



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE TECNOLOGIA  
CURSO DE MESTRADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

**JARDILENE DA SILVA MOURA**

**INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE RESÍDUO FIBROSO DE MARACUJÁ E  
FÉCULA DE MANDIOCA NA QUALIDADE E ESTABILIDADE DE  
BISCOITOS**

**Belém  
2009**

**JARDILENE DA SILVA MOURA**

**INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE RESÍDUO FIBROSO DE MARACUJÁ E  
FÉCULA DE MANDIOCA NA QUALIDADE E ESTABILIDADE DE  
BISCOITOS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, da Universidade Federal do Pará, como requisito final para obtenção do grau de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

**ORIENTADORA:**

Prof<sup>a</sup> Dra. Alessandra Santos Lopes

**Belém**

**2009**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**Biblioteca do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química**

---

Moura, Jardilene da Silva

Influência da adição de resíduo fibrosos de maracujá e fécula de mandioca na qualidade e estabilidade de biscoitos /Jardilene da Silva Moura; orientador, Alessandra Santos Lopes, Belém - 2010

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará. Instituto de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2009

1 Maracujá – resíduo 2 Amido 3. farinhas I. Título

CDD 22.ed. 664.02

---

**JARDILENE DA SILVA MOURA**

**INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE RESÍDUO FIBROSO DE MARACUJÁ E  
FÉCULA DE MANDIOCA NA QUALIDADE E ESTABILIDADE DE  
BISCOITOS**

**BANCA EXAMINADORA:**

---

**Prof<sup>ª</sup>. Dra. Alessandra Santos Lopes**  
FEA/ITEC/UFPA

---

**Prof<sup>ª</sup>. Dra. Rafaella de Andrade Mattietto**  
EMBRAPA/CPATU

---

**Prof. Dr. Rosinelson da Silva Pena**  
FEA/ITEC/UFPA

## DEDICATÓRIA

*Aos meus queridos pais José e Jacirema, pelo amor, suporte, força e incentivo, sempre.*

*Ao meu irmão, Jardiel, pelo carinho e amizade.*

*À todos que acreditaram em mim.*

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus por ter me dado forças e me guiado por este caminho, que mesmo difícil nunca desisti de trilhar.

Aos meus avós José, Benedita (in memorian), Antônio e Raimunda, por me abençoarem sempre.

Aos meus queridos pais, José e Jacirema, por serem os maiores incentivadores, pelo amor incondicional e apoio dedicados a mim em todos os momentos da minha vida.

Ao meu querido irmão e tios por sempre acreditarem em mim.

À minha orientadora e amiga, Prof<sup>a</sup> Dra. Alessandra Santos Lopes, pela orientação, apoio e incentivo concedidos durante o desenvolvimento deste trabalho. Agradeço também, por toda confiança depositada em mim, frente às dificuldades que surgiram, e principalmente, os conselhos valiosos e as conversas amistosas.

À UFPA, pela oportunidade de utilizar toda sua infra-estrutura para a consolidação do meu conhecimento.

Ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, que foi o agente facilitador para concretização deste sonho.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de mestrado.

A todos os professores do PoGal que contribuíram grandiosamente para o aperfeiçoamento de meus conhecimentos e, direta ou indiretamente, colaboraram na realização deste trabalho, sendo: Alberdan, Alessandra, Antônio, Éder, Hervé, Evaldo, Luiz França, Francisco, Hamilton, Lúcia, Luiza, Nádia, Rosinelson e Suezilde.

Agradeço ainda a Prof<sup>a</sup> Elisa, por toda compreensão e apoio concedidos durante a realização de parte deste trabalho no Laboratório de Processos Fermentativos.

À Cooperativa Agrícola Mista de Tomé-Açú (CAMTA) que forneceu o resíduo de maracujá, especialmente ao engenheiro Fabiano e o Sr. Francisco.

A Indústria Agropalma que contribuiu com a doação de gordura de palma.

A Indústria Rosa Branca que forneceu a farinha de trigo específica para a produção de biscoitos.

Ao Museu Paraense Emílio Goeld que contribuiu para realização das análises de microscopia eletrônica de varredura.

Ao Prof<sup>o</sup>. Dr. Emerson e aos amigos Renan e Luiz, que foram fundamentais para realização das análises térmicas.

À amiga Milena por toda ajuda durante a realização das análises.

Agradeço imensamente aos grandes amigos: Luiza, Priscilla, Renan, Telma e Welington, pela amizade e apoio. Sem eles, talvez eu não tivesse força para continuar esta jornada. Foi uma grande satisfação conhecer vocês!

Agradeço, também, aos amigos que estiveram comigo em muitos momentos importantes. Amigos que conheci no decorrer do curso e amigos que já conhecia: Ádria, Adriano, Anne, Camila, Carolina, Christine, Daniela, Denny, Elizabeth, Francylla, Giane, Helena, Heloisa, Hugo, Johnatt, Lícia, Marco, Patrícia, Thais, Thiago, Victor, Thaizinha, Valena e Cleidiane.

À todos os auxiliares, técnicos e estagiários dos laboratórios, em especial, aos amigos: Anderson, Bruno e Fernando (LAOS); Antônio, Caroline, Priscila, Saulo, Taiana, Stephano, Socorro e Tayana (Usina); Katuscia (laboratório de Carnes); Sr. Mário (LENG); Suely e Célia (laboratório de Microbiologia) e o Sr. Wilson.

Agradeço, ainda, a todos os participantes das análises sensoriais, pois eles foram fundamentais para concretização final deste trabalho.

Amigos,

Vocês não podem imaginar o quanto vocês foram e são importantes, pois contribuíram grandiosamente na realização deste sonho.

**Muito Obrigada!!!**

*Jardilene Moura.*

***“O futuro tem muitos nomes.  
Para os fracos é o inatingível.  
Para os temerosos, o desconhecido.  
Para os valentes é a oportunidade.”***

*Victor Hugo (1802-1885)*

## RESUMO

Neste trabalho buscou-se avaliar a influência da adição combinada de resíduo fibroso de casca de maracujá e fécula de mandioca na formulação de biscoito tipo moldado doce. O resíduo fibroso substituiu parcialmente a farinha de trigo e a fécula de mandioca substituiu o amido de milho. Para a avaliação dessas variáveis independentes foi utilizado um delineamento fatorial 2<sup>2</sup>. Foram realizadas as caracterizações físicas, físico-químicas, microbiológicas, funcionais, térmicas, morfológicas e higroscópicas das matérias primas. Os biscoitos formulados foram submetidos a testes de aceitação, com 60 provadores consumidores, os quais avaliaram os atributos aceitação global, textura, aroma e cor. Os atributos físicos: umidade,  $a_w$ , volume específico, rendimento, diâmetro, espessura, fator de expansão e cor instrumental, também foram avaliados. Determinou-se a concentração ideal de resíduo fibroso de casca de maracujá e fécula de mandioca. Estudou-se a estabilidade do biscoito formulado com estas matérias primas, durante dois meses de armazenamento em diferentes condições de temperatura. Os resultados indicaram que as matérias primas apresentaram características adequadas à sua utilização na formulação de biscoitos. A fécula de mandioca não exerceu influência significativa ( $p > 0,05$ ) sobre os parâmetros sensoriais e físicos estudados, por isso, ela pode substituir totalmente o amido de milho na formulação. O resíduo fibroso de maracujá não influenciou estatisticamente ( $p > 0,05$ ) na umidade,  $a_w$ , fator de expansão e cor instrumental do biscoito. Porém, volume, rendimento, diâmetro e espessura, foram influenciados ( $p \leq 0,05$ ) negativamente por ele. Com relação ao teste de aceitação, observou-se que os parâmetros foram influenciados ( $p \leq 0,05$ ) negativamente pela adição de resíduo fibroso de maracujá. Para os parâmetros aceitação global, textura, aroma e cor, os valores de 5%, 6%, 9% e 5,5% (em relação a 100% de farinha de trigo) são concentrações máximas de resíduo fibroso de maracujá que podem ser adicionadas, respectivamente. Observou-se que a concentração ótima de resíduo fibroso de maracujá (5%) corresponde à adição de 3,55g de fibra/100g de farinha de trigo, valor este que caracteriza o produto como fonte de fibra alimentar, além disso, esta combinação pode ser economicamente favorável às indústrias de biscoitos. No estudo da estabilidade dos biscoitos observou-se que não houve alterações significativas ( $p > 0,05$ ) nas características físicas e sensoriais, durante o período de avaliação estudado.

**Palavras-chave:** resíduo; fécula de mandioca; biscoito.

## ABSTRACT

This work sought to evaluate the combined addition of the passion fruit peel fibrous residue and the cassava starch influence in the formulation of the sweet shaped cookie type. The fibrous residue replaced partially the wheat flour, and the cassava starch replaced the corn starch. In order to evaluate these independent variables, a frontal design was used. Physical, physicochemical, microbiological, functional, thermal, morphological, and hygroscopic characterizations of the prime-materials were performed. The formulated cookies were object to acceptance tests using 60 taster consumers, which evaluated the global acceptance attributes, texture, smell, and color. The physical attributes: humidity,  $a_w$ , specific volume, revenue, diameter, thickness, expansion factor, and instrumental color were also evaluated. The optimal concentration of the passion fruit peel fibrous residue and the cassava starch was determined. The stability of the formulated cookie was studied with these prime-materials during two months of storage in different conditions and temperatures. The results indicate that prime-materials present adequate characteristics to the cookie formulation use. The cassava starch had no significant influence ( $p>0.05$ ) over the sensory and the physical parameters studied, therefore, it can replace completely the corn starch in the formulation. The passion fruit fibrous residue did not influence statistically ( $p>0.05$ ) in the humidity,  $a_w$ , expansion factor, and the instrumental color of the cookie. However, the volume, the revenue, the diameter, the thickness were influenced ( $p\leq 0.05$ ) negatively by it. With respect to the acceptance test, it was noticed that the parameters were influenced ( $p\leq 0.05$ ) negatively by the passion fruit fibrous residue addition. As to the global acceptance parameters, texture, smell and color, the values 5%, 6%, 9% and 5.5% (corresponding to 100% of wheat flour) are the maximum concentrations of passion fruit fibrous residue that can be added respectively. It was observed, that the optimal concentration of the passion fruit fibrous residue (5%) corresponds to the addition of 3.55g of fiber/100g of the wheat flour; value that characterizes the product as a source of dietary fiber, moreover, this combination may be economically favorable to the cookies industry. In the cookies stability studies, it was observed that there were no significant changes ( $p>0.05$ ) in the physical and sensorial characteristics during the evaluation period studied.

**Keywords:** residue; cassava starch; cookie.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Partes constituintes do maracujá amarelo ( <i>Passiflora edulis</i> ) .....	19
<b>Figura 2</b>	Estrutura química da cadeia de pectina .....	24
<b>Figura 3</b>	(a) Representação esquemática da estrutura convencional e da (b) estrutura recentemente proposta das pectinas .....	25
<b>Figura 4</b>	Raízes de mandioca ( <i>Manihot esculenta</i> Crantz) .....	30
<b>Figura 5</b>	Ligações $\alpha(1,4)$ da molécula de amilose .....	33
<b>Figura 6</b>	Ligações $\alpha(1-4)$ e $\alpha(1-6)$ da molécula de amilopectina .....	34
<b>Figura 7</b>	Fluxograma de obtenção do resíduo seco de casca de maracujá .....	43
<b>Figura 8</b>	Fluxograma do processamento dos biscoitos .....	51
<b>Figura 9</b>	Distribuição granulométrica do resíduo fibroso da casca do maracujá. ....	57
<b>Figura 10</b>	Análise termogravimétrica do resíduo fibroso de casca de maracujá... ..	59
<b>Figura 11</b>	Análise de calorimetria diferencial de varredura do resíduo fibroso de casca de maracujá .....	59
<b>Figura 12</b>	Eletromicrografias do resíduo de maracujá, seco e moído .....	60
<b>Figura 13</b>	Isoterma de sorção de umidade do resíduo fibroso de maracujá .....	62
<b>Figura 14</b>	Distribuição granulométrica da fécula de mandioca e do amido de milho .....	66
<b>Figura 15</b>	(a) Análise de termogravimetria da fécula de mandioca (b) Análise de termogravimetria do amido de milho .....	68
<b>Figura 16</b>	(a) Calorimetria diferencial de varredura (DSC) da fécula de mandioca com entalpia com entalpia (b) DSC do amido de milho com entalpia .....	69
<b>Figura 17</b>	Eletromicrografia de grânulos de fécula de mandioca .....	70
<b>Figura 18</b>	Eletromicrografias de grânulos de amido de milho .....	71
<b>Figura 19</b>	Isoterma de sorção da fécula de mandioca .....	73
<b>Figura 20</b>	(a) Gráfico de pareto e (b) distribuição aleatória dos resíduos para os efeitos estimados do teste de aceitação global .....	75
<b>Figura 21</b>	(a) Superfície de resposta linear e (b) curvas de nível para a variação da resposta aceitação global dos biscoitos .....	76
<b>Figura 22</b>	(a) Gráfico de pareto e (b) distribuição aleatória dos resíduos para os efeitos estimados do teste de aceitação sensorial de textura .....	77
<b>Figura 23</b>	(a) Superfície de resposta linear e (b) curvas de nível para a variação para a resposta textura .....	78
<b>Figura 24</b>	(a) Gráfico de pareto e (b) distribuição aleatória dos resíduos para os efeitos estimados do teste de aceitação sensorial de aroma .....	79

<b>Figura 25</b>	(a) Superfície de resposta linear e (b) curvas de nível para a variação da resposta aroma .....	80
<b>Figura 26</b>	(a) Gráfico de pareto e (b) distribuição aleatória dos resíduos para os efeitos estimados do teste de aceitação sensorial da cor .....	80
<b>Figura 27</b>	(a) Superfície de resposta linear e (b) curvas de nível para a variação sensorial de cor .....	81
<b>Figura 28</b>	(a) Gráfico de pareto e (b) distribuição aleatória dos resíduos para os efeitos estimados do volume específico .....	84
<b>Figura 29</b>	(a) Gráfico de pareto e (b) distribuição aleatória dos resíduos para os efeitos estimados do rendimento .....	85
<b>Figura 30</b>	(a) Superfície de resposta linear e (b) curvas de nível da análise de rendimento .....	86
<b>Figura 31</b>	(a) Comportamento das médias de aceitação global e (b) aceitação de textura para os biscoitos com e sem resíduo .....	92
<b>Figura 32</b>	(a) Comportamento da força de fratura e da (b) dureza dos biscoitos, com e sem resíduo de maracujá .....	94

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b>	Composição do maracujá <i>in natura</i> .....	19
<b>Tabela 2.</b>	Composição centesimal da casca do maracujá amarelo .....	20
<b>Tabela 3.</b>	Modelos tri e bi-paramétricos utilizados na predição das isotermas de sorção .....	46
<b>Tabela 4.</b>	Formulação padrão de biscoito tipo moldado doce .....	51
<b>Tabela 5.</b>	Níveis de adição das variáveis independentes do planejamento fatorial completo $2^2$ .....	54
<b>Tabela 6.</b>	Matriz do planejamento estatístico composto central $2^2$ .....	54
<b>Tabela 7.</b>	Caracterização físico-química do resíduo fibroso de maracujá .....	55
<b>Tabela 8.</b>	Resultado da análise de colorimetria para os parâmetros L, a e b do resíduo fibroso de maracujá .....	56
<b>Tabela 9</b>	Análise Microbiológica do resíduo fibroso de casca de maracujá .....	57
<b>Tabela 10.</b>	Resultado da análise das propriedades funcionais do resíduo fibroso de maracujá .....	58
<b>Tabela 11.</b>	Dados de sorção para o resíduo fibroso de casca de maracujá .....	61
<b>Tabela 12.</b>	Parâmetros de ajuste das isotermas de sorção do resíduo fibroso de maracujá para os diferentes modelos matemáticos .....	63
<b>Tabela 13</b>	Caracterização físico-química da fécula de mandioca .....	64
<b>Tabela 14.</b>	Valores médios dos parâmetros de cor L, a e b da fécula de mandioca e do amido de milho .....	65
<b>Tabela 15.</b>	Resultado da análise das propriedades funcionais da fécula de mandioca e do amido de milho .....	66
<b>Tabela 16.</b>	Dados de sorção para fécula de mandioca .....	72
<b>Tabela 17.</b>	Parâmetros de ajuste das isotermas de sorção da fécula de mandioca para os diferentes modelos matemáticos .....	73
<b>Tabela 18</b>	Média e desvio-padrão dos parâmetros de aceitação global, textura, aroma e cor obtidos com o teste de aceitação dos biscoitos .....	74
<b>Tabela 19</b>	Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para a variação da aceitação global dos biscoitos .....	76
<b>Tabela 20</b>	Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para a análise sensorial de textura .....	77
<b>Tabela 21</b>	Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para o teste de aceitação sensorial de aroma .....	79
<b>Tabela 22</b>	Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para a análise sensorial de cor .....	81

<b>Tabela 23.</b>	Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para a análise de volume específico .....	84
<b>Tabela 24.</b>	Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para a análise de rendimento .....	86
<b>Tabela 25.</b>	Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para a análise de diâmetro .....	87
<b>Tabela 26.</b>	Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para a análise de espessura .....	88
<b>Tabela 27.</b>	Valores médios obtidos com o teste de aceitação global, para os biscoitos com resíduo de maracujá (otimizado) e sem resíduo de maracujá (padrão) .....	90
<b>Tabela 28.</b>	Valores médios obtidos com teste de aceitação de textura, para os biscoitos com resíduo de maracujá (otimizado) e sem resíduo de maracujá (padrão) .....	91
<b>Tabela 29.</b>	Valores médios de força de fratura dos biscoitos com e sem resíduo de maracujá .....	93
<b>Tabela 30.</b>	Valores médios de dureza dos biscoitos com e sem resíduo de maracujá .....	93
<b>Tabela 31.</b>	Valores médios de atividade de água para os biscoitos com e sem resíduo de maracujá .....	95
<b>Tabela 32.</b>	Valores médios de umidade para os biscoitos com e sem resíduo de maracujá .....	96
<b>Tabela 33.</b>	Valores médios do parâmetro de luminosidade (L) para os biscoitos com e sem resíduo de maracujá .....	97
<b>Tabela 34.</b>	Valores médios da coordenada de cromaticidade a para os biscoitos com e sem resíduo de maracujá .....	98
<b>Tabela 35.</b>	Valores médios coordenada de cromaticidade b para os biscoitos com e sem resíduo de maracujá .....	98

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>16</b>
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	<b>19</b>
2.1 MARACUJÁ .....	19
<b>2.1.1 Fibras de Resíduos Industriais em Alimentos</b> .....	<b>21</b>
<b>2.1.2 Fibra Alimentar</b> .....	<b>21</b>
2.1.2.1 Fibras Solúveis .....	22
2.1.2.2 Fibras Insolúveis .....	26
<b>2.1.3 Conservação de Alimentos Através do Processo de Secagem</b> .....	<b>28</b>
2.2 FÉCULA DE MANDIOCA .....	30
2.3 BISCOITOS .....	36
<b>2.3.1 Ingredientes</b> .....	<b>37</b>
<b>2.3.2 Processamento</b> .....	<b>39</b>
<b>2.3.3 Estabilidade</b> .....	<b>40</b>
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>42</b>
3.1 RESÍDUO FIBROSO DE MARACUJÁ .....	42
<b>3.1.1 Secagem e Caracterização Física e Físico-Química</b> .....	<b>42</b>
<b>3.1.2 Análises Microbiológicas</b> .....	<b>45</b>
<b>3.1.3 Propriedade Higroscópica</b> .....	<b>45</b>
<b>3.1.4 Propriedades Funcionais</b> .....	<b>47</b>
<b>3.1.5 Análise Térmica</b> .....	<b>48</b>
<b>3.1.6 Análise Morfológica</b> .....	<b>48</b>
3.2 FÉCULA DE MANDIOCA .....	49
<b>3.2.1 Caracterização Física e Físico-Química</b> .....	<b>49</b>
<b>3.2.2 Propriedade Higroscópica</b> .....	<b>49</b>
<b>3.2.3 Propriedades Funcionais</b> .....	<b>50</b>
<b>3.2.4 Análise Térmica</b> .....	<b>50</b>
<b>3.2.5 Análise Morfológica</b> .....	<b>50</b>
3.3 FORMULAÇÃO DOS BISCOITOS .....	50
<b>3.3.1 Análises Físicas</b> .....	<b>52</b>
<b>3.3.2 Análise Sensorial</b> .....	<b>52</b>
<b>3.3.3 Estudo da Estabilidade Física e Sensorial</b> .....	<b>52</b>
3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	53

<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>55</b>
4.1 CARACTERIZAÇÃO DO RESÍDUO FIBROSO DE MARACUJÁ .....	55
<b>4.1.1 Caracterização Física, Físico-química e Microbiológica</b> .....	<b>55</b>
<b>4.1.2 Propriedades Funcionais</b> .....	<b>58</b>
<b>4.1.3 Análise Térmica</b> .....	<b>58</b>
<b>4.1.4 Análise Morfológica</b> .....	<b>60</b>
<b>4.1.5 Isotermas de Sorção</b> .....	<b>60</b>
4.2 CARACTERIZAÇÃO DA FÉCULA DE MANDIOCA.....	63
<b>4.2.1 Caracterização Física e Físico-química</b> .....	<b>63</b>
<b>4.2.2 Propriedades Funcionais</b> .....	<b>66</b>
<b>4.2.3 Análise Térmica</b> .....	<b>67</b>
<b>4.2.4 Análise Morfológica</b> .....	<b>70</b>
<b>4.2.5 Isotermas de Sorção</b> .....	<b>71</b>
4.3 EFEITO DA ADIÇÃO DO RESÍDUO FIBROSO DE MARACUJÁ E FÉCULA DE MANDIOCA NAS CARACTERÍSTICAS SENSORIAIS DOS BISCOITOS.....	74
<b>4.3.1 Aceitação global</b> .....	<b>75</b>
<b>4.3.2 Textura</b> .....	<b>77</b>
<b>4.3.3 Aroma</b> .....	<b>78</b>
<b>4.3.4 Cor</b> .....	<b>80</b>
4.4 EFEITO DA ADIÇÃO DO RESÍDUO FIBROSO DE MARACUJÁ E FÉCULA DE MANDIOCA NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS BISCOITOS .....	82
<b>4.4.1 Umidade e Atividade de Água</b> .....	<b>83</b>
<b>4.4.2 Volume Específico</b> .....	<b>83</b>
<b>4.4.3 Rendimento</b> .....	<b>85</b>
<b>4.4.4 Diâmetro, Espessura, Fator de Expansão e Cor Instrumental</b> .....	<b>87</b>
4.5 ESTABILIDADE FÍSICA E SENSORIAL DOS BISCOITOS COM RESÍDUO FIBROSO DE MARACUJÁ E FÉCULA DE MANDIOCA .....	89
<b>4.5.1 Teste de Aceitação</b> .....	<b>90</b>
<b>4.5.2 Textura instrumental</b> .....	<b>92</b>
<b>4.5.3 Umidade e Atividade de Água</b> .....	<b>95</b>
<b>4.5.4 Cor Instrumental</b> .....	<b>96</b>
<b>5 CONCLUSÕES GERAIS</b> .....	<b>99</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>100</b>
<b>APÊNDICES</b> .....	<b>116</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um país que pouco uso faz dos resíduos gerados durante a industrialização de seus alimentos. A falta de destino adequado a estes resíduos é um problema antigo. No período de 1991-1992, das 8.107.000 toneladas de frutas fornecidas às indústrias, 4.000.000 toneladas foram descartadas na forma de resíduos (ARTHEY; ASHURST, 1997).

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de maracujá amarelo (*Passiflora edulis flavicarpa*). Em 2007, a Região Norte destacou-se como segunda maior produtora nacional e o Estado do Pará foi o responsável por 84% desta produção (IBGE, 2007). A grande produtividade e as características físico-químicas do fruto favorecem sua utilização pelas indústrias processadoras de frutos tropicais. No entanto, esta produção gera um elevado volume de resíduos, constituídos por cascas e sementes que contém açúcares susceptíveis a processos fermentativos, exalam mau cheiro e servem de foco à proliferação de insetos e animais.

As cascas e sementes de maracujá constituem aproximadamente 75% do fruto. Como este volume representa inúmeras toneladas, agregar valor a estes resíduos é de grande interesse econômico, científico e tecnológico (FERRARI et. al., 2004; OLIVEIRA et. al., 2002). Segundo a Associação das Indústrias Processadoras de Frutos Tropicais, em 2000 foram processados 127,7 mil toneladas de frutos de maracujá. Isso gerou 51 mil toneladas de cascas frescas, que desidratadas produziram 10,2 mil toneladas de cascas secas (MIN, 2007).

Muitos pesquisadores têm caracterizado as fibras de diversos produtos e resíduos industriais com objetivo de desenvolver tecnologias para o seu aproveitamento na indústria de alimentos (CÓRDOVA et. al., 2005; GONDIM et. al., 2005; FERRARI et. al., 2004; BOTELHO et. al., 2002; OLIVEIRA et. al., 2002). Biscoitos, massas e pães à base de trigo integral são exemplos de produtos enriquecidos de fibras (GIUNTINI et. al., 2003). No estudo de Larrea et. al. (2005) os pesquisadores avaliaram a substituição parcial de até 25g/100g da farinha de trigo por polpa de laranja extrudada, na formulação de biscoitos, obtendo-se produtos de boa qualidade tecnológica e com considerável nível de aceitação por parte dos consumidores.

A casca do maracujá, que representa em média 56,4% do peso do fruto, contém quantidades apreciáveis de fibra solúvel (pectina), fibra insolúvel, niacina (vitamina B3), ferro, cálcio, fósforo, sódio, magnésio e potássio (GONDIM et. al., 2005; MACHADO et. al., 2003). Sendo importante ressaltar que, as fibras podem auxiliar na redução dos níveis de colesterol e glicose séricos, atuando na prevenção de doenças cardiovasculares e diabetes; também regulam o bom funcionamento do sistema gastrintestinal, prevenindo o câncer de cólon (CORDOVA et al., 2005; NETO, 2003; SILVA; REGO, 2000; MARTINS, 1997). Logo, a casca do maracujá, por suas propriedades nutricionais e funcionais, não pode ser desprezada e deve ser utilizada no desenvolvimento e enriquecimento de novos produtos.

A Região Norte apresenta também condições favoráveis ao desenvolvimento de outras culturas. A mandiocultura, por exemplo, é uma das atividades mais desenvolvidas, principalmente pela população de baixa renda. Em 2007 a Região foi considerada a maior produtora nacional e o Estado do Pará contribuiu com 69% da produção (IBGE, 2007).

Neste sentido, a pesquisa de novos produtos utilizando matérias-primas (fécula de mandioca) ou resíduos aproveitáveis (casca do maracujá) de origem regional pode causar um impacto positivo na valorização dessas culturas, especialmente se houver a associação das qualidades nutricionais e sensoriais nos produtos desenvolvidos. Assim, a utilização de fécula de mandioca em substituição ao amido de milho e a incorporação do resíduo fibroso de casca de maracujá se enquadram neste aspecto.

Uma das alternativas para a utilização do resíduo industrial de maracujá seria sua incorporação na formulação de biscoitos, pois esses são produtos muito populares em todo o mundo, com vastas combinações de textura e sabor, o que lhes confere um apelo universal (SCHOBER et.al., 2003). Além disso, o biscoito é um produto que não depende exclusivamente da formação da rede de glúten, proteína específica do trigo, para estabilizar sua estrutura física e, portanto, pode ser processado a partir de outras farinhas e produtos amiláceos.

O amido desempenha importantes funções no processamento de biscoitos, sendo responsável pela sua expansão e textura. Segundo Camargo et al. (1988) o

biscoito apresenta em seu interior uma matriz de amido gelatinizado, pois durante o forneamento os grânulos de amido da superfície são desidratados e aqueles do interior são gelatinizados, provocando a expansão do produto e atribuindo características tecnológicas desejáveis. Neste sentido, o amido proveniente da mandioca designado fécula de mandioca pode, também, ser um importante ingrediente na formulação de biscoitos.

Apesar de existirem vários estudos sobre a casca do maracujá e sobre a fécula de mandioca, pouco se sabe sobre a influência da adição simultânea desse resíduo fibroso e desta fonte amilácea em produtos industrializados. Portanto, no intuito de associar o aproveitamento do resíduo fibroso de casca de maracujá e a valorização da mandiocultura, através da fécula de mandioca, esse trabalho propôs como objetivo geral, estudar o efeito da adição combinada de resíduo fibroso de casca de maracujá e fécula de mandioca na qualidade e estabilidade de biscoitos.

Os objetivos específicos propostos foram: estudar as características físicas, físico-químicas, funcionais, higroscópicas, térmicas e morfológicas do resíduo fibroso de casca de maracujá e da fécula de mandioca; elaborar biscoitos ricos em fibra alimentar e/ou fonte de fibra alimentar; e agregar valor aos resíduos industriais do maracujá e aos produtos derivados da mandiocultura.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 MARACUJÁ

O maracujá, originário da América tropical, é largamente cultivado e processado em todo mundo. O Brasil é um dos maiores produtores mundiais deste fruto. Em 2007 a Região Norte destacou-se como a segunda maior produtora do País, produzindo 41.307 toneladas de fruto. O Estado do Pará contribuiu com 84% desta produção (IBGE, 2007).

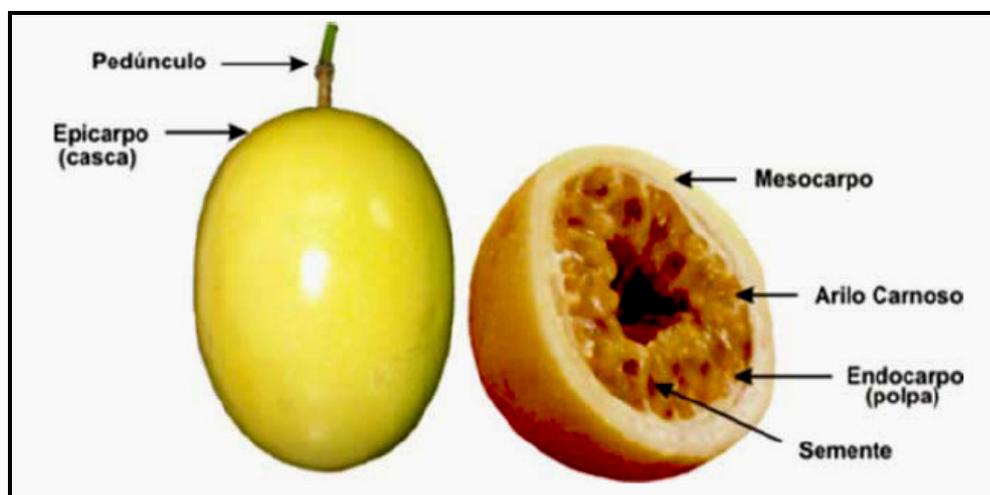
Cerca de 150 espécies de *Passiflora* são nativas do Brasil, das quais mais de 60 produzem frutos, que podem ser aproveitados como alimento. O maracujá amarelo (*Passiflora edulis flavicarpa*) é o mais cultivado no Brasil e destina-se predominantemente à produção de suco e polpa, resultando na produção de grande quantidade de sementes e cascas, que representam mais da metade do peso total do fruto (Tabela 1) (FERRARI et. al., 2004; SILVA; MERCADANTE, 2002).

**Tabela 1.** Composição do maracujá *in natura*

MARACUJÁ	Componente (%)
Casca	50,3
Suco	23,2
Semente	26,2

Fonte: Ferrari et. al. (2004).

O maracujá (*Passiflora* sp) (Figura 1) é classificado botanicamente como fruto climatérico, carnoso, do tipo baga, que apresenta sementes com arilo carnoso (MIN, 2004).



**Figura 1** Partes constituintes do maracujá amarelo (*Passiflora edulis*).

Fonte: MIN (2004).

Durante o processamento do suco de maracujá, os resíduos, que na maioria das vezes, são desprezados pelas indústrias, poderiam ser utilizados como fonte alternativa de nutrientes e fibras alimentares. A casca do maracujá, por exemplo, contém pectina, niacina (vitamina B3), ferro, cálcio, sódio, magnésio e potássio (GONDIM et. al., 2005; MACHADO et. al., 2003). Em humanos, a niacina atua no crescimento e na produção de hormônios, assim como previne problemas gastrointestinais. Os minerais atuam, principalmente, na prevenção da anemia, no crescimento e fortalecimento dos ossos e na formação celular. Assim, estes nutrientes tornam-se indispensáveis à homeostase do organismo (NETO, 2003; SHILS et. al, 2002; MANICA, 1981).

Na Tabela 2 pode-se observar a composição centesimal da casca do maracujá amarelo. As variações de seus constituintes são aceitáveis, pois dependem principalmente do estágio de maturação do fruto, além de outros fatores, tais como, local de plantio e condições genéticas da planta. Tendo em vista que o amadurecimento leva a perda de umidade, há um aumento na concentração dos demais constituintes (OLIVEIRA et. al., 2002; MARTINS et. al., 1985).

**Tabela 2.** Composição centesimal da casca do maracujá amarelo.

<b>CONSTITUINTES</b>	<b>*OLIVEIRA et. al. (2002)</b>	<b>*GONDIM et. al. (2005)</b>	<b>*CÓRDOVA et. al. (2005)</b>
Umidade (%)	89,08	87,64	88,37
Cinzas (%)	0,92	0,57	0,94
Lipídios (%)	0,70	0,01	0,33
Proteínas (%)	1,07 (Nx6,25)	0,67	0,64 (Nx5,75)
Fibras (%)	n.r.	4,33	3,75
Carboidratos (%)	8,23	6,78	5,98
Cálcio (mg Ca/100g)	n.r.	44,51	28,4
Ferro (mg Fé/100g)	n.r.	0,89	1,5
Sódio (mg)	n.r.	43,77	51,7
Magnésio (mg)	n.r.	27,82	n.r.
Potássio (mg)	n.r.	178,4	n.r.

\*Valores em base úmida; n.r. = análise não realizada.

Quanto à composição em fibras, a casca do maracujá apresenta quantidades importantes de fibras solúveis (pectinas e mucilagens) e insolúveis. Estas são benéficas ao ser humano, pois podem auxiliar na prevenção de certas doenças (BINA, 2007; PINHEIRO, 2007; KLIEMANN, 2006).

A pectina, principal fibra da casca do maracujá, é constituída de 76 à 78% de ácido galacturônico, 9% do grupo metoxila, um pouco de galactose e arabinose. Pode ser comparada à pectina dos citros e 10 a 20% são de qualidade semelhante a da laranja. Devido a sua propriedade geleificante é utilizada como ingrediente funcional na formulação de geléias e sobremesas (MANICA, 1981).

### **2.1.1 Fibras de Resíduos Industriais em Alimentos**

Muitos trabalhos têm sido conduzidos para aumentar a quantidade de fibras em produtos de panificação, biscoitos e barras de cereais, utilizando fibras de diversas frutas, cereais, vegetais e até utilizando a celulose em pó (GIUNTINI et. al., 2003; THEBAUDIN et. al., 1997). Segundo Thebaudin et. al. (1997) as fibras substituem parte da farinha ou gordura sendo adicionadas principalmente pelos benefícios nutricionais (redução de calorias), e também, no caso de alguns ingredientes de fibras não-purificadas, para efeitos de cor e aroma.

Segundo a Portaria nº 27 de 13/01/1998 – Regulamento Técnico Referente à Informação Nutricional Complementar (BRASIL, 1998), em relação ao teor de fibra alimentar os alimentos que podem ser classificados como: alimentos fonte de fibra alimentar, quando apresentam no mínimo 3g de fibras/100g (para alimentos sólidos) ou 1,5g de fibras/100mL (para alimentos líquidos); e alimentos com alto teor de fibra alimentar, quando apresentam no mínimo 6g de fibras/100g (para alimentos sólidos) ou 3g de fibras/100mL (para os alimentos líquidos).

Os principais critérios para aceitação de alimentos enriquecidos de fibras alimentares são: bom comportamento durante o processamento, boa estabilidade e aparência e satisfação na cor, aroma, textura e sensação deixada pelo alimento na boca. Assim, quando as fibras são adicionadas em uma formulação são freqüentemente necessárias algumas alterações nas quantidades de algum ingrediente (THEBAUDIN et. al., 1997).

### **2.1.2 Fibra Alimentar**

As fibras alimentares vêm ocupando uma posição de destaque devido a sua ação benéfica no organismo e a relação entre o consumo e a prevenção de certas doenças (STELLA, 2004; GIUNTINI et. al., 2003; WILLIAMS, 1997). Atualmente a

definição mais ampla considera a fibra alimentar como sendo a parte dos vegetais resistentes à digestão enzimática e às secreções do trato gastrointestinal humano, compreendendo um grupo heterogêneo de carboidratos associados e outros componentes de fundamental importância na estrutura das plantas (BAXTER, 2004; WILLIAMS, 1997).

A fibra alimentar (FA) engloba celulose, lignina, pectina, goma, inulina, frutooligosacarídeos (FOS) e o amido resistente. Estes compostos desempenham, nas plantas, duas funções fundamentais: a função estrutural e a não estrutural. A fibra estrutural compreende componentes da parede celular, como celulose, hemicelulose e pectina. A fibra não estrutural é formada por substâncias secretadas pela planta em resposta a agressões ou lesões sofridas. Estes compostos complexos, que não são digeridos pelo intestino humano, são: mucilagens, gomas ou polissacarídeos de algas (LAJOLO; SAURA-CALIXTO, 2001; THEBAUDIN et. al., 1997; ROCCO, 1993; SCHEENEMAN, 1986).

As fibras, em geral, são macromoléculas tão diferentes que estão unidas em uma rede através de força de *Van der Waals*, pontes de hidrogênio, ligações covalentes e ligações iônicas, o que torna difícil isolar e analisar os componentes sem provocar modificações durante a extração (HERNÁNDES et. al., 1995; OLSON et. al., 1987).

De acordo com a solubilidade em água, as fibras alimentares podem ser classificadas como solúvel e insolúvel. As fibras solúveis apresentam maior capacidade de retenção de água (LAJOLO; SAURA-CALIXTO, 2001; HERNÁNDES et. al., 1995). As fibras insolúveis captam pouca água e formam misturas de baixa viscosidade (WILLIAMS, 1997). Alguns alimentos possuem um só tipo de fibra, outros possuem a mistura dos dois tipos (MARTINS, 1997).

#### 2.1.2.1 Fibras Solúveis

As fibras solúveis oferecem muitos benefícios à saúde. Quando combinadas com uma dieta pobre em gorduras, diminuem o colesterol do sangue e por isso reduzem os riscos de doenças cardiovasculares. Podem também auxiliar na regulação dos níveis de glicemia, tendo um papel importante na dieta de pessoas

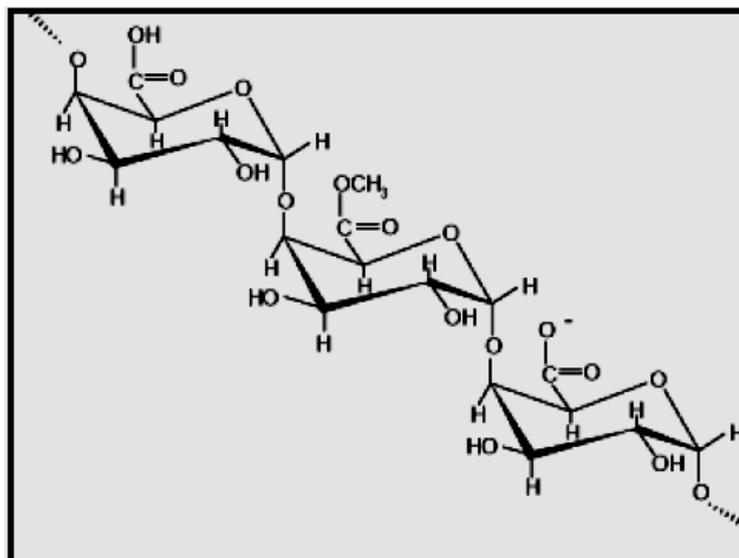
com diabetes. Por ser mais solúvel este tipo de fibra forma um gel, ficando mais tempo no estômago e proporcionando uma sensação de saciedade prolongada, que pode auxiliar no controle de peso em tratamentos de obesidade. Além disso, sofrem fermentação pelas bactérias intestinais e são degradadas no cólon (NETO, 2003; SILVA; REGO, 2000; MARTINS, 1997).

Este tipo de fibra apresenta uma estrutura de polissacarídeo que possibilita a fixação de água. Esta fixação pode ocorrer por diferentes mecanismos: por via química, fixando a fibra por grupos hidrofílicos dos polissacarídeos; por acúmulo na matriz da fibra (fora da célula) e por acúmulo nos espaços interparietais (McCANN; ROBERTS, 1991).

Dentre as fibras solúveis destaca-se a pectina, um dos principais constituintes estruturais da parede celular do maracujá, que é reconhecida por suas inúmeras propriedades funcionais, que permitem seu uso como agente geleificante, espessante e estabilizante (SHKODINA et. al., 1998). Contribui para a adesão e crescimento das células e para a resistência mecânica da parede celular. Ela está envolvida em interações com agentes patogênicos do vegetal e sua quantidade e natureza é um determinante para a textura dos frutos, em geral, durante o crescimento, amadurecimento, armazenamento e processamento (MESBAHI et al, 2005; BRANDÃO; ANDRADE, 1999).

A estrutura química da pectina é constituída por uma cadeia principal linear de unidades repetidas de ácido D-galacturônico ligados covalentemente por ligações  $\alpha$ -(1 $\rightarrow$ 4), onde os grupos carboxílicos podem ser metil esterificados em diferentes extensões (Figura 2). Essa cadeia principal pode ser interrompida por unidades de L-ramnose através de ligações  $\alpha$ -(1 $\rightarrow$ 2), às quais estão ligadas cadeias laterais, formadas por açúcares neutros; principalmente unidades de galactose e arabinose (YAPO et. al., 2007; YAPO; KOFFI, 2006; KJONIKSEN et. al., 2005; LEVIGNE et. al., 2002; BRANDÃO; ANDRADE, 1999).

As pectinas são formadas por três principais frações: a fração linear, conhecida como homogalacturonana (HG) e as frações ramificadas, conhecidas como ramnogalacturonana I (RG-I) e ramnogalacturonana II (RG-II) (WILLATS et. al., 2006).



**Figura 2** Estrutura química da cadeia de pectina.  
 Fonte: Brandão e Andrade (1999).

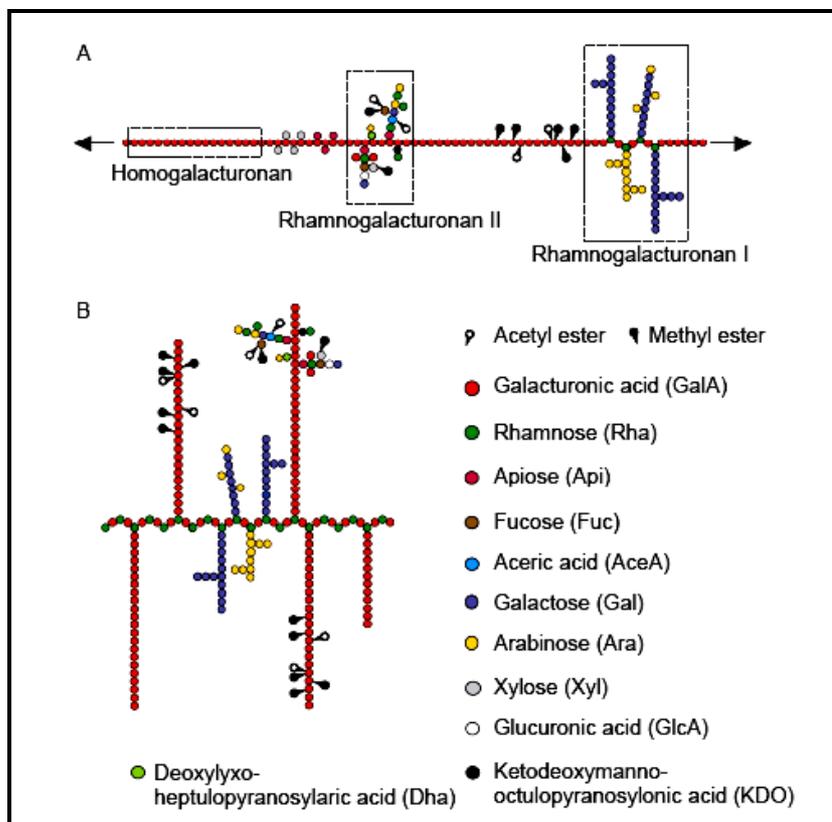
As homogalacturonanas (HG) são polímeros constituídos por longas cadeias de unidades de ácido galacturônico em ligação  $\alpha$ -(1 $\rightarrow$ 4), que podem estar parcialmente esterificadas, razão pela qual são mais resistentes à hidrólise. Unidades de ramnose podem ser encontradas ocasionalmente na HG (WILLATS et. al., 2006; BUCHANAN et. al., 2000; BRETT; WALDRON, 1996).

A ramnogalacturonana I (RG-I) é o segundo polissacarídeo mais importante das pectinas. Sua cadeia consiste da repetição de unidades de dissacarídeos de ácido galacturônico e ramnose, apresentando cadeias laterais formadas por diferentes açúcares, principalmente arabinanas e galactanas, ligados diretamente às unidades de ramnose, em C-4 (BUCHANAN et. al., 2000; CARPITA; GIBAUT, 1993).

A ramnogalacturonana II (RG-II) é um polissacarídeo péctico complexo de baixa massa molar, formado por ácido galacturônico, ramnose, galactose e alguns açúcares raros como apiose, ácido acérico, DHA, KDO, 2-O-Me-Fuc e 2-O-Me-Xyl (GULFI et. al., 2007; BUCHANAN et. al., 2000; VIDAL et. al., 2000).

Até pouco tempo acreditava-se que a estrutura principal da pectina era formada pelas homogalacturonanas, com ligações simples, chamadas de “regiões lisas” (*smooth region*), e as ramnogalacturonanas com ramificações contendo vários açúcares, chamadas de “regiões em cabeleira” (*hairy region*) (Figura 3a). Entretanto, uma estrutura alternativa foi proposta por alguns pesquisadores, na qual a HG pode ser considerada como uma cadeia lateral da RG-I (Figura 3b), o que causou grande

impacto nos estudos de estrutura fina das pectinas (WILLATS et. al., 2006; VINCKEN et. al., 2003).



**Figura 3** (a) Representação esquemática da estrutura convencional e da (b) estrutura recentemente proposta das pectinas.

Fonte: Willats et. al. (2006).

Em geral, as pectinas são polímeros muito complexos e estruturalmente diversos. A estrutura fina das pectinas pode ser extremamente heterogênea entre as plantas, entre os tecidos e até mesmo em uma mesma parede celular. O tamanho das cadeias pode variar consideravelmente e a composição dos açúcares da RG-I pode ser altamente heterogênea. Em contraste, a RG-II possui estrutura altamente conservada (WILLATS et. al., 2006). Os açúcares neutros estão presentes como cadeias laterais em diferentes quantidades, dependendo da fonte de pectina e do método de extração utilizado (KJONIKSEN et. al., 2005).

Em relação as propriedade funcionais das pectinas, a mais conhecida é a capacidade de formação de gel na presença de íons, açúcares e ácidos. A geleificação ocorre devido à desidratação parcial da molécula de pectina a um grau intermediário entre a solução e a precipitação (BOBBIO; BOBBIO, 2001). As

características físicas do gel são conseqüências da formação de contínuas redes tridimensionais, com ligações cruzadas entre as moléculas (THAKUR et. al., 1997). As características químicas das pectinas que influenciam a força do gel são: grau de esterificação, massa molar, composição monossacarídica, acetilação, grau de amidação e conteúdo de cinzas (SAHARI et. al., 2003; PAGÁN et. al., 2001).

Além da pectina, outras fibras solúveis (gomos e mucilagens) também desempenham funções importantes na indústria de alimentos. As gomas, por exemplo, são frequentemente utilizadas como agente espessantes, estabilizantes e aglutinantes. Esse tipo de fibra consegue apresentar estas propriedades porque não possui estrutura cristalina, o que permite a solubilização em água quente. Além disso, a elevada massa molecular possibilita a formação de géis em baixas concentrações. São, também, capazes de adsorver água e dilatar-se a frio, sem a necessidade de calor para completar sua hidratação (HERNÁNDES et. al., 1995).

As gomas, em geral, são polissacarídeos muito complexos não pertencentes a parede celular, sendo que no vegetal são habitualmente destinadas a reparação de áreas lesadas, apresentando uma viscosidade elevada. Sua estrutura é formada por amplas cadeias de ácido urônico, xilose, arabinose e manose. Dentre as mais conhecidas destacam-se a goma guar, a goma arábica, a goma *Karaya* e a trangancanto. As mucilagens, caracterizadas como polissacarídeos pouco ramificados, são encontradas principalmente no interior de sementes e algas. Porém, mesmo não sendo componentes predominantes em células vegetais também estão presentes na casca do maracujá (ROCCO, 1993).

#### 2.1.2.2 Fibras Insolúveis

As fibras insolúveis proporcionam uma textura firme em alguns alimentos, como por exemplo, no farelo de trigo, nas frutas e nas hortaliças. São utilizadas, em especial, para benefícios nutricionais, por auxiliar no tratamento e/ou prevenção da obstipação, hemorróidas, doença diverticular, câncer e outros problemas intestinais (NETO, 2003; SILVA; REGO, 2000; MARTINS, 1997). Porém, algumas podem, também, ser utilizadas pelas suas propriedades tecnológicas (THEBAUDIN et. al., 1997).

Silvestre-Marinho e Jokl (1983) ao estudarem a composição química de resíduos fibrosos de algumas plantas brasileiras, observaram que alguns contêm celulose como principal componente da fibra, além de proteínas e minerais. Sendo importante ressaltar que a celulose constitui o meio mais efetivo para promover o bom funcionamento do organismo, corrigindo alguns problemas intestinais, como a constipação intestinal, tão comum nas regiões de clima quente (WILLIAMS, 1997; CALIXTO, 1993).

A celulose é um homopolissacarídeo neutro formado por cadeias lineares de D-glucose unidas por ligações  $\beta$  (1 $\rightarrow$ 4). A ausência de substituintes nas longas cadeias de glicose permite a formação de estruturas cristalinas resultantes da união de várias cadeias. Estas estruturas e o tipo de ligação glicosídica tornam a celulose mais resistente a hidrólise em ácido e dificulta à penetração de água reduzindo, também, a elasticidade da fibra. A hemicelulose compõe o grupo dos polissacarídeos associados à celulose nas paredes celulares, é conhecida como uma substância de reserva de carboidratos e fonte potencial de açúcares e outras substâncias durante a maturação de frutos. Estes compostos são formados por hexoses e pentoses neutras e quantidades variáveis de ácidos hexurônicos. Contribuem para a textura mais rígida dos vegetais e podem influenciar na formação e estrutura de massas produzidas com trigo (BOBBIO; BOBBIO, 2001).

Entre as fibras insolúveis encontra-se, também, a lignina, caracterizada como um complexo aromático (não carboidrato) no qual existem muitos polímeros estruturais. Depois dos polissacarídeos a lignina é o polímero orgânico mais abundante no mundo vegetal, sendo a única fibra não polissacarídeo conhecida. Ela executa múltiplas funções essenciais à vida das plantas, tais como, o transporte interno de água, nutrientes e metabólitos; além de proporcionar rigidez à parede celular da membrana, originando um material resistente a impactos, compressões e trações. Quanto a sua estrutura química observa-se que a molécula da lignina é uma macromolécula de elevado peso molecular, resultante da ligação de diversos álcoois e ácidos fenopropílicos. A junção aleatória destes radicais químicos proporciona uma estrutura tridimensional de polímero amorfo, característico da lignina (TUNGLAND; MEYER, 2002).

### 2.1.3 Conservação de Alimentos Através do Processo de Secagem

A água é o elemento mais importante e abundante na maioria dos alimentos. Conhecer e controlar o comportamento deste componente é de fundamental importância no estudo da ciência e tecnologia de alimentos, pois a desidratação aumenta a vida de prateleira, concentra os nutrientes e facilita o transporte (GAVA, 1984; LABUZA 1980). Por isso, uma das formas de processamento de resíduos agroindustriais para a produção de alimentos, com alto conteúdo em fibras, é a secagem com subsequente trituração.

A secagem é uma operação unitária que proporciona a redução da água ou qualquer outro tipo de líquido presente em um material sólido, através de uma fase gasosa insaturada (ar), utilizando uma temperatura inferior a de ebulição do solvente a ser evaporado (FERRUA; BARCELOS, 2003; OKADA et al., 2002).

No estudo de Santos (2008) a secagem de casca de maracujá foi realizada em temperaturas de 50, 60, 70, 80 e 100°C, e foram testados vários modelos matemáticos. Observou-se que a melhor temperatura de secagem foi à 60°C e o modelo matemático que mais se ajustou foi o de Overhults. Segundo Carneiro (2001) para se ter um produto de boa qualidade tecnológica, a secagem do resíduo de maracujá amarelo (casca) deve ser realizada sob condições de temperatura não superiores a 70°C e velocidade do ar de secagem ( $V_{sec}$ ) de 0,28m/s.

A água presente no material biológico pode estar sob diversas formas: livre, como solvente, água pseudo-ligada e água de constituição. A água livre é aquela que se encontra nos espaços inter-granulares e no interior dos poros do material; apresenta grande mobilidade, podendo ser retirada com facilidade durante o processo de secagem. A água solvente é a que se mantém no interior do material, sob pressão osmótica, servindo como solvente para diversas substâncias, sendo grande quantidade dela retirada durante a secagem. A água pseudo-ligada está fortemente ligada por forças de *Van der Waals* e a água de constituição é aquela que faz parte da constituição das moléculas que compõem o material (ATHIÉ et. al., 1998).

A umidade relativa de equilíbrio ou a pressão parcial de vapor de um produto, em função de seu teor de umidade, a uma determinada temperatura, pode ser representada graficamente pela isoterma de sorção. Estas podem ser de adsorção ou de dessorção, segundo a determinação da umidade do produto tenha sido feita ao longo de um processo de umedecimento ou secagem, respectivamente (TEIXEIRA NETO, 1997).

As taxas de alterações físico-químicas nos alimentos são freqüentemente associadas à atividade de água e à umidade do produto. Portanto, as isotermas de sorção são ferramentas importantes na escolha das condições de processamento e estocagem dos produtos (CHIRIFE; IGLESIAS, 1978).

Várias equações são utilizadas no ajuste dos dados de isotermas de sorção, sendo o modelo de GAB o mais utilizado em alimentos. O modelo de GAB é uma equação triparamétrica que se ajusta melhor aos dados de sorção dos alimentos até a atividade de água de 0,9. Essa relação é um critério importante no estabelecimento das condições de estocagem e embalagem de produtos. A equação de GAB é descrita abaixo (BARONI, 1997; MAROULIS et al. 1988):

$$m = \frac{m_0 \cdot c \cdot k \cdot a_w}{\left[ (1 - k \cdot a_w) \cdot (1 + (c - 1) \cdot k \cdot a_w) \right]}$$

Onde,  $m$  é a massa do produto;  $m_0$  é a monocamada;  $a_w$  é a atividade de água;  $C$  e  $K$  são constantes de sorção relacionados com as interações energéticas entre as moléculas da monocamada e as subseqüentes, num dado sítio de sorção.

Quando  $K = 1$ , a equação de GAB fica reduzida à equação de BET.

A umidade da monocamada, dada pela equação de BET, é descrita como um valor crítico, abaixo do qual, poucas reações de deterioração pode ocorrer, pela ausência de mobilidade das moléculas. Acima desse valor a água pode ser capaz de atuar como solvente para os reagentes. Alimentos de baixa umidade são materiais amorfos, nos quais os reagentes estão “imobilizados” na forma vítrea. Um aumento da temperatura deste material pode levar a um aumento da mobilidade destas moléculas que estavam “imobilizadas” e permitir, assim, as reações de deterioração

(BARONI, 1997). A equação geral de BET pode ser descrita da seguinte forma (PARK; NOGUEIRA, 1992):

$$m = \frac{m_c \cdot c \cdot a_w}{1 - a_w} \cdot \left( \frac{1 - (n+1) \cdot a_w^n + n \cdot a_w^{n+1}}{1 - (1-c) \cdot a_w - c \cdot a_w^{n+1}} \right)$$

## 2.2 FÉCULA DE MANDIOCA

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) (Figura 4) é uma das mais tradicionais culturas agrícolas brasileiras, sendo cultivada em praticamente todo o território nacional. Em 2007 a Região Norte destacou-se como a principal produtora com 5.216.955 toneladas produzidas. O Estado do Pará foi o responsável pela produção de 69% deste total (IBGE, 2007).

A mandioca apresenta mais de trezentas variedades e é originária do continente americano, provavelmente do Brasil, América Central ou México (LORENZI, 2003; MENDES, 1992).



**Figura 4** Raízes de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz).  
Fonte: Agrisafra (2006)

O principal componente das raízes de mandioca e de seus derivados é o amido (NORMANHA, 1982). Porém, a composição da mandioca varia com a espécie, idade e condições de cultivo. No Brasil, as amiláceas tropicais com grande potencial para extração de amido são: mandioca, milho e batata-doce. Sendo que a mandioca, nos últimos anos, tem sido bem explorada pelas fecularias por ser de fácil

extração, baixo custo e por apresentar características tecnológicas favoráveis (CAMARGO FILHO et al., 2001).

Define-se como amido o produto obtido dos grãos, sementes e frutos, enquanto fécula se refere ao produto originado das raízes, tubérculos e rizomas. Assim, são designados: amido de arroz, de milho, de trigo, de banana, e fécula de batata, de mandioca, de araruta, de cará e de inhame, entre outros (NORMANHA, 1982)

Os amidos são polissacarídeos de reserva, presentes em diferentes partes das plantas superiores como: grãos de cereais (arroz, milho e trigo); tubérculos e raízes (batata, mandioca, taro e batata-doce); rizomas, sementes e talos (LEONEL; CEREDA, 2002; CIACCO; CRUZ, 1987). As características físico-químicas e funcionais estão relacionadas às características estruturais do grânulo, as quais dependem da fonte botânica, do local e das condições de crescimento da planta, entre outras (SLATTERY, et. al., 2000; HERMANSSON; SVEGMARK, 1996).

Os amidos de fontes botânicas diferentes não se comportam da mesma maneira, pois cada amido é único na organização e na estrutura dos seus grânulos e geralmente possui estrutura, propriedade e comportamento limitado (BeMILLER; 1997). Sendo assim, as propriedades dos amidos são determinadas pela estrutura química e molecular dos polímeros e pela quantidade de outros componentes, como lipídios, proteínas, açúcares, e outros.

Nas indústrias os amidos e derivados são utilizados como ingredientes, componentes básicos ou aditivos, adicionados em baixas quantidades para melhorar a fabricação, apresentação e/ou conservação de alimentos. Os produtos de hidrólise (xarope de glicose, de maltose e maltodextrinas) e isomerização (iso-glicose ou frutose) são utilizados nas indústrias de balas, doces, chocolate, bolos, biscoitos, assim como nas indústrias de geléias e de sobremesas, devido aos seus poderes anti-cristalizantes, adoçantes e pela higroscopicidade (CEREDA, 2001).

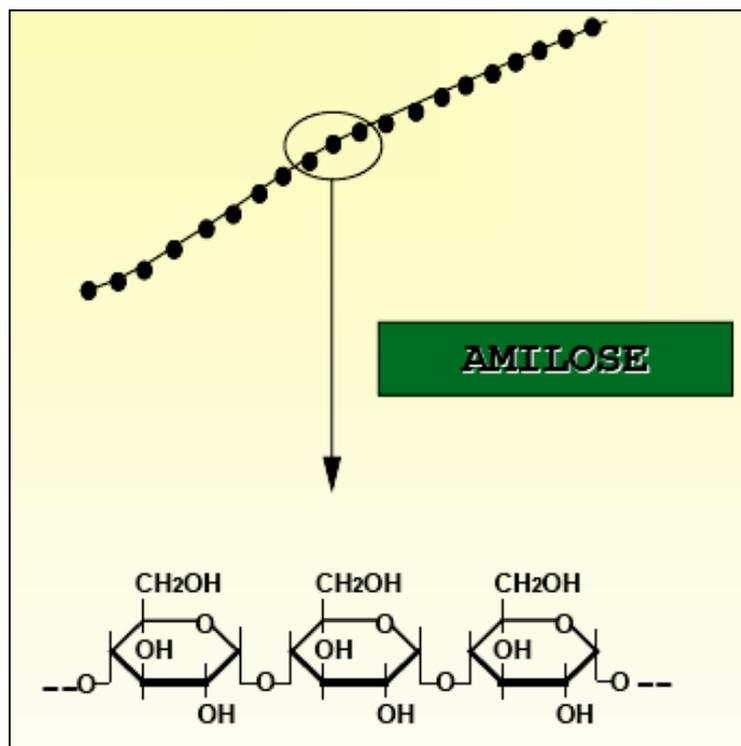
Na panificação uma das funções principais do amido é absorver a água e, deste modo, estabelecer a estrutura do produto (PEREIRA et al., 2004). Na fabricação de biscoito de polvilho a água é utilizada para dissolver os ingredientes

solúveis, influenciando também no escaldamento do polvilho. A quantidade de água é fundamental para o inchamento do grânulo de amido e sua quantidade depende dos ingredientes da fórmula e do processo de panificação utilizado, constituindo o meio dispersante para os outros ingredientes da formulação, além de favorecer o crescimento do biscoito durante o assamento (APLEVICZ, 2006; PEREIRA et al., 2004).

A quantidade total de líquido na formulação afeta a consistência e a elasticidade da massa, que deve ser suficientemente macia para ser moldada e suficientemente rígida para manutenção da forma até que esteja assada, devendo apresentar um certo grau de elasticidade para se expandir sem romper durante o assamento (APLEVICZ, 2006).

Os grânulos de amido são formados, basicamente, por dois polímeros: a amilose e a amilopectina. A funcionalidade dos amidos está diretamente relacionada a essas duas macromoléculas e também à organização física das mesmas, dentro da estrutura granular (BILIADERIS, 1991). A amilose e a amilopectina se apresentam em proporções relativamente constantes de 20:80, porém podem apresentar quantidades relativas de 2% de amilose em amidos cerosos e até cerca de 80% de amilose no “amilomilho” (BULÉON et al., 1998).

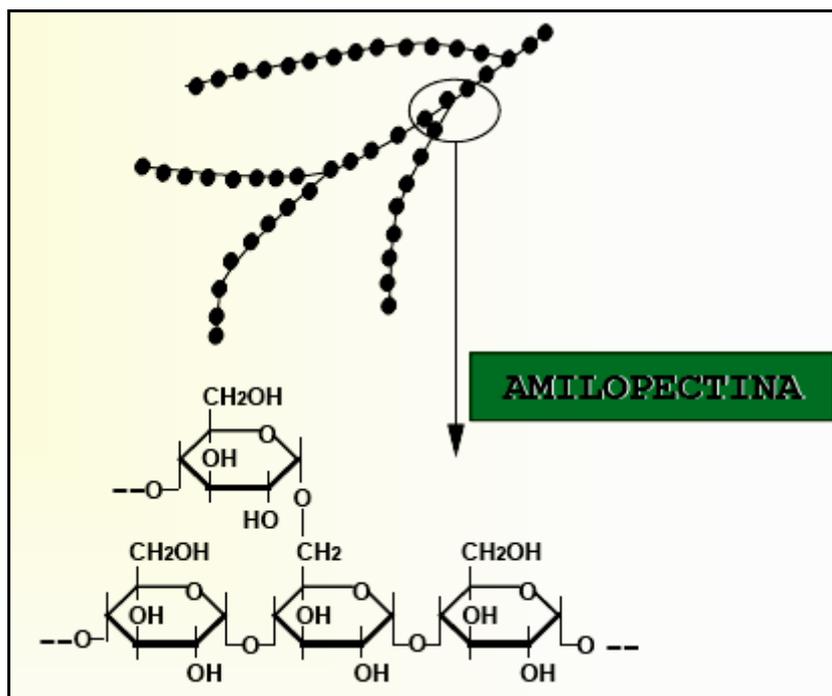
A amilose é descrita como uma molécula essencialmente linear, sendo formada por unidades de D-glicose unidas entre si por ligações glicosídicas  $\alpha(1-4)$ , como mostra a Figura 5. No entanto, um certo grau de ramificação (9-20 ramificações) em  $\alpha(1-6)$  tem sido encontrado em sua estrutura (HOOVER, 2001; FRENCH, 1984). As amiloses de tubérculos e raízes encontram-se em proporções que variam entre 18,3 a 20,4% e número de ramificações entre 2,2 – 12 (HOOVER, 2001).



**Figura 5** Ligações  $\alpha(1,4)$  da molécula de amilose.  
 Fonte: Collares (2007)

A molécula de amilose apresenta peso molecular que varia de  $10^5$  a  $10^6$  e forma helicoidal (HOOVER, 2001). Em função desta formação de hélice, os filmes e fibras formados por ela são mais elásticos que aqueles formados por moléculas de celulose (BeMILLER, 1997; WHISTLER, 1964). O interior da hélice é lipofílico, contendo predominantemente ligações de hidrogênio, enquanto os grupos hidroxila permanecem na parte externa da mesma.

A amilopectina, é uma molécula grande e altamente ramificada, com peso molecular médio de  $10^7$ - $10^9$ . É formada por várias cadeias constituídas de 20-25 unidades de  $\alpha$ -D-glicose ligadas em  $\alpha(1-4)$ . Essas cadeias, por sua vez, estão unidas por ligações  $\alpha(1-6)$  constituindo de 4-5% do total das ligações glicosídicas, como mostra a Figura 6 (FRANCO et al., 2001; HOOVER, 2001; BULÉON et al., 1998; WHISTLER; BeMILLER, 1997).



**Figura 6** Ligações  $\alpha(1-4)$  e  $\alpha(1-6)$  da molécula de amilopectina.

Fonte: Collares (2007).

O empacotamento desses dois polímeros no grânulo de amido nativo não ocorre ao acaso. No entanto, quando aquecido na presença de água, a estrutura de grânulo torna-se menos ordenada. Tal perda na organização interna ocorre em diferentes temperaturas para diferentes tipos de amidos. Dependendo do tipo de amido o grânulo pode aumentar até que sua estrutura se desintegre e a amilose juntamente com a amilopectina sejam liberadas na suspensão aquosa. O conteúdo desses polissacarídeos afeta a arquitetura do grânulo de amido, as propriedades de pasta e gelatinização e os atributos texturais; podendo afetar sua aplicação em alimentos industrializados (THOMAS; ATWELL, 1999; YUAN; THOMPSON; BOYER, 1993).

Segundo Rickard et. al. (1991) o amido de mandioca apresenta baixa tendência a retrogradação quando comparado com outros amidos, sendo essa característica atribuída a menor proporção de amilose. O amido de mandioca também possui alto grau de inchamento, resultando em alto pico de viscosidade, seguido de rápida quebra no gel. Durante o período de resfriamento, sua consistência aumenta um pouco, indicando baixo potencial para formação de gel. Hoover (2001) relata que a temperatura de gelatinização do grânulo de amido de mandioca encontra-se entre 55 e 70°C, tendo uma solubilidade de 26% a 95°C.

Além de amilose e amilopectina, os grânulos de amido também contêm umidade, lipídios, proteínas e minerais. O teor de umidade do amido varia de acordo com as condições do ambiente, durante o armazenamento. Em condições ambientais típicas, umidade relativa de 65% e temperatura de 20°C, a umidade dos amidos de milho, trigo e mandioca varia de 13 a 14% (KEARSLEY; DZIEDZIC, 1995). Segundo a RDC nº 263 (BRASIL, 2005) de setembro de 2005, a umidade máxima para o amido de mandioca deve ser de 18% (g/100 g). Os lipídios presentes nos grânulos de amido inibem a cristalização das moléculas e afeta as propriedades reológicas da pasta (WANG; WHITE, 1994). As proteínas e cinzas aparecem em pequena quantidade em amidos de tubérculos e não chegam a alterar as propriedades funcionais (HOOVER, 2001).

Nas células vegetais, os grânulos de amido são formados dentro de estruturas especiais denominadas amiloplastos, envolvidos por uma matriz protéica denominada estroma (GALLIARD; BOWLER, 1987). Ao microscópio óptico, o grânulo de amido parece ser constituído de uma massa homogênea, mas por análise comparativa com outros grânulos, notam-se variações no formato, tamanho e simetria (FRANCO, 2001; LEONEL et al, 2000).

O tamanho, a forma e a distribuição dos grânulos são os fatores que mais afetam o comportamento dos amidos, sendo importantes para determinação dos usos potenciais de amidos na indústria. Grânulos pequenos (2,0 µm), por exemplo, podem ser usados como substitutos de gordura devido ao tamanho ser semelhante ao dos lipídeos. Outras aplicações, nas quais o tamanho dos grânulos é importante, é a produção de filmes plásticos biodegradáveis e de papéis para fax (FRANCO, 2001).

O tamanho e forma dos grânulos de amido são característicos da planta de origem. Segundo Rickard et al. (1991), as formas encontradas para o amido de mandioca são redonda, oval, truncada, poligonal e cilíndrica. Hoover (2001), ao estudar o tamanho e a forma dos grânulos de amido de alguns tubérculos, observou que o tamanho dos grânulos de mandioca variam de 5 a 40µm e a forma pôde ser classificada como redonda. Porém, Defloor et al. (1998) citam diâmetros que variam de 3 a 32 µm.

As Pequenas diferenças entre maior e menor diâmetro proporcionam um formato mais regular e características tecnológicas aos amidos. Os grânulos de amido de mandioca apresentam-se parecidos com os de amido de milho quanto à regularidade de tamanho, porém são morfologicamente diferentes (FRANCO, 2001).

Leonel (2007), em seu estudo, observou que os diâmetros entre os grânulos de amido de mandioca apresentam a menor diferença, e as propriedades térmicas desse amido estão estreitamente relacionadas com o tamanho e a regularidade do tamanho do grânulo. No estudo de Campbell et al. (1996) houve correlação positiva de alta significância entre o tamanho dos grânulos e as propriedades térmicas do amido de 35 cultivares de milho (tropical e subtropical).

### 2.3 BISCOITOS

Os biscoitos são produtos muito populares em todo o mundo com vastas combinações de textura e sabor (SCHOBER et. al., 2003). Em 2003, o mercado nacional apresentou uma capacidade de produção de 1,4 milhões toneladas/ano e faturamento anual de 4 bilhões de reais, sendo as cinco maiores empresas do Brasil as responsáveis por mais de 50% das vendas (SIMABESP, 2005).

Segundo a Resolução - CNNPA nº12 (BRASIL, 1978) biscoito ou bolacha é o produto obtido pelo amassamento e cozimento conveniente de massa, preparada com farinhas, amidos, féculas (fermentadas ou não) e outras substâncias alimentícias.

Os biscoitos destacam-se como veículo para utilização de farinhas mistas, principalmente, devido ao fato de serem produtos consumidos e aceitos por pessoas de várias faixas etárias e pela longa vida de prateleira, que permite a produção em larga escala e ampla distribuição (EL-DASH; GERMANI, 1994a; CHAVAN; KADAM, 1993).

### 2.3.1 Ingredientes

Os principais ingredientes utilizados na formulação de biscoitos são: farinha de trigo, gordura, amido, fermento biológico, fermento químico, açúcar, água e sal, (MAACHE-REZZOUG et. al., 1998; EL-DASH; GERMANI, 1994a; CHAVAN; KADAM, 1993). Segundo Maache-Rezzoug et. al. (1998) uma variedade de texturas e formas podem ser obtidas pela variação nas proporções destes ingredientes.

Podem também ser utilizados outros ingredientes como malte, suplementos enzimáticos, corantes, micronutrientes, aromatizantes, aditivos, emulsificantes, conservantes e outros. Além disso, dependendo do tipo de biscoito, outros ingredientes podem ser adicionados, porém, em menor proporção como: leite, ovos, nozes, amendoim, passas, coco e frutas cristalizadas (EL-DASH; GERMANI, 1994a).

A farinha de trigo, utilizada na formulação de biscoitos, não necessita de glúten forte, por isso, tem uma menor capacidade de absorção de água, menor capacidade de extensão e de elasticidade e menor resistência à mistura. A massa produzida com esta farinha não deve ser excessivamente elástica porque, ao serem formados, os pedaços de massas se retraem, causando deformações nos biscoitos, (EL-DASH; GERMANI, 1994a; VITTI, 1988).

Quando se utiliza farinha mista para produzir biscoitos, esta precisa apresentar certas características tecnológicas, para não interferir na qualidade da massa. Na etapa de laminação, por exemplo, a massa deve ser capaz de fluir, ou seja, de ser estendida ou esticada em forma de uma lâmina fina. Por isso, o nível de substituição da farinha de trigo por outra farinha depende do tipo e da qualidade da farinha utilizada, da qualidade da farinha de trigo e da formulação e procedimentos empregados (EL-DASH; GERMANI, 1994a).

A gordura utilizada na formulação de biscoitos pode ser de origem vegetal ou animal, conforme o produto a ser obtido. Tem a finalidade de reduzir o tempo de mistura e a energia despendida, pois facilita a mistura dos grânulos de açúcar com as partículas de farinha de trigo. Pode, também, controlar o desenvolvimento excessivo da rede de glúten, proporcionando um produto final mais macio, contribuindo com a aeração e a plasticidade durante a mistura. Quando presente em

grandes quantidades, seu efeito lubrificante é tão pronunciado que menos água é necessária para se atingir uma consistência macia. De modo geral, a gordura influencia na maquinabilidade da massa durante o processo, na espalhabilidade da massa após o corte e nas qualidades gustativas e de textura do biscoito após o forneamento (EL-DASH; GERMANI, 1994a; VITTI, 1988).

O emprego do fermento está relacionado ao tipo de biscoito processado. O fermento biológico é constituído por células vivas de levedura e, quando adicionados à massa, consomem o açúcar e produzem o gás carbônico (CO<sub>2</sub>), promovendo o crescimento da massa. Este tipo de fermento é usado nos biscoitos fermentados tipo “*cracker*”, cuja massa deve sofrer fermentação prolongada para obter as características desejadas de sabor, aroma e textura. O fermento químico produz a liberação de gás carbônico e areja o produto facilitando sua mastigabilidade. Os fermentos químicos mais comuns são o bicarbonato de amônio e o bicarbonato de sódio (VITTI, 1988).

O bicarbonato de amônia se decompõe sob a ação do calor, quando o biscoito está no forno, desprendendo CO<sub>2</sub>. Por isso tem-se a reação:  $\text{NH}_4\text{HCO}_3 \rightarrow \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ . Para o bicarbonato de sódio tem-se a reação:  $2\text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$  (MORETO; FETT, 1999; EL-DASH; GERMANI, 1994a; VITTI, 1988).

O efeito do açúcar nas características da massa é um fator importante durante o processamento de biscoitos. As funções dos açúcares são: adoçar, aumentar a maciez, desenvolver a cor da crosta, proporcionar um balanço adequado entre líquidos e sólidos, atuar como veículo para outros aromas, ajudar na retenção de umidade e dar um melhor acabamento aos biscoitos além de contribuir para o volume, (MORETO; FETT, 1999).

Entretanto, a granulometria do açúcar proporciona características de textura diferentes aos biscoitos, assim tem-se: açúcar de granulometria grosseira para biscoitos macios e de maior expansão e açúcar de granulometria mais fina para biscoitos mais resistentes e de menor expansão. A granulometria também está relacionada ao tipo de biscoito, pois aqueles gordurosos requerem açúcar de granulação fina, enquanto os de massas semi-doces requerem açúcar de

granulação mais grossa, devido à maior quantidade de água empregada, ao tempo mais longo de mistura e a temperatura de cozimento que é mais elevada (MORETO; FETT, 1999; EL-DASH; GERMANI, 1994a; VITTI, 1988).

A água tem um papel complexo na formulação de biscoitos. Ela determina o estado conformacional dos biopolímeros, afeta a natureza das interações entre os vários constituintes da fórmula e contribui para a estruturação da massa (MAACHE-REZZOUG, et. al., 1998). É um ingrediente essencial porque solubiliza compostos, hidrata as proteínas e carboidratos e desenvolve a rede de glúten. Qualquer água considerada potável pode ser utilizada, mas sabe-se que, a qualidade da água pode influenciar em algumas propriedades da massa, como a consistência e a característica de extensão. A presença de íons  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  têm efeito benéfico, no entanto o excesso de radicais básicos (hidróxidos e bicarbonatos) aumenta o pH acima do nível ótimo para a produção de gás (EL-DASH; GERMANI, 1994a; VITTI, 1988).

O sal utilizado em diferentes granulometrias é, também, um dos ingredientes essenciais na maioria dos produtos de panificação. Uma vez que, contribui principalmente para o sabor, além de diminuir a absorção de água, auxiliar no fortalecimento do glúten e melhorar a textura, o volume e a retenção de gases no produto final (MORETO; FETT, 1999).

### **2.3.2 Processamento**

Todos os biscoitos passam basicamente pelas mesmas etapas de processamento: mistura, formação, cozimento, resfriamento e empacotamento (MORETO; FETT, 1999).

Segundo Contamine et. al. (1995) a mistura é um estágio chave durante o processamento de biscoito e a energia despendida na mistura da massa controla a qualidade do produto final. De acordo com Bloksma (1990) a mistura tem três funções principais: homogeneização dos ingredientes da formulação, criação de estruturas protéicas orientadas pelos efeitos do batimento e inclusão de ar.

No processo de formação dos biscoitos, estes podem ser formados e cortados por vários processos, dependendo do seu tipo, que pode ser: estampado, amanteigado, cortado por fio, depositado, *cracker* e outros (MORETO; FETT, 1999).

O cozimento dos biscoitos tem como objetivo reduzir a umidade, proporcionar a cor e várias reações químicas ao produto. A cor é o resultado da caramelização dos açúcares, principalmente da superfície, e o sabor mais agradável resulta da combinação química de proteínas e carboidratos, conhecida como reação de Maillard (VITTI, 1988).

O resfriamento é uma das fases mais importantes no processamento de biscoitos. Se esta fase não for adequada pode ocorrer o fenômeno de “*crecking*” ou quebra. Por isso o resfriamento deve ser lento e em ambiente sem circulação de ar frio, para que o vapor de ar eliminado crie sobre a superfície do biscoito uma umidade relativa alta (MORETO; FETT, 1999).

### **2.3.3 Estabilidade**

Os melhores processos de conservação de alimentos não conseguem evitar que neles ocorram certas transformações em função do tempo. Assim, a análise da estabilidade é de fundamental importância para os produtores de alimentos, assim como também para as autoridades sanitárias e grupos que defendem os interesses dos consumidores (VITALI; QUAST, 2002).

A vida-de-prateleira de um alimento pode ser definida como o período de tempo dentro do qual o alimento é seguro para o consumo e/ou apresenta qualidade aceitável para os consumidores (FU; LABUZA, 1997).

Segundo Vitali e Quast (2002) a vida-de-prateleira de um alimento é o tempo em que ele pode ser conservado sob determinadas condições de temperatura, umidade, luz, etc., sendo que o produto sofre pequenas alterações com o tempo, estas até certo ponto, consideradas aceitáveis pelo fabricante, consumidor e legislação alimentar vigente.

A velocidade de quase todos os processos deteriorativos aumenta com a temperatura. Por isso, um dos parâmetros mais importantes no estabelecimento da

vida-de-prateleira de um alimento é a temperatura, tanto nas várias fases de seu processamento, quanto durante o tempo de estocagem pré-consumo (TEIXEIRA NETO, 2002; VITALI; QUAST, 2002; LABUZA, 1982;).

A aplicação da análise sensorial no monitoramento da qualidade do produto, durante a estocagem, também é fundamental. O critério para se estabelecer o tempo de deterioração através de análise sensorial é subjetivo e estabelecido pela equipe de provadores. Dependendo do produto, o critério adotado para o término do experimento pode ser o aumento ou diminuição na magnitude do valor médio de uma característica sensorial do produto, podendo ser usados os métodos sensoriais de diferença, descritivos e afetivos (MORI, 2002).

O armazenamento de biscoitos, principalmente, em ambientes com umidade relativa superior a 40%, favorece a adsorção de água e altera a textura, tornando-os moles, pois perdem a crocância. O aumento da umidade e, conseqüentemente, da atividade de água pode, também, favorecer o crescimento de microorganismos e as reações de escurecimento não enzimático. Biscoitos que contém frutas em sua composição são ainda mais susceptíveis ao desenvolvimento de fungos, que pode ser evitado pelo controle adequado da umidade e atividade de água (MORETTO; FETT, 1999). Segundo a Resolução – CNNPA nº 12 o limite máximo de umidade em biscoitos é 14,0% (BRASIL, 1978).

Segundo Padula (2002) a preservação da qualidade dos alimentos está diretamente relacionada com as características do produto e com o sistema de embalagem utilizado. A embalagem tem várias funções: conter, proteger e preservar o produto; informar ao consumidor o seu conteúdo; ser conveniente no uso e “amiga” do meio ambiente.

Moretto e Fett (1999) ressaltam que as funções da embalagem específica para biscoitos são: proteger o produto contra danos mecânicos, evitar a perda ou ganho de umidade, impedir o início da rancidez e oferecer proteção física, química e microbiológica ao produto (MORETTO; FETT, 1999).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 RESÍDUO FIBROSO DE MARACUJÁ

O resíduo fibroso da casca de maracujá foi fornecido pela Cooperativa Agrícola Mista de Tomé-Açú (CAMTA). Este resíduo é constituído por cascas de maracujá descartadas durante o processamento do suco. As amostras foram previamente embaladas, em sacos de polietileno, congeladas e mantidas sob temperatura de  $-18^{\circ}\text{C}$  para serem transportadas até o laboratório da Faculdade de Engenharia de Alimentos (FEA) da Universidade Federal do Pará (UFPA).

##### 3.1.1 Secagem e Caracterização Física e Físico-Química

Inicialmente o resíduo *in natura* de maracujá foi descongelado, sob temperatura de refrigeração ( $\approx 5^{\circ}\text{C}$ ) e caracterizado quanto a sua característica física e físico-química, sendo:

**Umidade** : determinada de acordo com o método nº 920.151 da *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC, 1997), em estufa com circulação forçada de ar a  $105^{\circ}\text{C}$ , até peso constante.

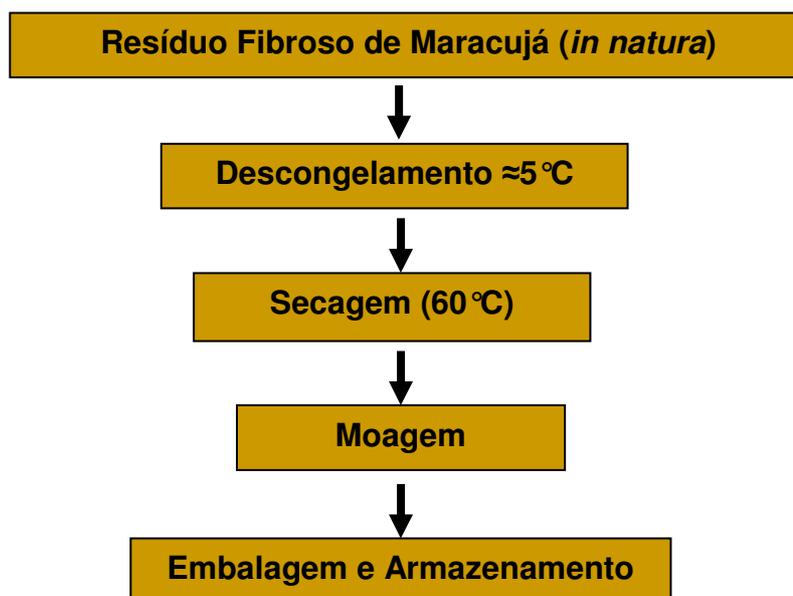
**Atividade de Água ( $a_w$ )**: determinada através da medida direta em termohigrômetro digital da marca AQUALAB, modelo CX-2T, com controle interno de temperatura.

**Potencial Hidrogeniônico (pH)**: determinado em pHmetro WTW (Digimed, modelo pH 320, São Paulo, Brasil), segundo a metodologia nº 981.12 da AOAC (1997).

**Acidez Total Titulável (ATT)**: realizada de acordo com o método nº 942.15 da AOAC (1997), sendo os resultados expressos em percentual de ácido cítrico.

Após o descongelamento e caracterização, o resíduo *in natura* foi depositado em bandeja de aço inoxidável, previamente forrada com papel alumínio, e submetido aos processos de secagem. O resíduo foi seco a  $60^{\circ}\text{C}$  em estufa com circulação forçada de ar, da marca SOC. FABBE Ltda, até atingir aproximadamente 10% de umidade.

O resíduo seco foi moído, em moinho de faca da marca TECNAL modelo TE-650, embalado a vácuo, em sacos plásticos de polietileno e em seguida foi coberto com papel alumínio, sendo armazenado em local com umidade relativa baixa (freezer) até sua utilização. O fluxograma de obtenção do resíduo seco pode ser observado na Figura 7.



**Figura 7** Fluxograma de obtenção do resíduo seco de casca de maracujá.

O resíduo fibroso de maracujá após a secagem, foi caracterizado quanto a sua característica física e físico-química, sendo:

**Umidade e atividade de água:** estas análises foram realizadas de acordo com a metodologia descrita para o resíduo *in natura*.

**Fibras Totais, Solúveis e Insolúveis:** a fibra total e insolúvel foram determinadas através do método enzimático-gravimétrico nº 991.43 da AOAC (2005) e a fibra solúvel pela diferença entre a fibra total e insolúvel.

**Resíduo Mineral Fixo (cinzas):** segundo o método nº 923.03 proposto pela AOAC (2005)

**Lipídios:** realizado através da metodologia nº 920.85 da AOAC (2005).

**Proteínas:** realizado de acordo com a metodologia n° 920.87, proposta pela AOAC (2005), sendo utilizado 6,25 como fator de conversão.

**Carboidratos:** obtido através da diferença entre 100g do produto e a soma total dos valores encontrados para proteína, lipídeos, resíduo mineral fixo, fibras totais e umidade (AOAC, 2005).

**Valor Energético Total (kcal):** calculado utilizando-se os fatores de conversão de Atwater, que considera 4 kcal/g para proteínas e carboidratos e 9 kcal para cada grama de lipídeos (WATT; MERRILL, 1999).

**Cor Instrumental:** determinada por colorimetria tristímulo de acordo com Silva (2002), em colorímetro da marca MINOLTA modelo CR310, operando no sistema CIE Lab, sendo:

**L** - luminosidade, onde o valor máximo é 100, que representa uma perfeita reflexão difusa, e o valor mínimo é zero e constitui o preto.

**a** - coordenada de cromaticidade, que não apresenta limites numéricos específicos e varia do vermelho (+a) ao verde (-a)

**b** - coordenada de cromaticidade, que também não apresenta limites numéricos e pode variar do amarelo (+b) ao azul (-b)

**Granulometria:** através da análise granulométrica foi determinada a distribuição do tamanho das partículas utilizando-se a metodologia n° 965.22 da AOAC (1995). Foi depositado 50g de amostra em um conjunto de peneiras (20; 32; 35; 60 e 100 mesh-ABNT) devidamente taradas e estas foram mantidas sob agitação por 15 minutos. Após esse período as peneiras foram pesadas e foi calculado o percentual de resíduo seco retido em cada peneira. O cálculo do percentual de peso retido (PR) em cada peneira foi realizado de acordo com a seguinte relação:

$$\% \text{ PR} = \frac{\text{Massa da fração retida na peneira} \times 100}{\text{Massa total da amostra (a)}}$$

### 3.1.2 Análises Microbiológicas

Após a secagem o resíduo fibroso de maracujá, foi submetido às análises microbiológicas de acordo com a metodologia descrita por Vanderzant e Splittstoesser (1992), sendo realizadas as análises específicas para produtos de frutas descritas na Resolução – CNNPA n°12 (BRASIL, 2001).

### 3.1.3 Propriedade Higroscópica

Foram construídas isotermas de sorção de umidade, semelhante ao estudo de Pena et. al. (2008), com algumas modificações. A partir dos dados de adsorção e dessorção, foi avaliado o comportamento do ganho e perda de umidade, respectivamente, e estabelecido parâmetros de secagem e armazenamento para o produto.

Na obtenção dos dados de adsorção amostras do resíduo fibroso de maracujá seco foram devidamente pesadas ( $\approx 1,5\text{g}$ ) em recipientes do aparelho de atividade de água e submetidas à desidratação complementar, em dessecador contendo sílica-gel na base, à temperatura ambiente ( $\approx 25^\circ\text{C}$ ), por um período de 48 horas. Em seguida as amostras foram colocadas em dessecador contendo água na base e para cada intervalo de tempo foram efetuadas as medidas até  $a_w \geq 0,9$ .

Para obtenção dos dados de dessorção, as mesmas amostras do produto submetidas ao processo de adsorção foram transferidas para um dessecador contendo sílica-gel na base, na mesma temperatura de trabalho. As medições foram realizadas até  $a_w \leq 0,1$ .

Nos ensaios de adsorção e dessorção foram retiradas amostras em duplicata, em tempos crescentes (equilíbrio dinâmico). A umidade foi determinada por diferença de massa, com o auxílio de uma balança analítica, e a  $a_w$  com auxílio de um termohigrômetro digital da marca AQUALAB, modelo CX-2T. Durante todos os ensaios as amostras foram submetidas à inspeção visual, a fim de acompanhar alterações visivelmente perceptíveis como: “*caking*”, escurecimento e crescimento de fungos.

As isotermas de adsorção e dessorção de umidade foram construídas à temperatura de 25°C, a partir da relação existente entre os valores de umidade e atividade de água ( $a_w$ ) do produto.

### Predição das Isotermas de Sorção

Na predição dos dados de sorção foram testados 4 modelos matemáticos, dois tri-paramétricos (GAB – Guggenheimer, Anderson e De Bôer; BET – Brunauer, Emmet e Teller) e dois bi-paramétricos (Oswin e Henderson) (Tabela 3). Foi realizada a análise de regressão, com auxílio do aplicativo “STATISTICA 7.0”, e identificados os modelos com melhores ajustes com base no coeficiente de determinação ( $r^2$ ) e no desvio médio relativo (P), sendo este último calculado de acordo com a equação abaixo. Através dos ajustes foi possível prever a umidade equivalente à monocamada ( $m_0$ ).

$$P = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|m_{\text{exp}} - m_{\text{pre}}|}{m_{\text{exp}}}$$

**Tabela 3.** Modelos tri e bi-paramétricos utilizados na predição das isotermas de sorção.

Nome da equação	Modelos	Referência
GAB*	$m = \frac{m_0 \cdot c \cdot k \cdot a_w}{[(1 - k \cdot a_w) \cdot (1 + (c - 1) \cdot k \cdot a_w)]}$	Maroulis et al. 1988
BET**	$m = \frac{m_0 \cdot c \cdot a_w}{1 - a_w} \cdot \left( \frac{1 - (n + 1) \cdot a_w^n + n \cdot a_w^{n+1}}{1 - (1 - c) \cdot a_w - c \cdot a_w^{n+1}} \right)$	Park; Nogueira, 1992
Oswin	$m = a \left[ \frac{a_w}{1 - a_w} \right]^b$	Chirife; Iglesias, 1978
Henderson	$m = \left[ \frac{-\ln(1 - a_w)}{a} \right]^{\frac{1}{b}}$	Chirife; Iglesias, 1978

\* Guggenheimer, Anderson e De Boer

\*\* Brunauer, Emmet e Teller

### 3.1.4 Propriedades Funcionais

**Índice de absorção de água (IAA) e Índice de solubilidade em água (ISA):** foi utilizada a metodologia descrita por Anderson et al. (1969). Amostras de 1g de resíduo seco foram suspensas em 25mL de água destilada, em tubos de centrifuga de 50mL, previamente pesados. Os tubos foram submetidos à agitação mecânica e depois centrifugados a 2500rpm, por um período de 15 minutos. O sobrenadante foi transferido para uma placa de *petri* de peso conhecido e colocado em estufa a 60°C por aproximadamente 4 horas. O tubo contendo o resíduo úmido foi pesado. O IAA foi realizado em quadruplicata e expresso em gramas de água por gramas de matéria seca, através da Equação 1. O ISA foi calculado em porcentagem pela Equação 2.

$$\text{Equação 1: IAA} = \frac{\text{Massa da amostra hidratada no tubo}}{\text{Massa da amostra}}$$

$$\text{Equação 2: ISA} = \frac{\text{Massa da amostra desidratada na placa de petri} \times 100}{\text{Massa da Amostra}}$$

**Índice de absorção de óleo (IAO):** foi adotado o método de Anderson et al. (1969). Amostras de 1g foram suspensas em 25mL de óleo de canola a 25°C e colocadas em tubos de centrifugas de 50mL, previamente pesados. Os tubos foram mantidos sob agitação e centrifugados a 2500rpm, por um período de 15 minutos. O líquido sobrenadante de cada amostra foi descartado. O índice de absorção de óleo foi realizado em quadruplicata e expresso em gramas de óleo por grama de matéria seca, sendo obtido pela equação:

$$\text{IAO} = \frac{\text{Massa da amostra insolúvel no tubo}}{\text{Massa da amostra}}$$

**Volume de intumescimento (VI):** foi adotada a metodologia de Anderson et al. (1969). Em uma proveta graduada contendo 1g de amostra, foi adicionada água destilada em excesso. A suspensão foi agitada por 30 minutos para atingir uma completa hidratação da amostra; em seguida foi deixada em repouso durante uma noite (aproximadamente 15 horas). Obteve-se o volume ocupado pela amostra na

proveta, ao final do intumescimento. O volume de intumescimento, realizado em quadruplicata, foi expresso em mililitro por grama de matéria seca e calculado pela diferença entre o volume inicial da amostra desidratada e o volume final da fibra intumescida.

### **3.1.5 Análise Térmica**

As técnicas termoanalíticas utilizadas foram: termogravimetria (TG) - a técnica na qual a variação de massa de uma substância ( $\Delta m$ ) é medida quando esta é submetida a uma programação controlada de temperatura – e calorimetria diferencial de varredura (DSC – Differential Scanning Calorimetry), que mede a diferença de energia fornecida à substância e a um material de referência, enquanto ambos são submetidos a uma variação controlada de temperatura.

A curva TG foi obtida utilizando-se o aparelho-TG da marca Shimadzu, modelo DTG-60H, sendo 17,6mg de amostra colocada em um cadinho de alumina. Para a análise de DSC foi utilizado o aparelho-DSC, marca Shimadzu, modelo DSC-60 e 2,7mg de amostra foi colocada em um cadinho de alumínio. Os parâmetros utilizados para as duas análises (TG e DSC) foram: temperatura de 25°C à 600°C, razão de aquecimento de 10°C/min e atmosfera de ar, onde o fluxo de ar foi de 50ml/min.

### **3.1.6 Análise Morfológica**

A caracterização morfológica do resíduo fibroso de casca de maracujá foi realizada através de microscopia eletrônica de varredura (MEV), de acordo com Silva e Potiguara (2008). Esta análise foi realizada no laboratório de MEV do Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG). As amostras foram desidratadas, pistiladas e peneiradas em peneira de 150mesh. Em seguida foram montadas em suportes metálicos (STUBS) e metalizadas com ouro em camada de 20 $\mu$  de espessura, em corrente de 25mLA. A captura das imagens foi realizada em microscópio eletrônico de varredura da marca LEO modelo 1450Vp.

## 3.2 FÉCULA DE MANDIOCA

A fécula de mandioca utilizada neste estudo foi obtida no comércio local. Sendo importante ressaltar que, esta matéria-prima apresentou baixa atividade de água ( $a_w < 0,6$ ), característica típica de produtos secos, e possivelmente foi submetida aos processos adequados de fabricação industrial, antes de ser comercializada.

Conforme mencionado anteriormente, um dos objetivos deste estudo é a substituição parcial de amido de milho por fécula de mandioca. Então, para fins de comparação entre esses dois produtos que apresentam muitas características em comum foram realizadas, também, algumas análises com o amido de milho.

### 3.2.1 Caracterização Física e Físico-Química

A fécula de mandioca foi caracterizada quanto a sua característica física e físico-química, sendo determinados:

- **Umidade,  $a_w$ , ATT, pH, cinzas, proteínas, lipídios, cor instrumental e granulometria.** Estas análises foram realizadas de acordo com as metodologias descritas no item 3.1.1 para o resíduo fibroso de maracujá.
- **Amido:** determinado por digestão ácida seguindo-se a metodologia descrita por Cereda et al. (2004).

As análises de cor instrumental, granulometria e a determinação de amido também foram realizadas com o amido de milho.

### 3.2.2 Propriedade Higroscópica

A avaliação da propriedade higroscópica da fécula de mandioca foi realizada através da construção de isotermas de sorção de umidade, de acordo com a metodologia descrita no item 3.1.3. para o resíduo fibroso de maracujá.

### **3.2.3 Propriedades Funcionais**

Para avaliar as propriedades funcionais da fécula de mandioca e do amido de milho foram determinados: IAA e ISA, seguindo as metodologias descritas no item 3.1.4 para o resíduo fibroso de maracujá.

### **3.2.4 Análise Térmica**

As curvas termogravimétricas (TG) e de calorimetria diferencial de varredura (DSC) para a fécula de mandioca e amido de milho foram obtidas de acordo com a metodologia descrita no item 3.1.5. para o resíduo fibroso de maracujá.

### **3.2.5 Análise Morfológica**

As micrografias que demonstram a morfologia dos grânulos de fécula de mandioca e grânulos de amido de milho foram obtidas utilizando-se a metodologia descrita no item 3.1.6. para o resíduo fibroso de maracujá.

## **3.3 FORMULAÇÃO DOS BISCOITOS**

A formulação padrão para elaboração dos biscoitos seguiu o procedimento descrito por El-Dash e Germani (1994a), sendo previamente testada. A formulação padrão adotada pode ser observada na Tabela 4. Os resíduos de maracujá e fécula de mandioca foram adicionados à formulação de acordo com o planejamento experimental descrito no item 3.4. O resíduo e a fécula adicionados substituíram, em mesma proporção, a quantidade de farinha de trigo e amido de milho que seriam adicionados, respectivamente.

A etapa inicial para elaboração dos biscoitos foi a mistura, realizada em dois estágios, onde o primeiro consistiu na formação de um creme com gordura de palma, amido de milho e/ou fécula de mandioca, leite, açúcar, sal, emulsificante (INS 322), água e essência de baunilha. Esta primeira fase teve duração de 3 minutos e foi realizada com o auxílio de uma batedeira da marca BRAESI, modelo BP-06. A segunda fase consistiu na incorporação da farinha de trigo (e resíduo de maracujá, quando necessário) e fermento, sendo realizada em aproximadamente 5 minutos.

**Tabela 4.** Formulação padrão de biscoito tipo moldado doce.

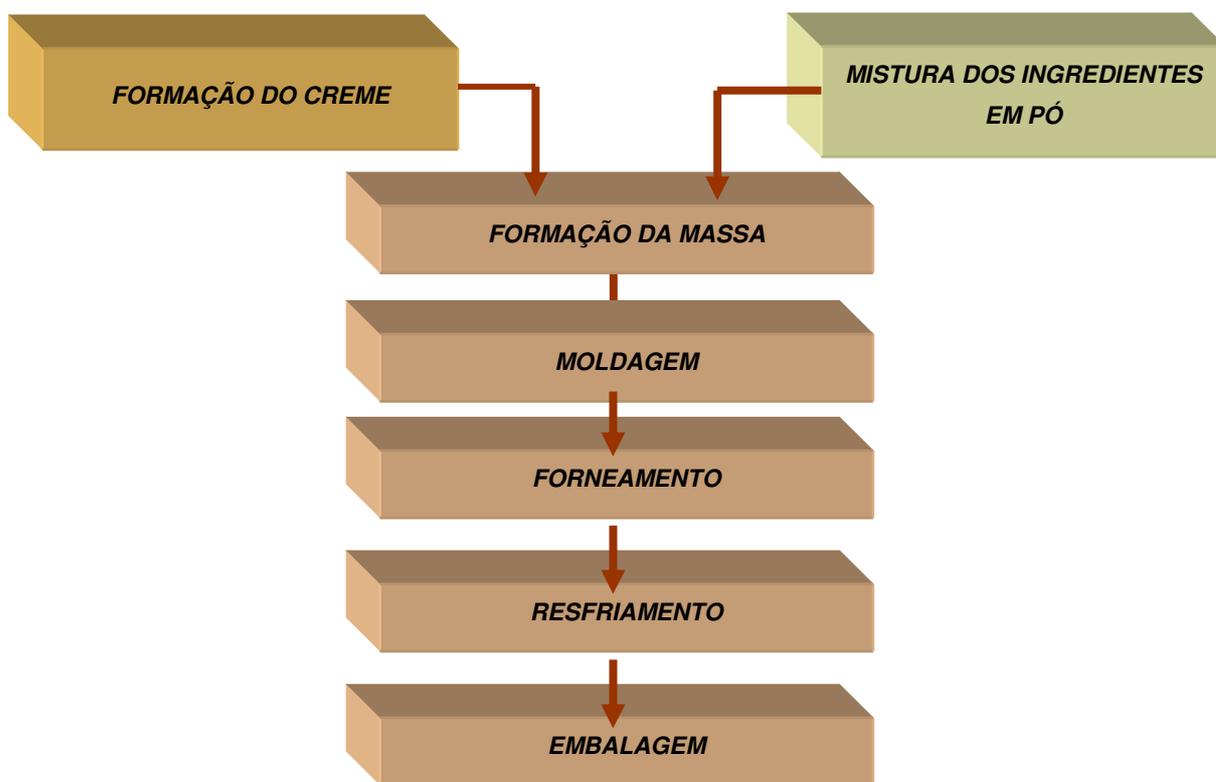
<b>INGREDIENTES</b>	<b>QUANTIDADE (%)</b>
Farinha de trigo**	100
Açúcar	60*
Gordura de palma	40*
Água	30*
Amido de milho***	30*
Leite em pó	20*
Emulsificante (INS 322)	1,5*
Essência de baunilha	1*
Sal	1*
Fermento químico	0,5*

\*Porcentagem (%) em relação à 100g de farinha de trigo.

\*\*Substituído parcialmente por resíduo de maracujá nas formulações do planejamento experimental.

\*\*\*Substituído parcialmente por fécula de mandioca nas formulações do planejamento experimental.

Após a mistura os biscoitos foram moldados com auxílio de um molde circular e depositados em assadeiras. Em seguida, foram assados a 150°C, em forno elétrico, durante 4 minutos, resfriados a temperatura ambiente, embalados em filme laminado flexível e acondicionados em local seco. Na Figura 8 é descrito do fluxograma do processamento dos biscoitos.



**Figura 8** Fluxograma do processamento dos biscoitos.

### 3.3.1 Análises Físicas

As análises físicas realizadas nos biscoitos com adição simultânea de resíduo fibroso de casca de maracujá e fécula de mandioca foram:

**Umidade, Atividade de Água e Cor Instrumental:** determinados de acordo com a metodologia descrita no item 3.1.1.

**Volume Específico:** determinado pelo método de deslocamento de sementes de painço, com a utilização de uma proveta graduada, sendo expresso em  $\text{cm}^3$ , de acordo com El-Dash (1978).

**Rendimento, Diâmetro, Espessura e Fator de Expansão:** determinados de acordo com os procedimentos descritos no método 10-50D da *American Association of Cereal Chemists* (AACC, 1999). O rendimento foi determinado pela diferença entre o peso dos biscoitos antes e após o cozimento. O diâmetro e a espessura foram medidos com um paquímetro. O fator de expansão foi determinado pela razão entre os valores de largura e espessura dos biscoitos.

### 3.3.2 Análise Sensorial

Os biscoitos formulados com o resíduo fibroso maracujá e fécula de mandioca foram submetidos a teste de aceitação, segundo a metodologia descrita por Stone e Sidel (1996). Os parâmetros avaliados foram: aceitação global, textura, aroma e cor, sendo utilizada uma escala hedônica estruturada de 9 pontos (1 = desgostei extremamente; 9 = gostei extremamente). As amostras foram avaliadas por uma equipe de 60 provadores, consumidores de biscoitos, não treinados, selecionados dentre alunos, funcionários e professores da FEA/UFPA.

### 3.3.3 Estudo da Estabilidade Física e Sensorial

O resultado da análise estatística, aplicada aos dados experimentais da caracterização física e sensorial, determinou a proporção ideal de resíduo fibroso de maracujá e fécula de mandioca, que pode ser adicionado ao biscoito, sendo este chamado de otimizado.

O estudo da estabilidade física e sensorial foi realizado com o biscoito otimizado (com resíduo fibroso e fécula de mandioca) e com o biscoito padrão (sem resíduo fibroso e sem fécula de mandioca).

Para realizar o acompanhamento os biscoitos (otimizado e padrão) foram previamente embalados, em filme laminado flexível, e armazenados sob três condições de temperatura (25, 35 e 45°C). Em intervalos de 7 dias foram monitorados os seguintes parâmetros:

- **Umidade, Atividade de Água e Cor Instrumental:** segundo metodologia descrita no item 3.1.1.
- **Teste de aceitação:** segundo a metodologia descrita no item 3.3.2, sendo determinados os parâmetros de aceitação global e aceitação de textura.
- **Textura instrumental:** realizada através de teste de compressão e ruptura em texturômetro BROOKFIELD QTS-25. Utilizando um dispositivo retangular, foi realizando uma compressão de 60%, com velocidade constante. Os biscoitos foram colocados sobre uma base plana do texturômetro, sendo monitorados os parâmetros força de ruptura e dureza.

Os testes de aceitação sensorial, assim como, as medidas de atividade de água, umidade, cor e textura instrumental foram realizados durante 64 dias de armazenamento.

### 3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise estatística foi realizada com o auxílio do programa Statistica<sup>®</sup> versão 7.0 (STATSOFT INC., 2004). Foram calculados os valores das médias, desvios padrões e coeficientes de variação. Os dados também foram analisados pela análise de variância (ANOVA), ao nível de significância de 5%, e pelo teste Tukey para comparação entre as médias.

Para analisar o efeito da adição simultânea de resíduo fibroso de maracujá e fécula de mandioca nas características dos biscoitos foi aplicado um planejamento fatorial com metodologia de superfície de resposta.

O planejamento fatorial adotado foi do tipo composto central  $2^2$  constituído por quatro ensaios lineares nos níveis  $-1$  e  $+1$ , quatro ensaios axiais ( $\alpha=1,41$ ) e três ensaios no ponto central, resultando em 11 formulações, com diferentes níveis de adição para o resíduo de maracujá e fécula de mandioca. Os níveis de adição das variáveis independentes (resíduo fibroso de maracujá e fécula de mandioca) são representados na Tabela 5 e a matriz do planejamento estatístico pode ser observada na Tabela 6.

**Tabela 5.** Níveis de adição das variáveis independentes do planejamento fatorial completo  $2^2$

Variáveis Independentes		Níveis				
		- $\alpha$	-1	0	+ 1	+ $\alpha$
Codificado	Real					
X <sub>1</sub>	% Resíduo fibrosos de casca de maracujá	0	4,4	15	25,6	30
X <sub>2</sub>	% Fécula de mandioca	0	14,6	50	85,4	100

**Tabela 6.** Matriz do planejamento estatístico composto central  $2^2$ .

Ensaio	Valor codificado		Valor Real	
	X <sub>1</sub> *	X <sub>2</sub> **	X <sub>1</sub> *	X <sub>2</sub> **
1	-1	-1	4,4	14,6
2	-1	+1	4,4	85,4
3	+1	-1	25,6	14,6
4	+1	+1	25,6	85,4
5	- $\alpha$	0	0	50
6	+ $\alpha$	0	30	50
7	0	- $\alpha$	15	0
8	0	+ $\alpha$	15	100
9	0	0	15	50
10	0	0	15	50
11	0	0	15	50

\*X<sub>1</sub>= % Resíduo fibroso de casca de maracujá

\*\*X<sub>2</sub> = % Fécula de mandioca

As variáveis dependentes definidas neste estudo foram: os parâmetros do teste de aceitação (aceitação global, textura, aroma e cor) e as análises físicas ( $a_w$ , umidade, cor instrumental, volume específico, rendimento, diâmetro, espessura e fator de expansão).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção são apresentados e discutidos os principais resultados obtidos durante o desenvolvimento do trabalho. Inicialmente serão descritos os estudos realizados com as matérias-primas. Em seguida, serão descritos os resultados obtidos com aplicação desses produtos na elaboração de biscoitos.

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DO RESÍDUO FIBROSO DE MARACUJÁ

Neste item são apresentados os resultados do estudo das características físicas, físico-químicas, microbiológicas, funcionais, térmicas, morfológicas e higroscópicas do resíduo fibroso de maracujá.

#### 4.1.1 Caracterização Física, Físico-química e Microbiológica

Os resultados da caracterização físico-química do resíduo fibroso de maracujá são apresentados na Tabela 7.

**Tabela 7.** Caracterização físico-química do resíduo fibroso de maracujá.

Análises	Resíduo <i>in natura</i> * (b.u.)	Resíduo seco* (b.u.)
Umidade (g/100g)	87 ± 0,53	5,6 ± 0,19
a <sub>w</sub>	0,99 ± 0,002	0,23 ± 0,01
pH	4,36 ± 0,01	-
Acidez Total Titulável (meq NaOH/100g)	0,63 ± 0,02	-
Cinzas (g/100g)	-	4,8 ± 0,28
Proteína (g/100g)	-	5,9 ± 0,13
Lipídios (g/100g)	-	3,7 ± 0,06
Fibra Total (g/100g)	-	71,07 ± 4,37
Fibra Solúvel (g/100g)	-	13,42
Fibra Insolúvel (g/100g)	-	57,65 ± 2,72
Valor Energético Total (Cal)	-	92,47

\* Média ± Desvio-padrão (n=3)

Observa-se que a umidade e a atividade de água (a<sub>w</sub>) do resíduo *in natura* podem favorecer a proliferação de microorganismos podendo comprometer sua qualidade. O processo de secagem proporcionou uma redução de 93,5% da umidade e de 76,76% da a<sub>w</sub>.

O resíduo de maracujá apresentou quantidades não-desprezíveis de proteína (5,9), lipídios (3,7%) e cinzas (4,8%). Os valores de proteína estão próximos aos encontrados por Leoro (2007) que, ao estudar a composição centesimal de farelo de maracujá, obteve 7,63% de proteína. Os valores obtidos para o teor de lipídios estão próximos aos encontrados por Santos (2008), que foi de 3,3%. A casca do maracujá também é constituída por sódio, potássio, ferro e cálcio, que constituem a massa de cinzas (SANTOS, 2008; CÓRDOVA et. al., 2005; MATSUURA, 2005).

Quanto à composição de fibras, observa-se que o resíduo fibroso de maracujá apresenta alto teor de fibras, principalmente insolúvel. Neste sentido, é recomendável sua utilização no enriquecimento de novos produtos alimentícios, com objetivo de melhorar as propriedades tecnológicas e nutricionais dos mesmos. No estudo de Lima (2007), por exemplo, a aplicação de farinha de maracujá no processamento de pães apresentou resultados satisfatórios, pois foram obtidos pães ricos em fibra e com valor calórico reduzido.

Ressalta-se ainda que, os valores encontrados para os constituintes do resíduo fibroso de maracujá podem variar de estudo para estudo. Porém, certas variações são aceitáveis, pois dependem, principalmente, do estágio de maturação do fruto que leva a perda de umidade e a concentração dos demais constituintes, além de outros fatores como lugar de plantio e condições genéticas da planta (OLIVEIRA et. al., 2002; GARCIA; FARINAS, 1975).

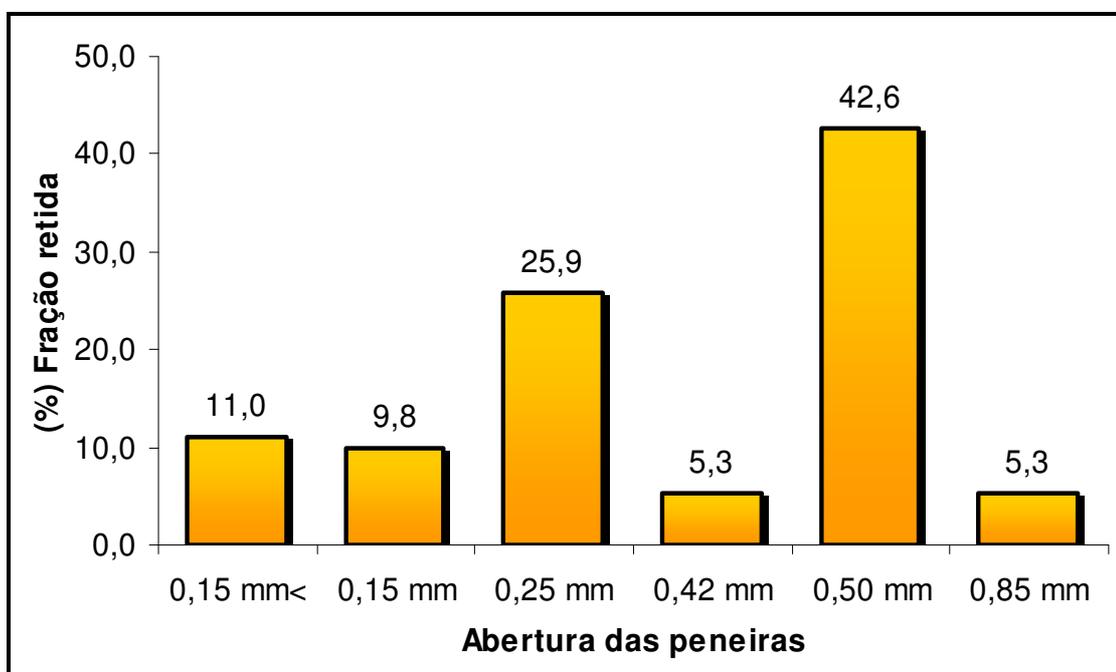
Os resultados referentes a análise de cor para o resíduo fibroso de maracujá podem ser observados na Tabela 8. O resíduo de maracujá desidratado apresentou maior valor de luminosidade (78,09) e cromaticidade para a e b (2,1 e 19,97, respectivamente) quando comparado com Matsuura (2005), que obteve valores de 76,99, 6,32 e 23,78 para os parâmetros L, a e b, respectivamente.

**Tabela 8.** Resultado da análise de colorimetria para os parâmetros L, a e b do resíduo fibroso de maracujá.

<b>Resíduo fibroso de Maracujá</b>	<b>L</b>	<b>a</b>	<b>b</b>
	78,09 ±0,19	2,10 ±0,05	18,97 ±0,08
Média ± Desvio-padrão (n=3)			

Através da análise granulométrica (Figura 9) foi possível observar que as partículas de resíduo seco de maracujá apresentam uma distribuição bimodal, ficando retidas nas peneiras de 0,25mm e 0,5mm. É importante ressaltar que, a predominância de proporções significativas de resíduos em peneira diferentes deve-se a estrutura da casca do maracujá, composta de dois materiais (albedo e casca propriamente dita) que apresentam característica e composição diferentes.

Leoro (2007) ao estudar a granulometria de farelo de maracujá, observou que este apresenta uma distribuição heterogênea e cerca de 62% das partículas ficaram retidas nas peneira de 32 e 60 mesh.



**Figura 9** Distribuição granulométrica do resíduo fibroso da casca do maracujá.

Os resultados das análises microbiológicas do resíduo de maracujá estão dispostos na Tabela 9. Estes apresentaram valores inferiores aos limites estabelecidos pela Resolução – RDC n°12 (BRASIL, 2001).

**Tabela 9** Análise microbiológica do resíduo fibroso de casca de maracujá.

Microrganismos	Resultado	Resolução – RDC n° 12/2001
Coliformes 45°C (NMP/g)	4,3	10 <sup>2</sup>
Salmonela sp/25.g <sup>-1</sup>	Ausência	Ausência
Bolores e Leveduras (UFC/g)	2 x 10 <sup>2</sup>	10 <sup>4</sup>

#### 4.1.2 Propriedades Funcionais

As análises das propriedades funcionais do resíduo de maracujá podem ser observadas na Tabela 10.

**Tabela 10.** Resultado da análise das propriedades funcionais do resíduo fibroso de maracujá.

Parâmetros	Resíduo fibroso da casca do Maracujá
IAA (g/g)	7,6 ± 0,24
ISA (%)	12,85 ± 0,32
IAO (g/g)	2,16 ± 0,17
VI (mL/g)	17,03 ± 1

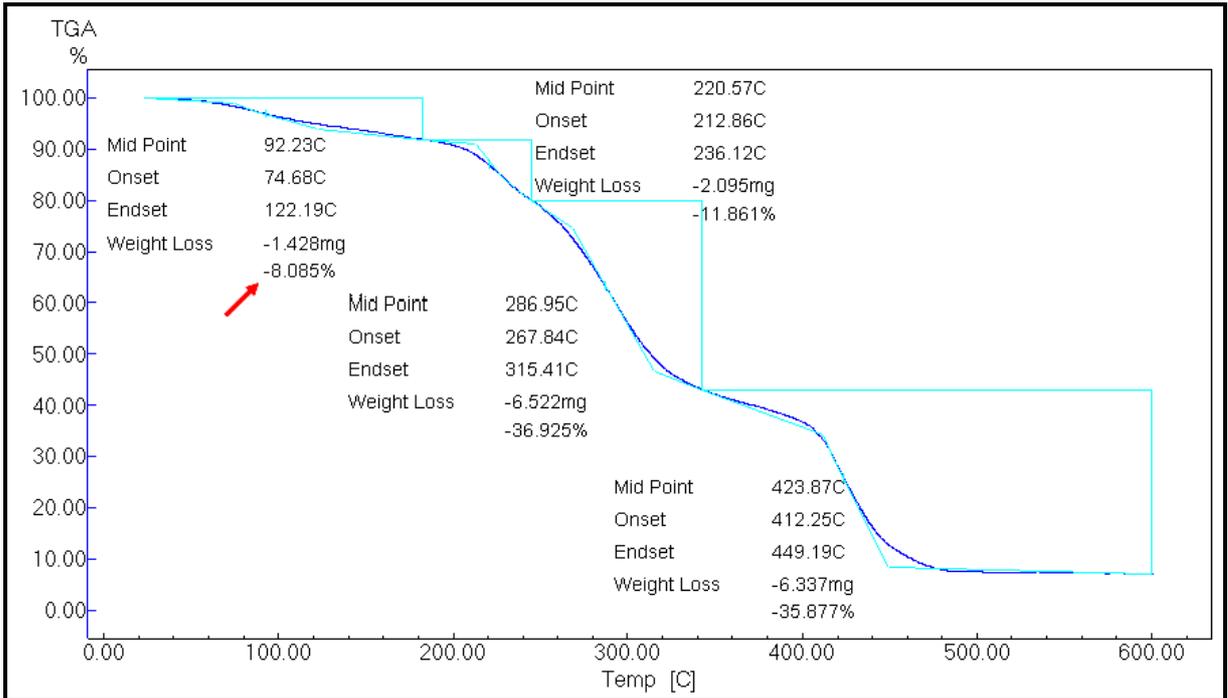
Média ± Desvio-padrão (n=4); IAA: Índice de absorção em água; ISA: Índice de solubilidade em água; IAO: Índice de absorção em óleo; VI: Volume de intumescimento

O valor do índice de absorção em água (IAA) foi menor que o reportado por Matsuura (2005), que trabalhou com o albedo de maracujá e obteve para este índice 16,2 gH<sub>2</sub>O/g material seco. Leoro (2007) encontrou o valor de 14,38 gH<sub>2</sub>O/g de material seco para o IAA do farelo de maracujá. Segundo alguns pesquisadores (RIAZ, 2000; MERCIER; LINKO; HARPER, 1998), as etapas de processamento como moagem, tratamento térmico ou extrusão termoplástica, podem promover mudanças nas propriedades físicas da matriz da fibra e, conseqüentemente, nas propriedades de hidratação.

O valor do índice de absorção em óleo (IAO) do resíduo de maracujá encontra-se próximo do reportado por Matsuura (2005) que obteve 2,5g de óleo/g de material seco. Lopez et al. (1997), ao estudarem a fibra alimentar de alcachofras, observaram que o tipo de fibra pode influenciar no IAO, uma vez que, as fibras insolúveis apresentam maior índice de absorção de óleo que as solúveis. Os autores ainda sugerem que essa característica é atribuída a presença de lignina.

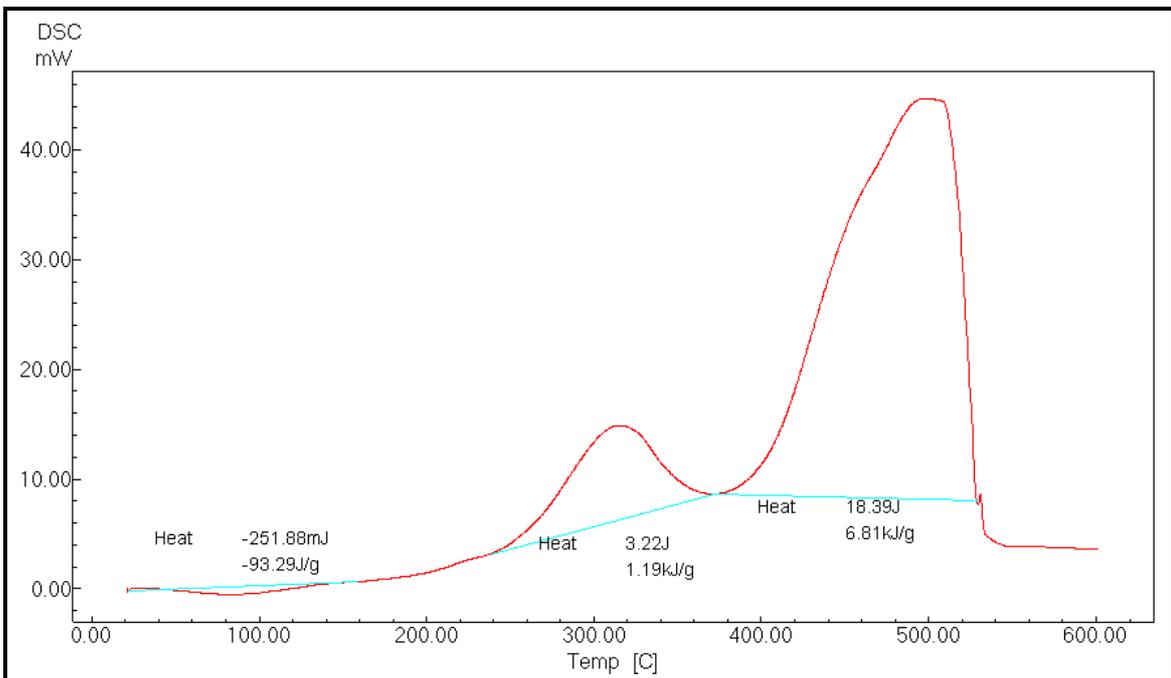
#### 4.1.3 Análise Térmica

A Figura 10 apresenta a curva termogravimétrica do resíduo de maracujá. Observa-se que a maior perda de massa ocorre na faixa de temperatura de 200 à 300°C. Além disso, até à faixa de temperatura que foi utilizada para fornecer os biscoitos (150°C) houve uma perda de massa de aproximadamente 8%.



**Figura 10** Análise termogravimétrica do resíduo fibroso de casca de maracujá.

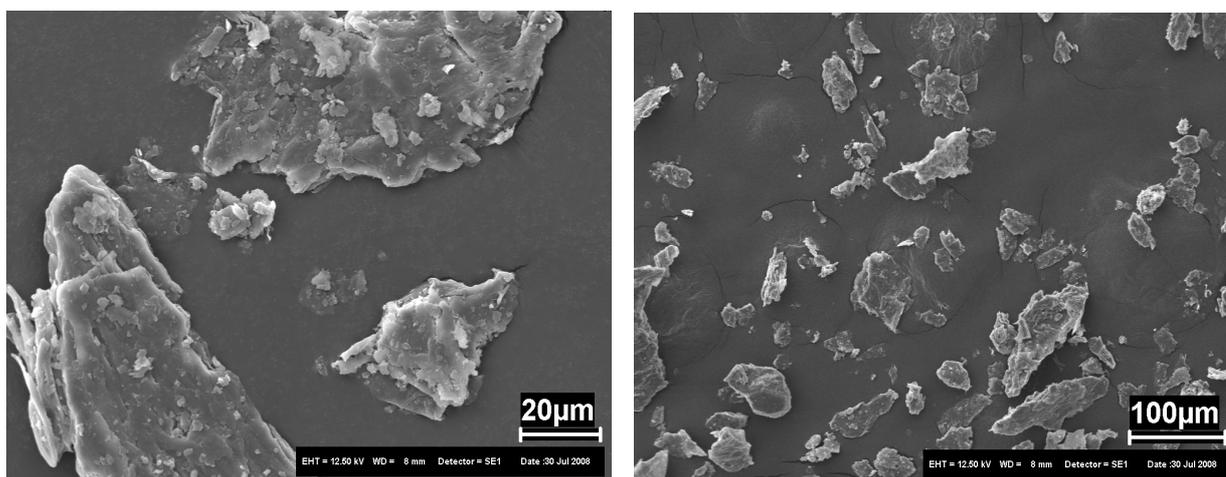
A Figura 11 apresenta a curva de calorimetria diferencial de varredura (DSC) do resíduo de maracujá com suas entalpias. Os picos formados podem ser referentes aos processos exotérmicos relacionados com a degradação dos principais componentes desta matéria-prima (albedo e casca).



**Figura 11** Análise de calorimetria diferencial de varredura do resíduo fibroso de casca de maracujá.

#### 4.1.4 Análise Morfológica

Na Figura 12 podem ser visualizadas as eletromicrografias do resíduo fibroso de maracujá. Conforme descrito na metodologia, esta análise foi realizada através de microscopia eletrônica de varredura (MEV).



**Figura 12** Eletromicrografias do resíduo de maracujá, seco e moído.

O resíduo fibroso de maracujá apresenta superfície porosa, característica que pode favorecer o processo de secagem, por dificultar a retenção de moléculas de água. Além disso, observa-se que as partículas que constituem o produto não são uniformes, justificando a distribuição heterogênea na análise granulométrica.

#### 4.1.5 Isotermas de Sorção

Os resultados experimentais da umidade ( $m$ ) com as suas respectivas atividades de água ( $a_w$ ), na temperatura de 25°C, para o resíduo fibroso de maracujá são apresentados na Tabela 11.

Durante os experimentos não foram observadas alterações, como: escurecimento, crescimento de fungos ou “*caking*”. Porém, durante os ensaios de adsorção observou-se que o aroma característico do produto intensificava-se com o aumento da  $a_w$  e umidade.

Através da correlação entre  $a_w$  e umidade para a adsorção verifica-se que o resíduo fibroso de maracujá pode ser considerado microbiologicamente estável ( $a_w < 0,6$ ) quando apresentar umidade inferior a 12,94gH<sub>2</sub>O/100g b.s. Sugerindo que

a secagem à valores de umidade muito inferiores a este pode ser considerado desnecessário, além de atribuir custos dispensáveis ao produto final.

**Tabela 11.** Dados de sorção para o resíduo fibroso de casca de maracujá.

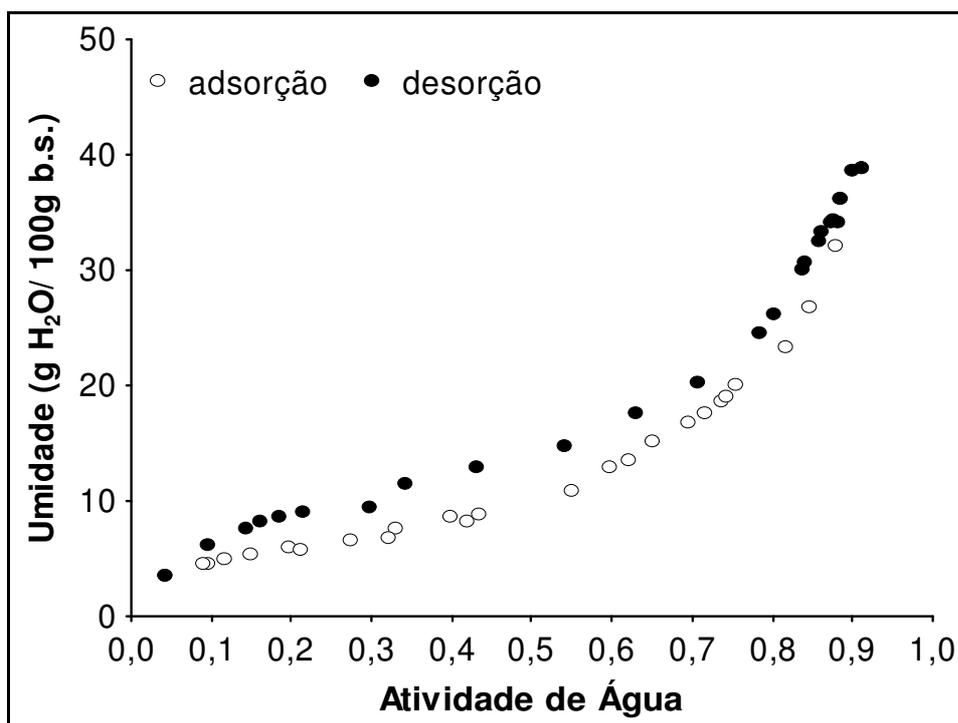
Adsorção		Dessorção	
$a_w$	$m^*$	$a_w$	$m^*$
0,04	3,50	0,91	38,73
0,10	4,42	0,90	38,51
0,09	4,45	0,89	36,12
0,12	4,81	0,89	36,13
0,15	5,31	0,88	34,19
0,20	5,84	0,87	34,21
0,21	5,80	0,87	34,00
0,27	6,44	0,86	32,43
0,33	7,58	0,86	33,26
0,40	8,54	0,84	30,61
0,43	8,68	0,84	30,05
0,32	6,80	0,80	26,14
0,42	8,25	0,78	24,41
0,55	10,81	0,71	20,26
0,60	12,94	0,63	17,52
0,62	13,55	0,54	14,68
0,65	15,18	0,43	12,95
0,69	16,71	0,34	11,42
0,72	17,54	0,30	9,49
0,74	18,51	0,21	8,93
0,74	18,91	0,19	8,57
0,75	19,94	0,16	8,25
0,82	23,31	0,14	7,54
0,84	26,65	0,09	6,12
0,88	32,15	0,04	3,50
0,91	38,73	-	-

\*Umidade (gH<sub>2</sub>O/100g b.s.); e os valores são médias de duas determinações.

Na figura 13 observa-se as isotermas de sorção de umidade do resíduo fibroso de maracujá e o fenômeno da histerese ocorrendo, em praticamente, toda a extensão da curva. As isotermas apresentam comportamento típico de isotermas do Tipo III, de acordo com a classificação da IUPAC (1985).

Em outros trabalhos que descrevem isotermas do resíduo fibroso da casca do maracujá, com objetivo de avaliar o comportamento higroscópico, são observados resultados semelhantes aos encontrados nesta pesquisa. No estudo de Pena et. al

(2008), a isoterma de sorção da fibra residual da casca do maracujá apresentou comportamento de isoterma do tipo III e histerese em toda extensão da curva. Oliveira et al (2006) construíram isotermas de dessorção da casca do maracujá em diferentes faixas temperatura e observaram pequena variação nas isotermas com o aumento da temperatura, justificado pela pequena variação nos níveis de temperatura estudada (25 à 40 °C), além disso, as isotermas se enquadraram no tipo III.



**Figura 13** Isoterma de sorção de umidade do resíduo fibroso de maracujá.

Segundo Ordóñez (2005), essas curvas que apresentam uma zona mais plana na sua primeira parte formando um “J”, são típicas de alimentos com grande quantidade de açúcar e solutos que têm pouca adsorção por capilaridade, como as frutas e os doces de frutas.

Os coeficientes de determinação ( $r^2=999$ ) e os desvios médios relativos (P), obtidos através dos ajustes matemáticos, demonstram que o modelo de GAB foi o que apresentou os melhores ajustes, sendo o mais indicado para predição das isotermas de sorção do resíduo fibroso de maracujá estudado (Tabela 12).

Com base nos valores da monocamada ( $m_0$ ) para o processo de dessorção recomenda-se não secar o resíduo estudado a níveis de umidade inferiores a 8,150gH<sub>2</sub>O/100g b.s. para evitar dispêndio de energia.

**Tabela 12.** Parâmetros de ajuste das isotermas de sorção do resíduo fibroso de maracujá para os diferentes modelos matemáticos.

Modelos	Isotermas	Parâmetros				
		$m_0$	<b>C</b>	<b>k</b>	$r^2$	<b>P</b>
GAB	adsorção	5,822	21,957	0,934	0,999	3,8
	dessorção	8,150	26,866	0,875	0,999	3,2
BET Completa	adsorção	$m_0$ 4,979	<b>C</b> 51,098	<b>n</b> 19,886	$r^2$ 0,997	<b>P</b> 3,1
	dessorção	6,434	81,835	13,686	0,996	7,1
Oswin	adsorção	<b>a</b> 10,785	<b>b</b> 0,543	-	$r^2$ 0,996	<b>P</b> 11,8
	dessorção	14,676	0,433	-	0,998	4,7
Handerson	adsorção	<b>a</b> 0,056	<b>b</b> 1,061	-	$r^2$ 0,980	<b>P</b> 44,4
	dessorção	0,015	1,401	-	0,990	14,1

No estudo de Pena et. al. (2008) o modelo de GAB pôde ser usado, com boa precisão para prever as isotermas de sorção da fibra residual do maracujá e, para o processo de dessorção obteve valor da monocamada de 8,31gH<sub>2</sub>O/100g. Sendo estes dados semelhantes aos encontrados nesta pesquisa.

## 4.2 CARACTERIZAÇÃO DA FÉCULA DE MANDIOCA

Neste item são apresentados os resultados do estudo físico, físico-químico, funcional, higroscópico, térmico e morfológico da fécula de mandioca e, também, de algumas análises realizadas com o amido de milho.

### 4.2.1 Caracterização Física e Físico-química

Os resultados da caracterização físico-química da fécula de mandioca podem ser observados na Tabela 13.

Os resultados obtidos encontram-se de acordo com os requisitos exigidos pela legislação brasileira. Observa-se que a umidade está de acordo com a RDC n° 263 (BRASIL, 2005), que regulamenta um limite máximo de 18% (gH<sub>2</sub>O/100g) de umidade para amido e fécula de mandioca. Além disso, o valor de atividade de água ( $a_w < 0,6$ ) indica que o produto é considerado microbiologicamente seguro, quando armazenado sob condições de temperatura e umidade adequadas.

**Tabela 13** Caracterização físico-química da fécula de mandioca.

<b>Análises</b>	<b>Fécula de Mandioca* (b.u.)</b>
Amido (g/100g)	85,1 ± 8,1
Umidade (g/100g)	11,72 ± 0,16
$a_w$	0,53 ± 0,02
pH	6,4 ± 0,17
Acidez Total Titulável (meq NaOH/100g)	1 ± 0,01
Proteínas (g/100g)	0,4 ± 0,05
Cinzas (g/100g)	0,14 ± 0,00
Lipídios (g/100g)	0,97 ± 0,02

\* Média ± Desvio-padrão (n=3)

A antiga RDC n° 12 de 1978 (BRASIL, 1978) classifica a fécula ou polvilho de acordo com o teor de acidez, sendo 1,0 e 5,0 para o polvilho doce e azedo, respectivamente. Neste sentido, os valores de acidez indicam que a fécula em estudo é considerada polvilho doce. Porém, a RDC n° 263 de 2005, que revoga as disposições em contrário da RDC n° 12/1978, não menciona esta classificação e considera ambos como fécula de mandioca. Sendo importante ressaltar que o polvilho doce também é chamado de amido nativo.

A Resolução RDC n° 263, também não fixa nenhum padrão de identidade e qualidade referente ao teor máximo de proteínas e cinzas para amidos, féculas e farinhas. Mas, a antiga RDC n° 12/1978 estabelecia um limite máximo de 0,5% de cinzas, sendo este valor superior ao encontrado neste estudo.

De modo geral a fécula de mandioca é constituída principalmente por carboidratos. Os outros constituintes aparecem em baixas concentrações revelando a facilidade com que o amido pode ser extraído e purificado. Franco et al., (2001) e Peroni (2003) ressaltam que é importante a fécula apresentar um alto teor de amido e baixos valores para os outros constituintes, uma vez que, a pureza do amido determina sua qualidade e facilita suas aplicações industriais.

Entretanto, a quantidade destes constituintes depende de vários fatores como a composição da planta e o método de extração e purificação utilizados. Apesar disso, os valores encontrados para umidade, proteína e cinzas estão de acordo com os resultados obtidos por Aplevics (2006), que caracterizou a fécula de mandioca, de diferentes marcas comerciais. Neste estudo o autor encontrou valores médios de 11,71%, 0,38% e 0,17% para umidade, proteína e cinzas, respectivamente.

No estudo realizado por Charles et. al. (2007), a caracterização da fécula apresentou valores inferiores de proteínas (0,08%) e cinzas (0,04%). Soares Jr. (2006) estudou a adição de fécula de mandioca em formulações de pão de forma e observou que esta matéria-prima apresentava 1,12% de proteína e 0,04% de cinzas.

A cor da fécula de mandioca também é um importante fator que deve ser analisado. Os resultados da análise de cor para a fécula de mandioca e amido de milho são apresentados na Tabela 14.

**Tabela 14.** Valores médios dos parâmetros de cor L, a e b da fécula de mandioca e do amido de milho.

	<b>L</b>	<b>a</b>	<b>b</b>
<b>Fécula de Mandioca</b>	101,06 ± 0,43 <sup>a</sup>	0,67 ± 0,05 <sup>a</sup>	2,63 ± 0,15 <sup>a</sup>
<b>Amido de Milho</b>	100,76 ± 1,51 <sup>a</sup>	-1,27 ± 0,02 <sup>b</sup>	6,39 ± 0,11 <sup>b</sup>

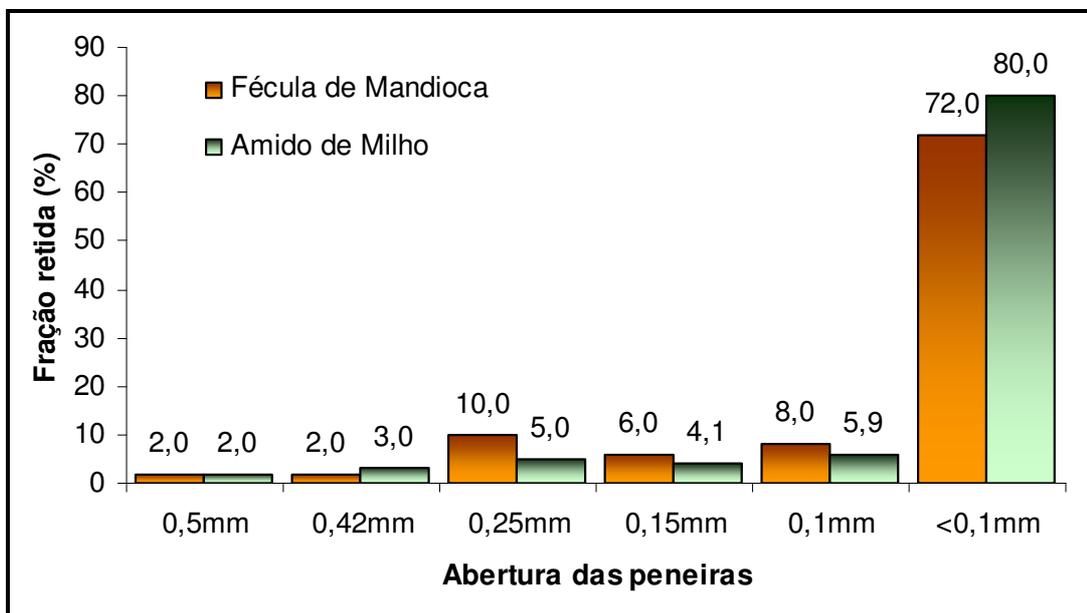
Médias com letras diferentes nas colunas são diferentes significativamente ( $p < 0,05$ ) de acordo com o teste de Tukey.

Média ± Desvio-padrão (n=3)

Conforme pode ser observado, em relação ao parâmetro luminosidade (L), não houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre as amostras. No entanto, os valores de cromaticidade (a e b) foram significativamente ( $p \leq 0,05$ ) diferentes, sendo que, o amido de milho apresentou os maiores valores tendendo para uma cor mais amarela e menos vermelha quando comparado com a fécula de mandioca.

Com relação a análise granulométrica (Figura 14), a fécula de mandioca apresentou uma distribuição homogênea, semelhante ao amido de milho. A maior fração (aproximadamente 80%) ficou retida no fundo e na peneira de 150 mesh,

sendo constituída principalmente por partículas de tamanho inferior ou igual a 0,10mm.



**Figura 14** Distribuição granulométrica da fécula de mandioca e do amido de milho.

\*Média de 3 replicatas

#### 4.2.2 Propriedades Funcionais

A análise das propriedades funcionais pode ser observada na Tabela 15. Os valores do índice de absorção em água (IAA) e do índice de solubilidade em água (ISA) da fécula de mandioca não foram significativamente ( $p > 0,05$ ) diferentes dos valores encontrados para o amido de milho.

**Tabela 15.** Resultado da análise das propriedades funcionais da fécula de mandioca e do amido de milho.

	IAA (g/g)*	ISA (%)*
<b>Fécula de Mandioca</b>	1,87 ± 0,05 <sup>a</sup>	0,19 ± 0,01 <sup>a</sup>
<b>Amido de Milho</b>	2,07 ± 0,03 <sup>a</sup>	1,24 ± 0,09 <sup>a</sup>

\*Médias com letras diferentes nas colunas são diferentes significativamente ( $p < 0,05$ ) de acordo com o teste de Tukey.

Média ± Desvio-padrão (n=4)

O ISA é um parâmetro que pode identificar a proporção da degradação total do grânulo de amido. O aumento da solubilidade é atribuído à dispersão das moléculas de amilose e amilopectina, como consequência da gelatinização, e à

formação de compostos de baixo peso molecular. O IAA está relacionado à disponibilidade de grupos hidrofílicos (-OH) em se ligar às moléculas de água e à capacidade de formação de gel das moléculas de amido (COLONNA et al., 1984).

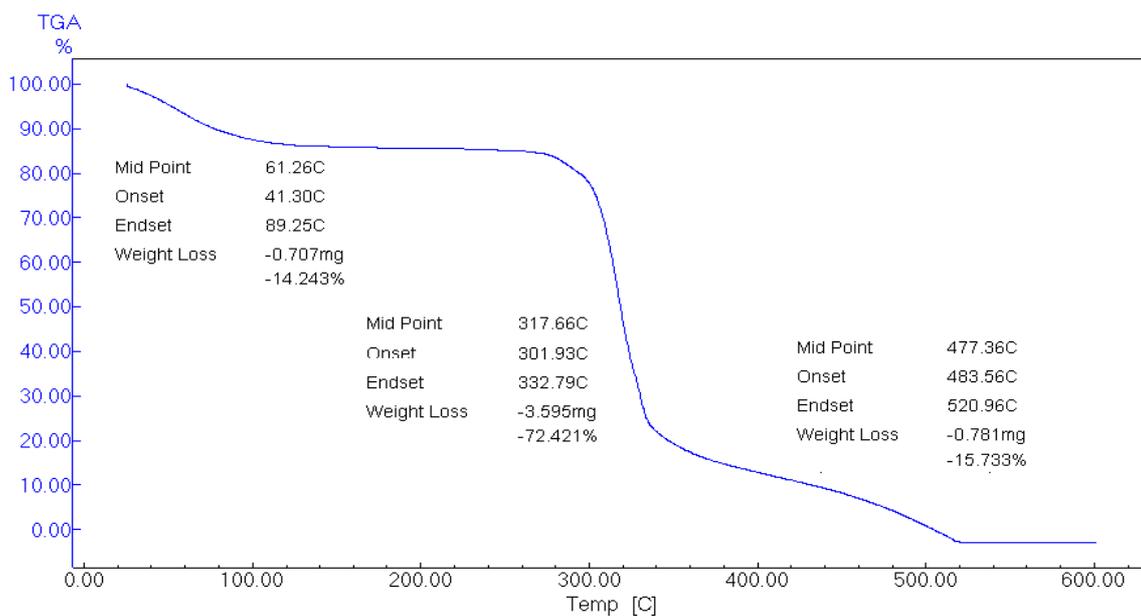
Os valores de solubilidade e absorção de água para os amidos foram baixos. Segundo Pereda et al. (2005) os grânulos de amido não são solúveis em água fria, ainda que possam absorver certa quantidade de água, causando pequeno inchamento. Entretanto, com o aumento da temperatura, as moléculas de amido vibram com força, rompendo as ligações intermoleculares, estabelecendo pontes de hidrogênio com água e provocando inchamento que é acompanhado pelo decréscimo no número e tamanho das regiões cristalinas.

#### **4.2.3 Análise Térmica**

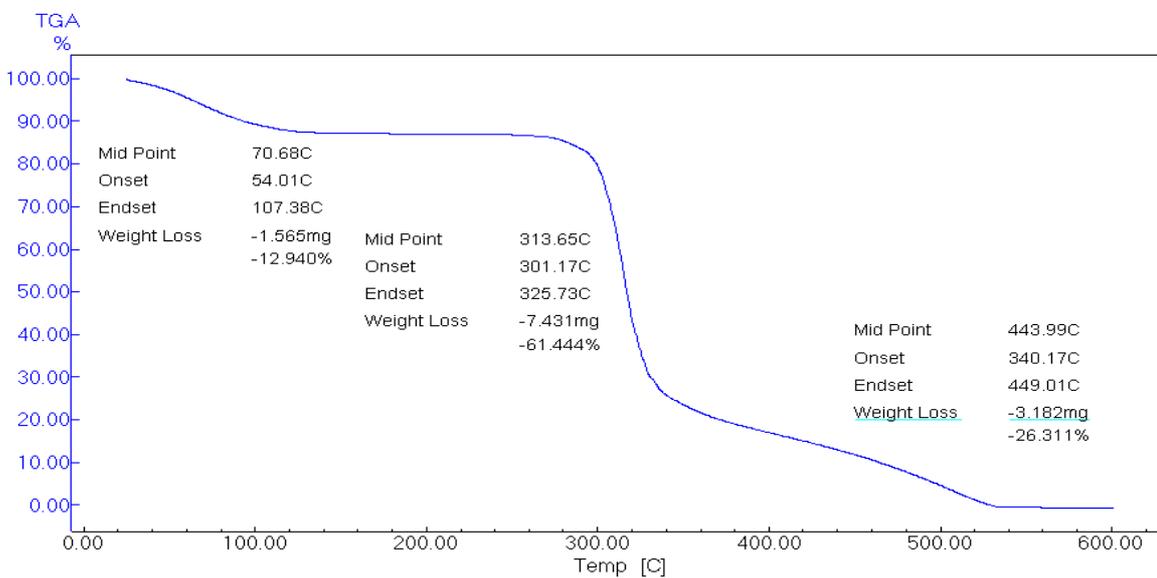
A Figura 15 apresenta as curvas termogravimétricas (TG) da fécula de mandioca e do amido de milho. Observa-se que a perda de massa ocorre em três etapas principais, para ambas as amostras. Em relação a massa inicial, a perda sofrida na primeira etapa foi de 14% para a fécula e 12,9% para o amido de milho, destes a maior parte pode ser atribuída a perda de umidade ocorrida entre 60 e 110°C.

A faixa de temperatura de 240°C e 360°C é onde ocorre a perda mais acelerada de massa. Nesta etapa considera-se a perda de macromoléculas como, carboidratos e proteínas. Como as amostras são constituídas principalmente por amido, este constituinte deve ser o mais degradado na segunda etapa de perda de massa.

As curvas de DSC para fécula de mandioca e amido de milho são apresentadas na Figura 16. De acordo com as curvas, de ambas as amostras, observa-se que na primeira etapa de perda de massa predominam processos endotérmicos, como a perda de umidade. Na segunda etapa observam-se processos exotérmicos, como a degradação de macromoléculas.

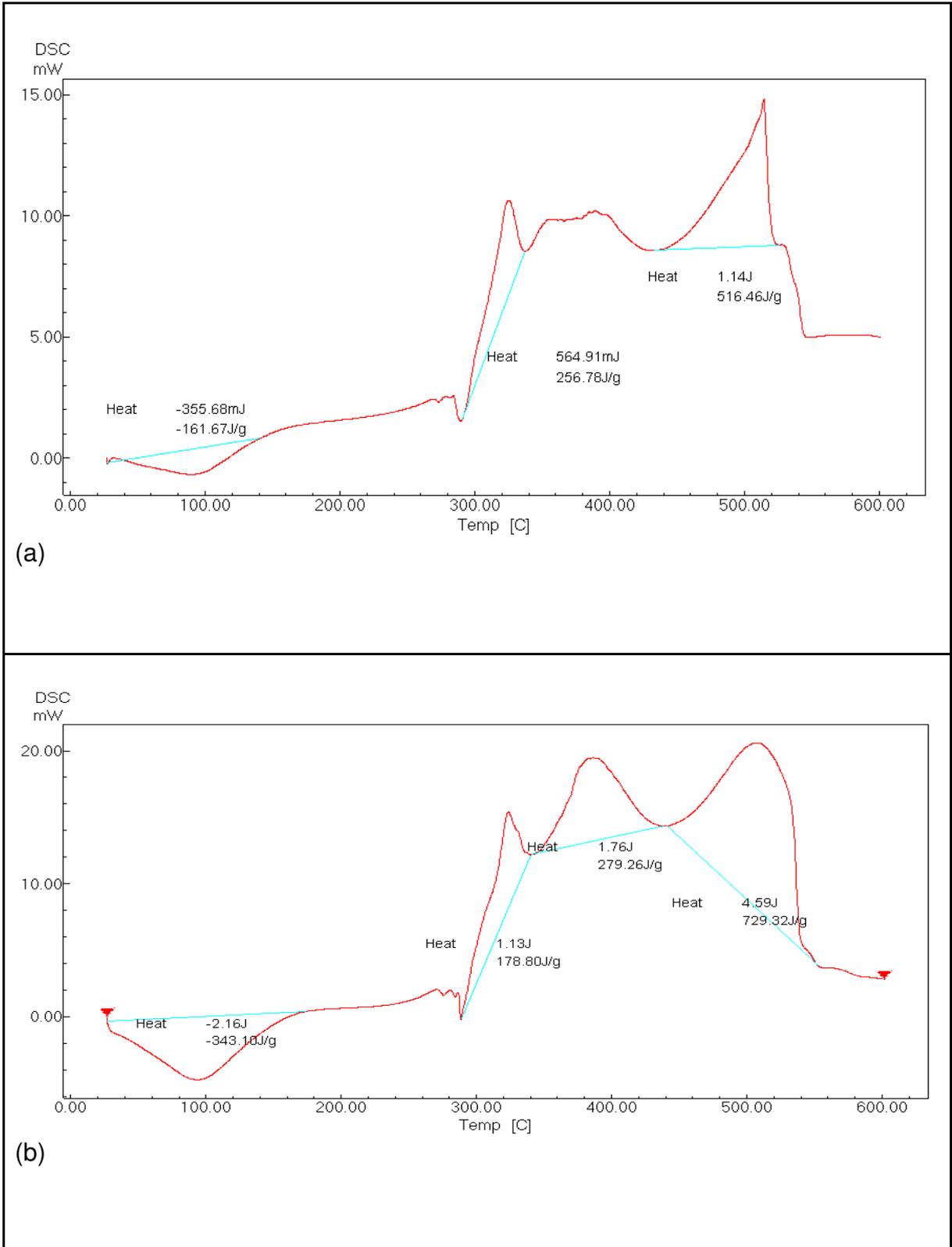


(a)



(b)

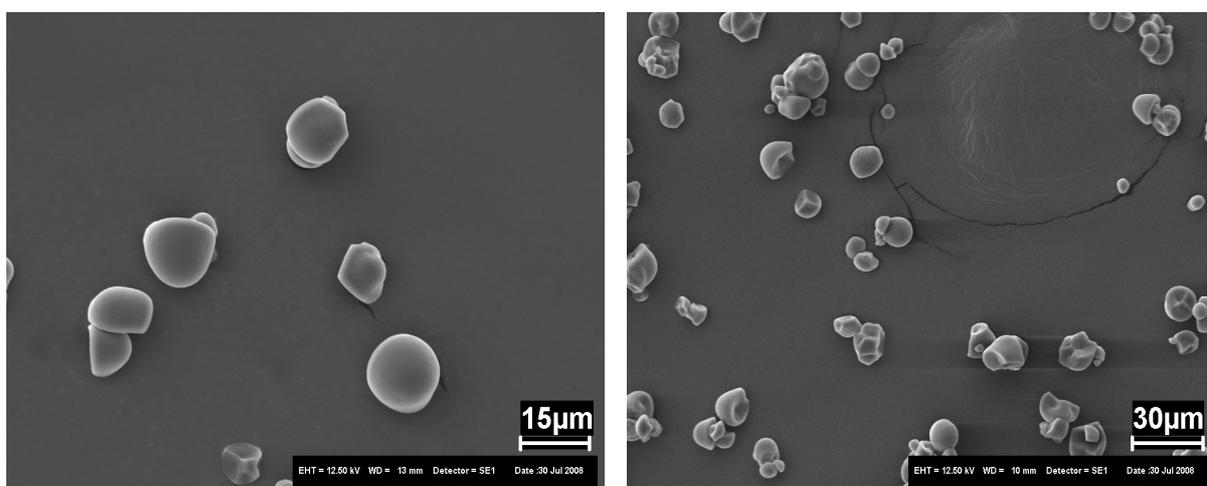
**Figura 15** (a) Análise de termogravimetria da fécula de mandioca (b) Análise de termogravimetria do amido de milho



**Figura 16** (a) Calorimetria diferencial de varredura (DSC) da fécula de mandioca com entalpia (b) DSC do amido de milho com entalpia.

#### 4.2.4 Análise Morfológica

As eletromicrografias dos grânulos de amido de mandioca podem ser visualizadas na Figura 17. Alguns grânulos apresentam formato oval e outros são côncavo-convexos. Segundo Rickard et al. (1991) as formas encontradas para o amido de mandioca são redonda, oval, truncada, poligonal e cilíndrica. Também foi observado que os grânulos apresentam uma superfície lisa que pode dificultar a retenção e água.



**Figura 17** Eletromicrografia de grânulos de fécula de mandioca.

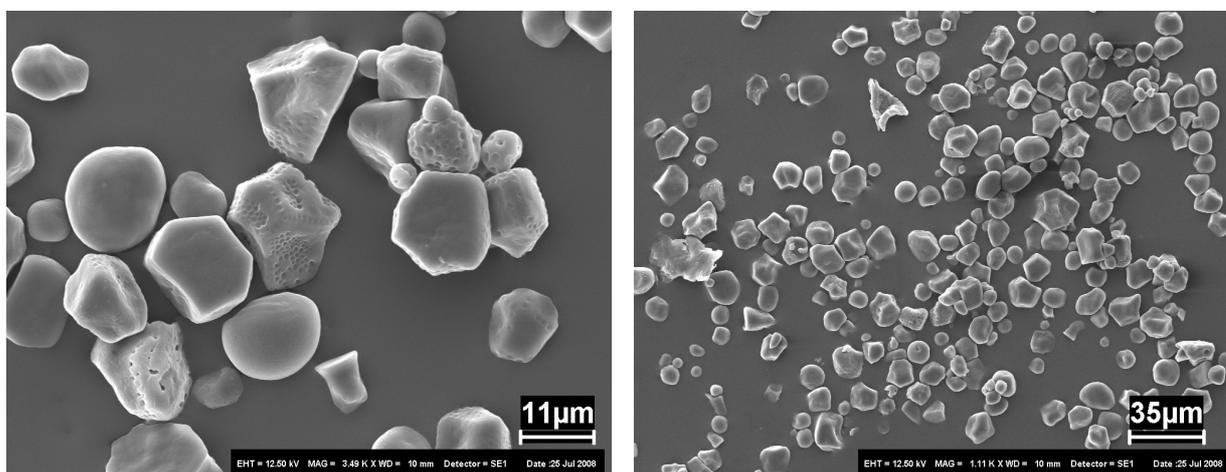
Neste sentido, é justificável o menor índice de solubilidade e absorção de água neste tipo de material. Porém, quando o amido é colocado em presença de água quente a conformação do grânulo pode ser modificada favorecendo a ligação com as moléculas de água durante a gelificação. Este processo é importante durante o processamento de biscoitos, pois este comportamento melhora a textura e expansão dos biscoitos (PEREDA et al., 2005; CAMARGO et al. 1988).

Assim, as características morfológicas do grânulo de amido como tamanho, forma e distribuição dos grânulos são fatores que influenciam no comportamento dos amidos, sendo importantes para determinação de seus usos potenciais na indústria. (FRANCO, 2001)

Sriroth et al. (1999) ao estudarem a influência do tempo de colheita de quatro cultivares de mandioca na estrutura dos grânulos de amido, observaram que a distribuição do tamanho e forma dos grânulos foram afetados pela idade da raiz,

ocorrendo uma mudança gradativa de uma distribuição normal para bimodal, ou seja, deixaram de apresentar apenas um valor predominante para o tamanho e forma para apresentar dois valores.

Nas eletromicrografias do grânulo de amido de milho (Figura 18) pode-se observar algumas proteínas possivelmente ligadas aos grânulos. A proteína presente no amido de milho é a zeína, que representa cerca de 9,4% do endosperma. Sendo importante ressaltar que o endosperma é parte integrante do grão de milho e contém, aproximadamente, 86,4% do amido presente neste cereal (EL-DASH; GERMANI, 1994b). O grânulo de amido de milho apresenta as formas ovalada e circular em diferentes tamanhos.



**Figura 18** Eletromicrografias de grânulos de amido de milho.

#### 4.2.5 Isotermas de Sorção

Os dados experimentais de umidade ( $m$ ) em função das respectivas atividades de água ( $a_w$ ) para a fécula de mandioca são apresentados na Tabela 16.

Os dados indicam que valores de umidade abaixo de  $13,87\text{gH}_2\text{O}/100\text{g b.s.}$  favorecem a estabilidade microbiológica deste produto ( $a_w < 0,6$ ). Sendo importante ressaltar que durante os ensaios não foi observado nenhum tipo de alteração visivelmente perceptível nas amostras.

Na Figura 19 é possível observar que a isoterma da fécula de mandioca apresenta histerese na faixa de  $a_w$  de 0,2 à 0,85. Estas isotermas podem ser classificadas como isotermas do tipo II (IUPAC, 1985). Sendo importante ressaltar

que as isotermas do tipo II são características de materiais não porosos ou macroporosos.

**Tabela 16.** Dados de sorção para fécula de mandioca.

Adsorção		Dessorção	
$a_w$	$m^*$	$a_w$	$m^*$
0,05	2,33	0,92	26,83
0,08	3,84	0,88	24,98
0,06	3,39	0,89	24,29
0,08	4,29	0,86	23,36
0,10	5,02	0,82	21,84
0,14	6,00	0,77	20,14
0,18	6,83	0,70	18,59
0,21	7,09	0,56	15,99
0,24	7,92	0,48	14,37
0,33	9,54	0,44	13,58
0,37	10,07	0,41	13,01
0,37	9,96	0,44	13,58
0,47	11,43	0,42	13,05
0,54	12,71	0,30	11,09
0,61	14,03	0,32	10,67
0,57	13,39	0,18	8,08
0,68	15,54	0,12	6,42
0,74	16,59	0,06	3,89
0,78	18,06	-	-
0,82	19,39	-	-
0,83	20,64	-	-
0,92	26,83	-	-

\*Umidade (g H<sub>2</sub>O/100g b.s.); e os valores são médias de duas determinações.

No estudo de Santos et. al. (2004) foram construídas isotermas de sorção nas temperatura de 20, 30 e 40 °C, para farinha de mandioca e obtiveram resultados semelhantes a este estudo, ou seja, curvas de forma sigmóide. Este tipo de isoterma também foi observado no estudo de Kumar (1974) para farinha de milho.

Analisando os coeficientes de determinação ( $r^2$ ) e os desvios médios relativos (P) dos ajustes aos modelos estudados (Tabela 17), observa-se que o modelo de GAB foi o que mais se ajustou aos dados experimentais ( $r^2=997$  e  $P=4,5$  para adsorção,  $r^2=998$  e  $P=2,3$  para dessorção). Os valores de monocamada (11,5gH<sub>2</sub>O/100g b.s.) obtidos para dessorção estão próximos aos valores de umidade do produto (11,72%).

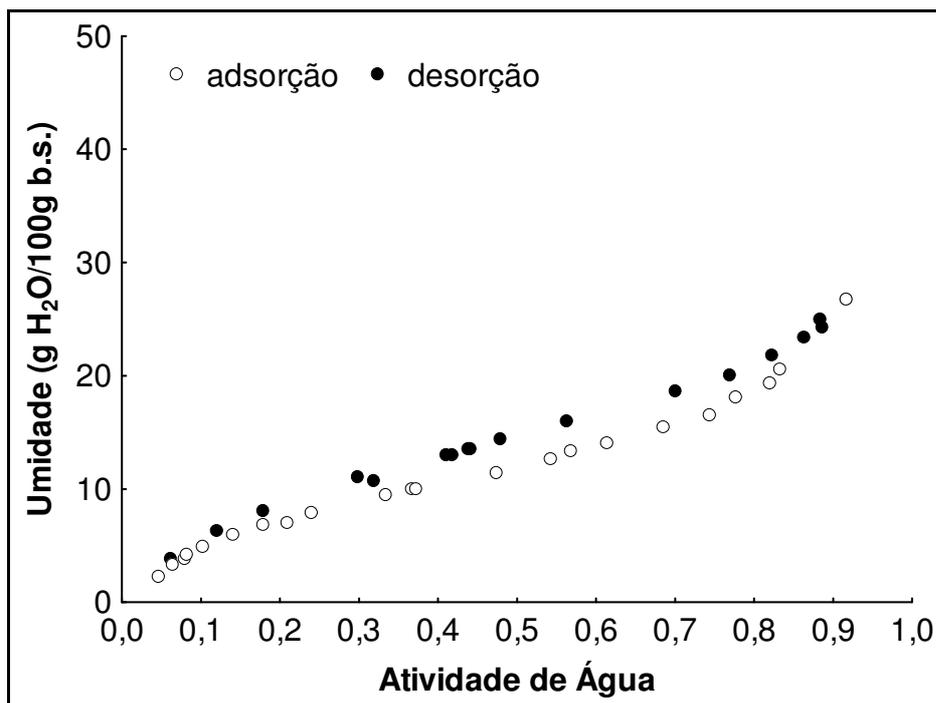


Figura 19 Isoterma de sorção da fécula de mandioca

Tabela 17. Parâmetros de ajuste das isotermas de sorção da fécula de mandioca para os diferentes modelos matemáticos.

Modelo	Isotermas	Parâmetros				
		mo	C	k	r <sup>2</sup>	P
GAB	adsorção	7,951	15,998	0,762	0,997	4,5
	dessorção	11,561	13,190	0,630	0,998	2,3
BET Completa	adsorção	6,173	22,249	7,628	0,987	8,2
	dessorção	8,332	15,909	5,530	0,994	3,7
Oswin	adsorção	a	b	-	r <sup>2</sup>	P
	dessorção	11,549	0,360	-	0,996	6,5
Handerson	adsorção	13,891	0,289	-	0,998	6,6
	dessorção	a	b	-	r <sup>2</sup>	P
	adsorção	0,007	1,831	-	0,994	5,6
	dessorção	0,002	2,140	-	0,998	2,8

### 4.3 EFEITO DA ADIÇÃO DO RESÍDUO FIBROSO DE MARACUJÁ E FÉCULA DE MANDIOCA NAS CARACTERÍSTICAS SENSORIAIS DOS BISCOITOS

Neste item são apresentados e analisados os resultados da adição combinada de resíduo fibroso de maracujá e fécula de mandioca nos parâmetros sensoriais dos biscoitos (aceitação global, textura, aroma e cor).

Os valores médios e desvios-padrão dos parâmetros estudados no teste de aceitação sensorial podem ser observados Tabela 18. De modo geral, observa-se que as formulações de biscoito com maiores concentrações de resíduo de maracujá são significativamente ( $p \leq 0,05$ ) diferentes da formulação padrão.

**Tabela 18** Média e desvio-padrão dos parâmetros de aceitação global, textura, aroma e cor obtidos com o teste de aceitação dos biscoitos.

Ensaio	Valor codificado		Valor Real		RESPOSTAS			
	$X_1^{**}$	$X_2^{***}$	$X_1^{**}$	$X_2^{***}$	Aceitação	Textura	Aroma	Cor
	1	-1	-1	4,4	14,6	*7,17 ± 1,26	*6,92 ± 1,58	6,84 ± 1,36
2	-1	+1	4,4	85,4	7,88 ± 0,82	8,06 ± 0,72	7,24 ± 1,13	7,71 ± 0,85
3	+1	-1	25,6	14,6	*5,61 ± 1,38	*5,76 ± 1,41	*5,98 ± 1,20	*5,96 ± 1,50
4	+1	+1	25,6	85,4	*5,96 ± 1,46	*6,02 ± 1,51	*6,04 ± 1,46	*5,93 ± 1,42
5	- 1,414	0	0	50	8,02 ± 0,85	8,45 ± 0,50	7,59 ± 1,14	7,86 ± 0,83
6	1,414	0	30	50	*5,31 ± 1,32	*5,24 ± 1,32	6,24 ± 1,48	*5,86 ± 1,41
7	0	- 1,414	15	0	7,36 ± 1,44	7,18 ± 1,62	6,83 ± 1,40	7,04 ± 1,50
8	0	1,414	15	100	*7,15 ± 1,18	7,13 ± 1,23	6,98 ± 1,42	*6,31 ± 1,55
9	0	0	15	50	*6,55 ± 1,64	*6,47 ± 1,62	6,64 ± 1,40	*6,76 ± 1,42
10	0	0	15	50	*6,50 ± 1,46	*6,70 ± 1,66	6,64 ± 1,48	7,13 ± 1,18
11	0	0	15	50	*6,90 ± 1,53	*6,92 ± 1,43	6,89 ± 1,29	6,92 ± 1,63
<b>12</b>	<b>Padrão</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>8,09 ± 0,78</b>	<b>7,80 ± 1,10</b>	<b>7,04 ± 1,54</b>	<b>7,70 ± 1,18</b>

\* Diferem significativamente ( $p \leq 0,05$ ) da formulação padrão.

\*\*X1= % Resíduo fibroso de casca de maracujá

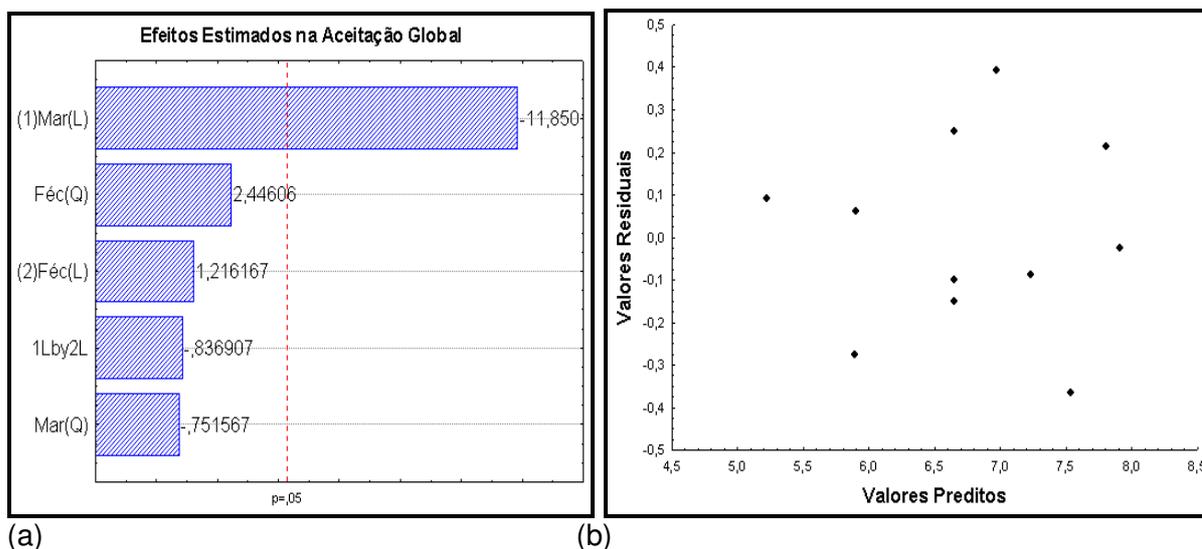
\*\*\*X2 = % Fécula de mandioca

A avaliação através do erro puro e da soma quadrática residual possibilitou a análise dos efeitos estimados, de cada fator, sobre as respostas estudadas. Sendo importante ressaltar que, o efeito estimado indica o quanto cada fator influência na resposta estudada, pois quanto maior o seu valor, maior é a sua influência. Para os parâmetros linear e quadrático, um efeito positivo indica que o aumento da variável

provoca um aumento na resposta, assim como, o efeito negativo demonstra que um aumento na variável pode diminuir a resposta. Além disso, os efeitos positivos e negativos para o parâmetro quadrático, também podem caracterizar a existência de uma região de máximo ou mínimo, ou seja, quando o efeito quadrático for negativo a superfície de resposta terá concavidade voltada para baixo (máximo) e, quando for positivo terá concavidade voltada para cima (mínimo) (NETO et. al., 1996).

### 4.3.1 Aceitação global

Os resultados do erro puro e soma quadrática residual para o teste de aceitação global são apresentados nas Tabelas A.1 e A.2 do Apêndice A. Na Figura 20, observa-se graficamente os efeitos estimados através do gráfico de pareto e, também, a distribuição aleatória dos resíduos.



**Figura 20** (a) Gráfico de pareto e (b) distribuição aleatória dos resíduos para os efeitos estimados do teste de aceitação global.

Estes dados indicam que apenas o efeito linear do resíduo de maracujá foi significativo, ao nível de 95% de confiança ( $p \leq 0,05$ ), sugerindo que, o aumento da concentração do resíduo de maracujá diminui a aceitação global dos biscoitos. Ainda segundo os dados encontrados, pode-se observar que a fécula de mandioca não exerceu efeito significativo sobre essa resposta, sugerindo-se que a substituição de amido de milho por fécula de mandioca pode ser realizada sem prejuízo a aceitação global do produto.

Após a eliminação dos parâmetros não significativos como: resíduo de maracujá quadrático ( $Mar_{(Q)}$ ), fécula de mandioca linear e quadrática ( $Fec_{(L e Q)}$ ) e

efeito de interação entre eles (1Lby2L), foi aplicada a análise de variância (ANOVA) e verificada a significância da regressão e da falta de ajuste, ao nível de 95% de confiança ( $p \leq 0,05$ ), utilizando o teste F para validar o modelo (Tabela 19).

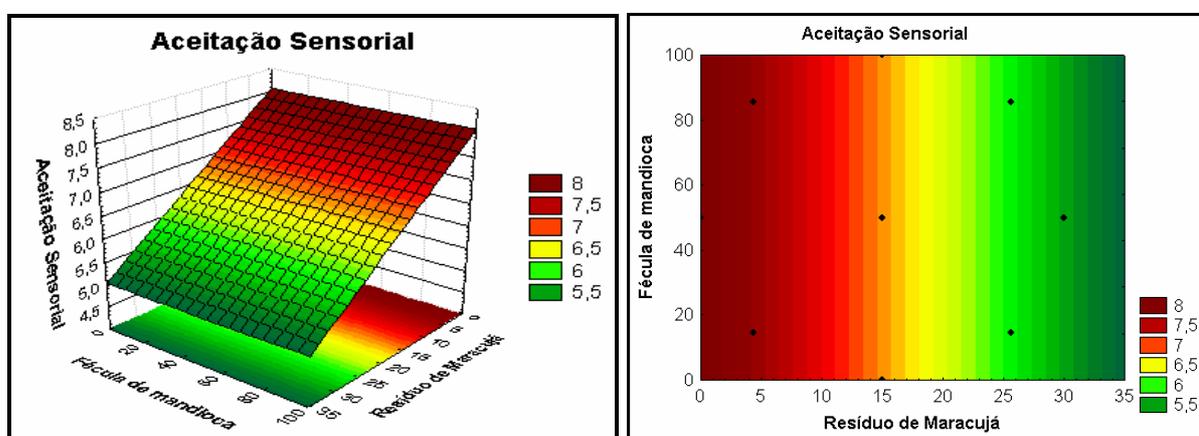
**Tabela 19** Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para a variação da aceitação global dos biscoitos.

Fonte de Variação	SQ	GL	MQ	F <sub>calculado</sub>	F <sub>tabelado</sub> ( $p \leq 0,05$ )	R <sup>2</sup>
Regressão	6,6946	1	6,6946	37,07	5,12	0,87
Resíduos	1,0256	9	0,1806			
F.Ajuste	0,9303	7	0,1329	2,79	19,37	
E.Puro	0,0953	2	0,0477			
Total	7,7201	10				

SQ: soma quadrática GL: graus de liberdade MQ: média quadrática

O coeficiente de determinação da regressão ( $R^2$ ) = 0,87 para o modelo indica que ele explica 87% da variação dos dados observados. Segundo Neto et. al. (1996) e Khuri e Cornell (1996) o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) mede a proporção da variação total da resposta que é explicada pelo modelo. Desse modo, quanto maior o  $R^2$ , isto é, quanto mais próximo de 1, menor será o erro e melhor o ajuste.

O valor do  $F_{cal}$  (37,07) da regressão foi 7,24 vezes maior que o  $F_{tab}$  (5,12), indicando que o modelo é preditivo. Além disso, a falta de ajuste não foi significativa ( $F_{cal} < F_{tab}$ ), demonstrando que os dados experimentais ajustaram-se bem ao modelo obtido. O modelo proposto para representar a variação da aceitação sensorial é o seguinte: **AS = 8,059315 - 0,086273 .(X<sub>1</sub>)**. Onde: AS = Aceitação Sensorial e X<sub>1</sub>= Resíduo de maracujá. Na Figura 21 observa-se a superfície de resposta linear e as curvas de nível geradas através desse modelo.

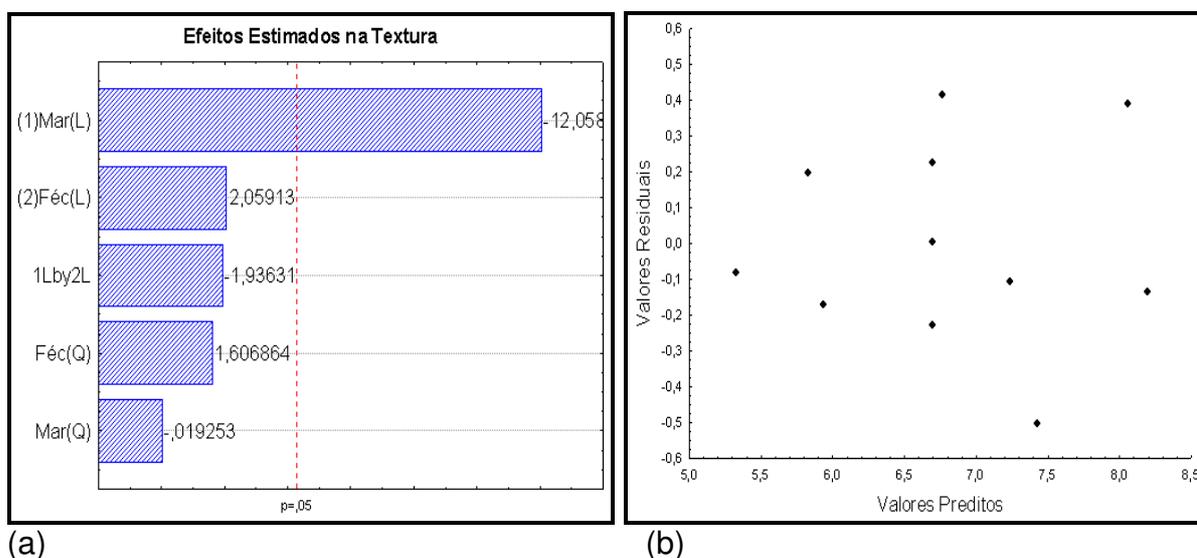


**Figura 21** (a) Superfície de resposta linear e (b) curvas de nível para a variação da resposta aceitação global dos biscoitos.

Através do modelo proposto observou-se que a adição de até 5,3% de resíduo fibroso de maracujá é bem aceita pelos provadores, fato este que pode possibilitar a utilização desta matéria-prima no processamento de biscoitos.

### 4.3.2 Textura

Os resultados obtidos através da análise do erro puro e soma quadrática residual para o teste de aceitação de textura são apresentados nas Tabelas A3 e A4 do Apêndice A. Para este parâmetro apenas o efeito linear do fator resíduo de maracujá exerceu efeito significativo ao nível de 95% de confiança ( $p \leq 0,05$ ) (Figura 22). Observa-se que o aumento da concentração de resíduo de maracujá influencia na textura sensorial dos biscoitos diminuindo aceitação deste parâmetro, ao contrário da fécula de mandioca que não apresentou efeito significativo ( $p > 0,05$ ). Os resultados da ANOVA, obtidos após a exclusão dos efeitos não significativos, são apresentados na Tabela 20.



**Figura 22** (a) Gráfico de pareto e (b) distribuição aleatória dos resíduos para os efeitos estimados do teste de aceitação sensorial de textura.

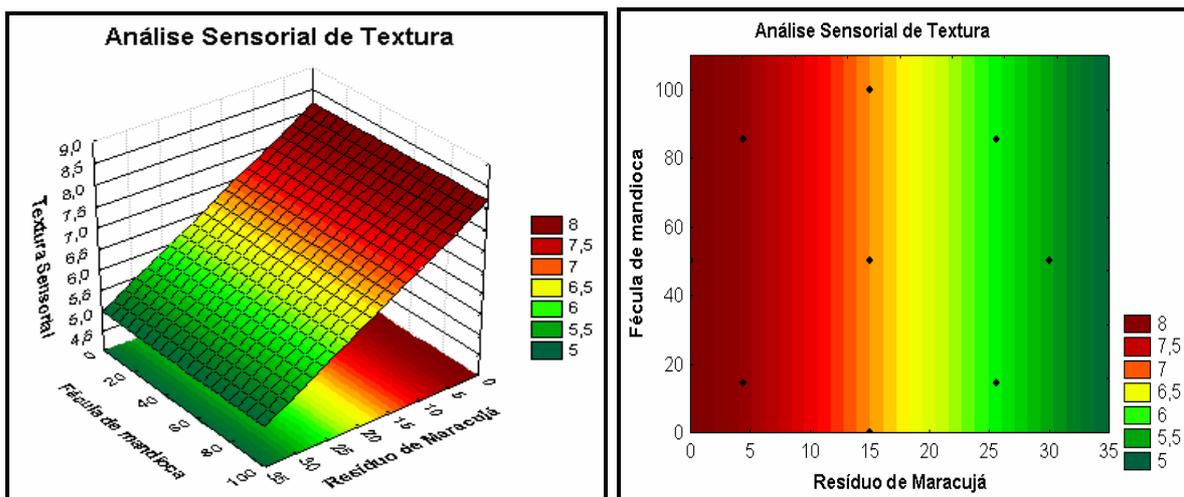
**Tabela 20** Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para a análise sensorial de textura.

Fonte de Variação	SQ	GL	MQ	F <sub>calculado</sub>	F <sub>tabelado</sub> ( $p \leq 0,05$ )	R <sup>2</sup>
Regressão	7,4713	1	7,4713	32,68	5,12	0,85
Resíduos	1,3431	9	0,2286			
F.Ajuste	1,2403	7	0,1772	3,45	19,37	
E.Puro	0,1028	2	0,0514			
Total	8,8144	10				

SQ: soma quadrática GL: graus de liberdade MQ: média quadrática

Observa-se que o modelo apresentou regressão significativa ( $p \leq 0,05$ ). ( $F_{cal} > F_{tab}$ ) e explica 85% a variação dos dados experimentais ( $R^2 = 0,85$ ). O  $F_{cal}$  da regressão foi 6,38 vezes maior que o  $F_{tab}$ , indicando que o modelo também é preditivo. Além disso, os dados experimentais ajustaram-se bem a este modelo, pois a falta de ajuste não foi significativa ( $F_{cal} < F_{tab}$ ). O modelo proposto para representar a variação da textura sensorial é o seguinte:  $T = 8,171951 - 0,091140 \cdot (X_1)$ . Onde: T = Textura Sensorial e  $X_1$  = Resíduo de maracujá

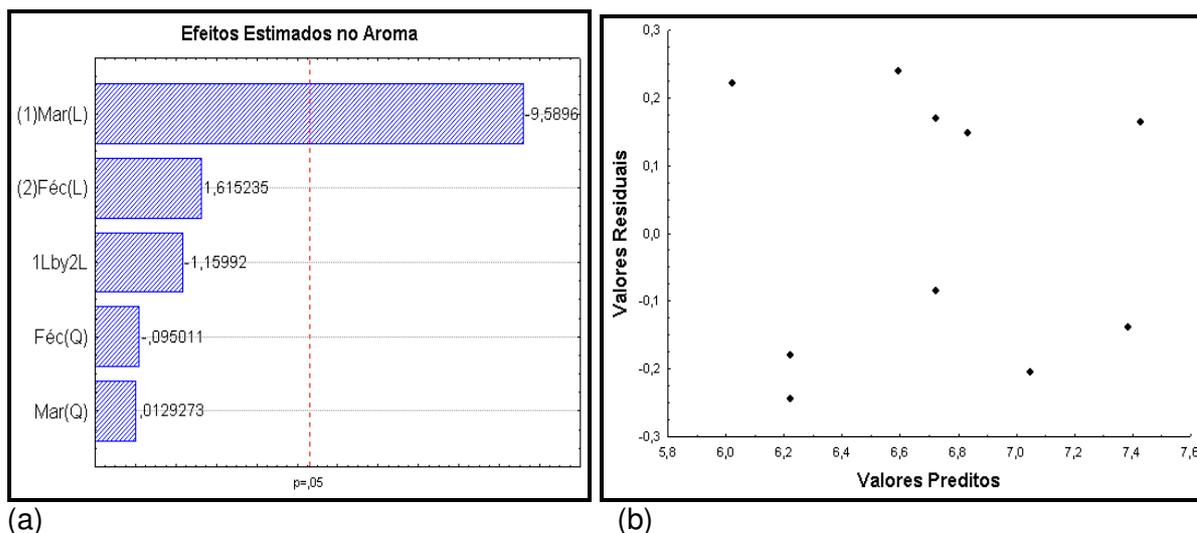
A Figura 23 apresenta a superfície de resposta e as curvas de nível da análise de efeitos. Nesta, observa-se o efeito do aumento da concentração de maracujá na diminuição da textura sensorial. Concentrações de no máximo 6,3% de resíduo de maracujá podem ser empregadas na formulação de biscoitos, sem causar grandes prejuízos na aceitação deste parâmetro.



(a) Superfície de resposta linear e (b) curvas de nível para a variação da resposta textura.

### 4.3.3 Aroma

Os resultados dos dados experimentais para o teste de aceitação do aroma são apresentados nas Tabelas A.5 e A.6 do Apêndice A. Observa-se que o resíduo de maracujá exerceu um efeito linear significativo ( $p \leq 0,05$ ) sobre a resposta aroma (Figura 24). A variável fécula de mandioca não proporcionou efeito significativo ( $p > 0,05$ ) na aceitação do aroma.



**Figura 24** (a) Gráfico de pareto e (b) distribuição aleatória dos resíduos para os efeitos estimados do teste de aceitação sensorial de aroma.

Os resultados da ANOVA, utilizada para analisar os dados significativos, e do teste F para validar o modelo são apresentados na Tabela 21.

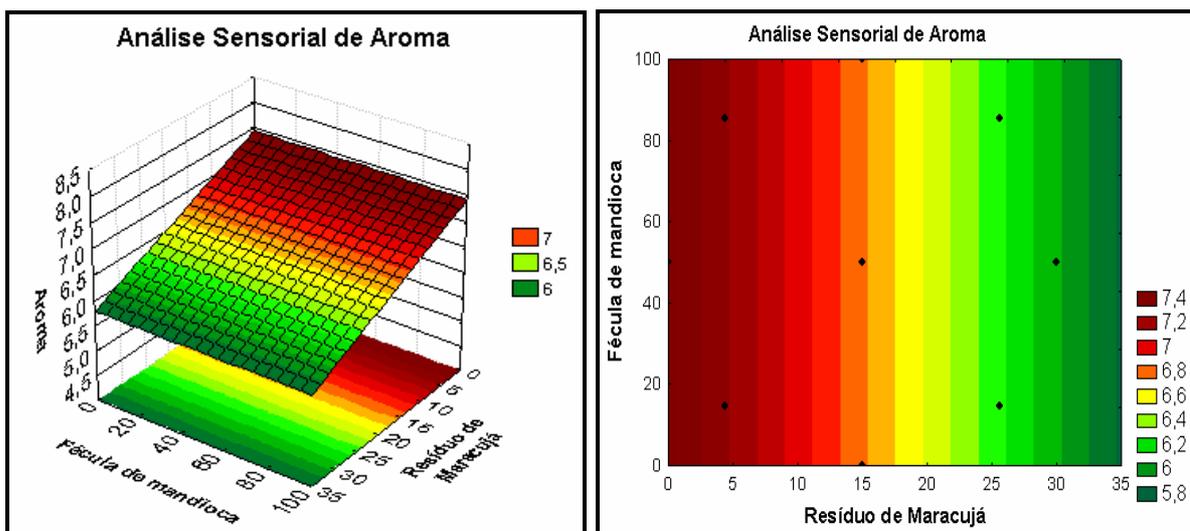
**Tabela 21** Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para o teste de aceitação sensorial de aroma.

Fonte de Variação	SQ	GL	MQ	F <sub>calculado</sub>	F <sub>tabelado</sub> ( $p \leq 0,05$ )	R <sup>2</sup>
Regressão	1,9717	1	1,9717	25,43	5,12	0,82
Resíduos	0,4356	9	0,0775			
F.Ajuste	0,3928	7	0,0561	2,62	19,37	
E.Puro	0,0429	2	0,0214			
Total	2,4073	10				

SQ: soma quadrática GL: graus de liberdade MQ: média quadrática

Obeve-se uma regressão significativa no nível de 95% de confiança ( $F_{cal}=25,43$  e o  $F_{tab}=5,12$ ) e  $R^2$  igual a 0,82, evidenciando que o modelo explicou 82% a variação dos dados experimentais. O  $F_{cal}$  (25,43) da regressão foi 4,97 vezes maior que o  $F_{tab}$  (5,12), indicando que o modelo é preditivo. A falta de ajuste não foi significativa, ( $F_{cal}=2,62$  e  $F_{tab}=19,37$ ), demonstrando que os dados experimentais ajustaram-se bem ao modelo obtido. O modelo proposto para representar a variação da textura sensorial é o seguinte: **AR = 7,423324 - 0,046820 .(X<sub>1</sub>)**. Onde: AR = Aroma Sensorial e X<sub>1</sub> = Resíduo de maracujá

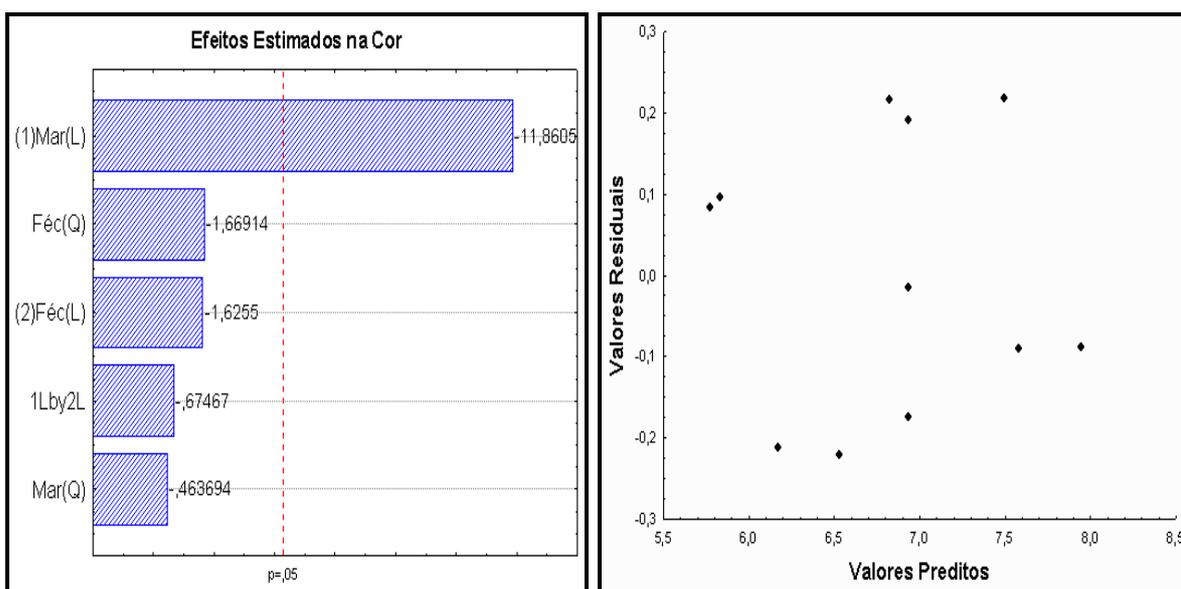
A Figura 25 apresenta a superfície de resposta e as curvas de nível para a resposta aroma. Observa-se graficamente o efeito do aumento da concentração dos resíduos na redução da aceitabilidade do aroma. Utilizando o modelo proposto pode-se sugerir que o limite máximo para a adição de resíduo de maracujá é de 9%.



(a) (b)  
**Figura 25** (a) Superfície de resposta linear e (b) curvas de nível para a variação da resposta aroma.

#### 4.3.4 Cor

Os resultados dos efeitos dos dados experimentais do teste de aceitação sensorial da cor podem ser observados nas Tabelas A.7 e A.8 do Apêndice A. A Figura 26 apresenta graficamente o efeito linear significativo ( $p \leq 0,05$ ) da variável resíduo de maracujá e a distribuição aleatória de resíduos. Considerando os valores dos efeitos estimados para o erro puro e residual observa-se que o aumento na concentração do resíduo reduz a aceitação sensorial da cor dos biscoitos.



(a) (b)  
**Figura 26** (a) Gráfico de pareto e (b) distribuição aleatória dos resíduos para os efeitos estimados do teste de aceitação sensorial da cor.

O efeito linear do resíduo de maracujá foi analisado pela ANOVA (Tabela 22). Observou-se que a regressão foi significativa ( $p \leq 0,05$ ), sendo o valor do  $F_{\text{calculado}}$  9,87 vezes superior ao  $F_{\text{tabelado}}$  e o  $R^2$  igual a 0,91. Portanto o modelo explicou 91% a variação dos dados experimentais e é preditivo. Além disso, a falta de ajuste não foi significativa, pois o  $F_{\text{calculado}}$  foi menor que o  $F_{\text{tabelado}}$ .

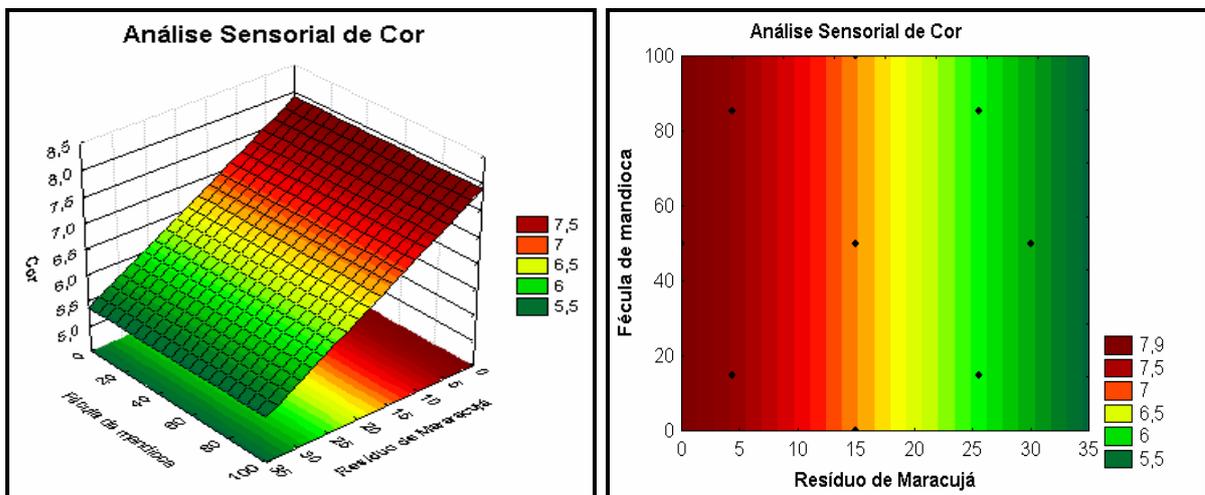
**Tabela 22** Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para a análise sensorial de cor.

Fonte de Variação	SQ	GL	MQ	$F_{\text{calculado}}$	$F_{\text{tabelado}}$ ( $p \leq 0,05$ )	$R^2$
Regressão	4,7126	1	4,7126	50,62	5,12	0,91
Resíduos	0,4842	9	0,0931			
F.Ajuste	0,4172	7	0,0596	1,78	19,37	
E.Puro	0,0670	2	0,0335			
Total	5,1968	10				

SQ: soma quadrática GL: graus de liberdade MQ: média quadrática

O modelo proposto para representar a variação do teste de aceitação sensorial da cor é o seguinte:  $C = 7,900689 - 0,072384 \cdot (X_1)$ . Onde: C = Cor Sensorial e R = Resíduo de maracujá.

A Figura 27 representa a superfície de resposta e as curvas de nível para o parâmetro de avaliação sensorial da cor, nela evidencia-se graficamente o efeito do aumento da concentração de resíduo de maracujá na diminuição da aceitação da cor. Através do modelo proposto considera-se que a adição de até 5,5% de resíduo é bem aceita pelos provadores.



(a) Superfície de resposta linear e (b) curvas de nível para a variação sensorial de cor.

Considerando todos os resultados obtidos com os testes de aceitação (aceitação global, textura, aroma e cor) concluiu-se que 5% foi a concentração máxima de resíduo fibroso de maracujá, que pôde ser adicionada na formulação dos biscoitos, sem alterar as características estudadas de forma indesejável.

Outros autores também obtiveram bons resultados com adição de fibras em biscoitos. No estudo de Vieira (2006), por exemplo, a utilização de 10% de farinha de palmeira-real, na suplementação de farinha de trigo, produziu biscoitos aceitáveis em relação à aceitabilidade global e intenção de compra, além de proporcionar o aumento de fibra alimentar total no produto.

Bueno (2005), ao estudar a adição de farinha de nêspera em biscoitos, observou que a adição de até 10% desta matéria prima não exerce efeito na qualidade sensorial do produto. No estudo de Ascheri et. al. (2007) os biscoitos com melhores níveis de aceitação, entre os julgadores, foram aqueles elaborados com níveis de substituição de até 10% de farinha de bagaço fermentado de jabuticaba. A substituição de 15%, embora tenha sido escolhida pela aparência e cor, não foi considerada adequada para elaboração de biscoitos, pois afetou negativamente o sabor do produto.

Com relação ao amido, os resultados demonstraram que a fécula de mandioca pode substituir totalmente o amido de milho, sem influenciar nas características sensoriais avaliadas.

#### 4.4 EFEITO DA ADIÇÃO DO RESÍDUO FIBROSO DE MARACUJÁ E FÉCULA DE MANDIOCA NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS BISCOITOS

Neste item são apresentados os resultados obtidos com as análises físicas dos biscoitos com diferentes concentrações de resíduo de maracujá e fécula de mandioca. Os valores médios e desvio-padrão dos parâmetros estudados podem ser observados na Tabela B.1 do Apêndice B.

#### 4.4.1 Umidade e Atividade de Água

Os resultados da análise estatística aplicada aos dados experimentais para a resposta umidade são apresentados nas Tabelas B.2 e B.3 do Apêndice B. Os resultados analisados pelo erro puro e soma quadrática residual indicam que os fatores estudados não exerceram efeito significativo na resposta umidade ao nível de 95% de confiança ( $p > 0,05$ ).

No entanto, sugere-se que, dentro de um limite de confiança de 90% ( $p = 0,07$  para erro puro e  $p = 0,08$  para soma quadrática residual) o efeito linear do resíduo de maracujá pode influenciar positivamente a umidade do produto, ou seja, quanto maior a concentração de resíduo maior seria a umidade do produto. Porém, com um  $R^2$  de 0,50 este efeito não foi considerado importante.

Os resultados estatísticos obtidos, pelo erro puro e soma quadrática residual, para a resposta atividade de água ( $a_w$ ), são apresentados nas Tabelas B.4 e B.5 do Apêndice B. Conforme pode ser observado os fatores estudados não exerceram efeito significativo ( $p > 0,05$ ) na resposta atividade de água, ao nível de 95% de confiança.

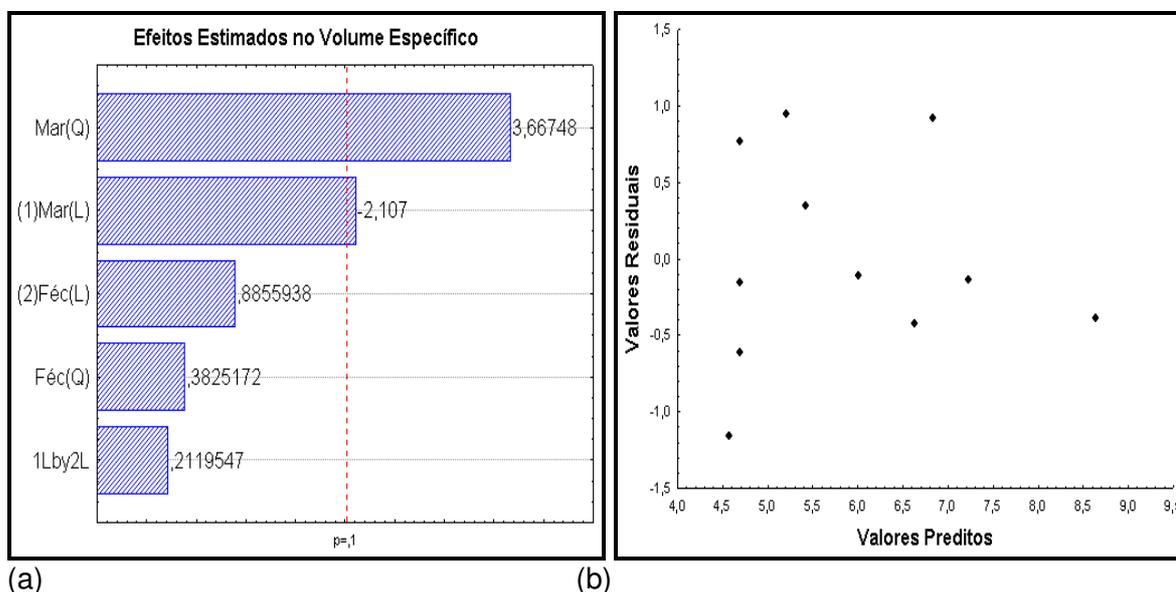
Neste sentido sugere-se que, estudos com faixas de concentração mais ampla poderiam demonstrar com mais significância, os efeitos de umidade e  $a_w$ . Caso contrário evidencia-se que, outros fatores podem ter mais influência do que a quantidade de resíduo e/ou fécula utilizados, como por exemplo, a relação tempo/temperatura de forneamento.

#### 4.4.2 Volume Específico

Os resultados da análise estatística aplicada aos dados experimentais para a resposta volume específico são apresentados nas Tabelas B.6 e B.7 do Apêndice B. Considerando o erro puro e a soma quadrática residual, o efeito quadrático do resíduo de maracujá foi significativo ( $p \leq 0,05$ ).

O efeito linear do resíduo de maracujá, para o erro puro e soma quadrática residual, foi significativo dentro de um limite de 90% de confiança ( $p = 0,1038$  e  $p = 0,0889$ , respectivamente) (Figura 28). Sendo importante ressaltar que este efeito,

nesta faixa de significância, ainda pode ser considerado importante e, por isso, foi incluído entre os efeitos significativos.



**Figura 28** (a) Gráfico de pareto e (b) distribuição aleatória dos resíduos para os efeitos estimados do volume específico.

O fato da variável fécula de mandioca não exercer efeito significativo ( $p > 0,05$ ) evidencia que, a substituição de amido de milho por esta fonte amilácea é possível, pois não altera as características de volume, dispensando o custo com novas embalagens. Este resultado pode ser justificado pela menor capacidade de expansão proporcionada pelo polvilho doce, uma vez que, o polvilho azedo é o que apresenta maior capacidade de expansão (FRANCO et. al., 2002; BERTOLINI et al., 2001).

Os efeitos significativos foram analisados pela ANOVA e o modelo validado pelo teste F, conforme pode ser observado na Tabela 23.

**Tabela 23.** Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para a análise de volume específico.

Fonte de Variação	SQ	GL	MQ	F <sub>calculado</sub>	F <sub>tabelado</sub> ( $p \leq 0,05$ )	R <sup>2</sup>
Regressão	16,6540	2	8,327	12,2312	4,46	0,75
Resíduos	5,4463	8	0,6808			
F.Ajuste	4,4540	6	0,74234	1,4963	19,33	
E.Puro	0,9923	2	0,49613			
Total	22,1003	10				

SQ: soma quadrática GL: grau de liberdade MQ: média quadrática

Observa-se que a regressão foi significativa ( $p \leq 0,05$ ) evidenciando que o modelo explicou 75% da variação dos dados experimentais. A falta de ajuste não foi significativa ( $F_{cal} = 1,49 < F_{tab} = 19,33$ ), demonstrando que os dados experimentais ajustaram-se bem ao modelo obtido. No entanto, o  $F_{cal}$  (12,2) da regressão foi apenas 2,74 vezes maior que o  $F_{tab}$  (4,46), por isso o modelo não pode ser preditivo.

O modelo proposto para representar a variação do volume específico é o seguinte:  $VE = 8,6976 - 0,4480 \cdot (X_1) + 0,0127 \cdot (X_1^2)$ . Onde: VE = Volume Específico e  $X_1$  = Resíduo de maracujá

Diante disso, o modelo proposto para representar a variação dos dados experimentais pode, somente, ser utilizado como modelo de tendência, sugerindo que quanto maior a adição de resíduo de maracujá menor será o volume dos biscoitos.

#### 4.4.3 Rendimento

Os resultados dos dados experimentais para a resposta rendimento são apresentados nas Tabelas B.8 e B.9 do Apêndice B. O efeito linear do resíduo de maracujá foi considerado significativo ( $p \leq 0,05$ ), considerando-se que, quanto maior a concentração de resíduo de maracujá menor é o rendimento (Figura 29). Ao contrário da fécula de mandioca que não exerceu efeito significativo ( $p > 0,05$ ) sobre o rendimento dos biscoitos.

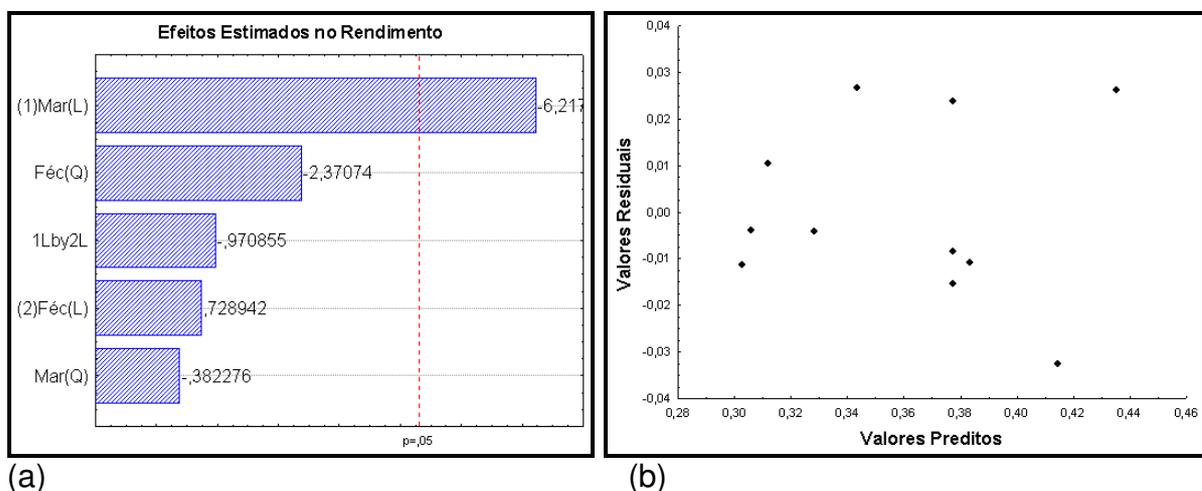


Figura 29 (a) Gráfico de pareto e (b) distribuição aleatória dos resíduos para os efeitos estimados do rendimento.

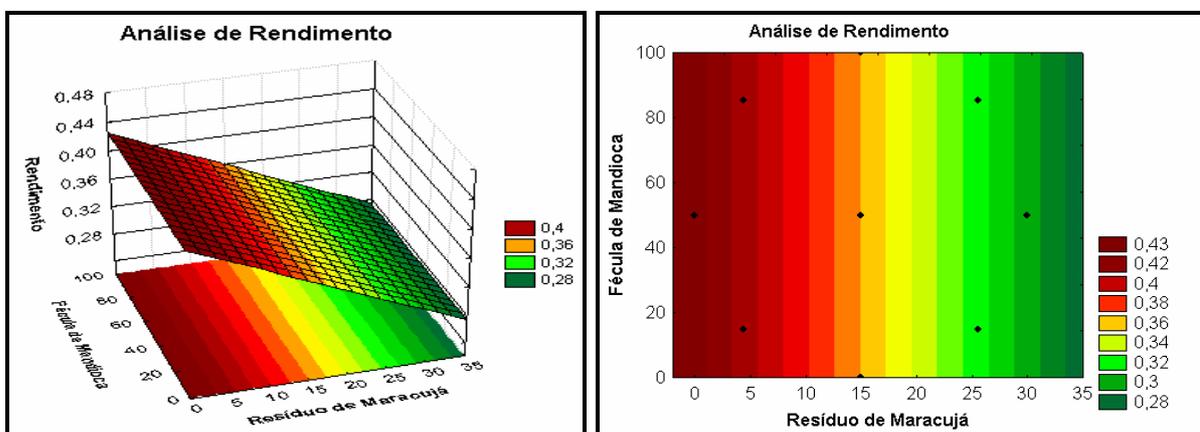
Na Tabela 24 observa-se que o modelo obtido apresentou regressão significativa ( $p \leq 0,05$ ) com  $R^2$  igual a 0,71. Este resultado demonstra que modelo pode explicar 71% da variação dos dados experimentais. O  $F_{cal}$  (22,04) da regressão foi 4,2 vezes maior que o  $F_{tab}$  (5,12), indicando que o modelo, também, é preditivo. Como a falta de ajuste não foi significativa ( $F_{cal} < F_{tab}$ ), considera-se que os dados experimentais ajustaram-se bem ao modelo obtido. O modelo proposto para representar a variação do rendimento é o seguinte: **RE = 0,4245 - 0,0043 .(X<sub>1</sub>)**. Onde: RE = Rendimento e X<sub>1</sub> = Resíduo de maracujá.

Utilizando o modelo para prever outros pontos observou-se que a concentração de 5% corresponde a um rendimento de 0,40 (valor equiparado ao da formulação padrão). No entanto, quando este valor aumenta para 30% o rendimento cai para 0,29 (valor inferior ao da formulação padrão). Então, considerando os resultados obtidos pela análise sensorial, sugere-se que 5% de resíduo de maracujá é satisfatório, tanto para a resposta sensorial, como para a resposta rendimento. A Figura 30 representa a superfície de resposta e as curvas de nível para o parâmetro rendimento.

**Tabela 24.** Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para a análise de rendimento.

Fonte de Variação	SQ	GL	MQ	F <sub>calculado</sub>	F <sub>tabelado</sub> ( $p \leq 0,05$ )	R <sup>2</sup>
Regressão	0,0168	1	0,0168	22,04	5,12	0,71
Resíduos	0,0068	9	0,0008			
F.Ajuste	0,0060	7	0,0009	1,97	19,37	
E.Puro	0,0009	2	0,0004			
Total	0,0236	10				

SQ: soma quadrática GL: graus de liberdade MQ: média quadrática



**Figura 30** (a) Superfície de resposta linear e (b) curvas de nível da análise de rendimento.

#### 4.4.4 Diâmetro, Espessura, Fator de Expansão e Cor Instrumental

Os resultados obtidos para a resposta diâmetro podem ser observados nas Tabelas B.10 e B.11 do Apêndice B. Observa-se que o efeito linear do resíduo de maracujá foi significativo ( $p \leq 0,05$ ), tanto pelo erro puro como pela soma quadrática residual, evidenciando que quanto maior a concentração de resíduo menor o diâmetro. O efeito quadrático do resíduo de maracujá, apesar de ser significativo ( $p \leq 0,05$ ) apenas pelo erro puro, foi considerado importante, sendo utilizado no cálculo da ANOVA.

Na Tabela 25 observam-se os resultados da ANOVA. O modelo obtido pela regressão foi considerado significativo ( $p \leq 0,05$ ), pois explica 78% a variação dos dados experimentais e a falta de ajuste não foi significativa ( $F_{cal} = 5,26 < F_{tab} = 19,33$ ). Porém, este modelo não é preditivo, pois o  $F_{cal}$  (14,03) foi apenas 3,15 vezes maior que o  $F_{tab}$  (4,46), sendo utilizado somente como modelo de tendência.

**Tabela 25.** Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para a análise de diâmetro.

Fonte de Variação	SQ	GL	MQ	$F_{calculado}$	$F_{tabelado}$ ( $p \leq 0,05$ )	$R^2$
Regressão	16,3933	2	8,1967	14,03	4,46	0,78
Resíduos	4,6745	8	0,5843			
F.Ajuste	4,3957	6	0,7326	5,26	19,33	
E.Puro	0,2788	2	0,1394			
Total	21,0679	10				

SQ: soma quadrática GL: graus de liberdade MQ: média quadrática

O modelo utilizado para representar a variação do diâmetro é o seguinte:  $D = 32,3001 - 0,2754 \cdot (X_1) + 0,0050 \cdot (X_1^2)$ . Onde: D = Diâmetro e  $X_1$  = Resíduo de maracujá.

Os resultados dos dados experimentais, obtidos pelo erro puro e soma quadrática residual, para a resposta espessura são apresentados nas Tabelas B.12 e B.13 do Apêndice B. Analisando os efeitos observa-se que, o fator resíduo de maracujá linear exerceu efeito significativo ( $p \leq 0,05$ ) sobre a espessura dos biscoitos.

O efeito de interação, entre o resíduo e a fécula, foi significativo ( $p \leq 0,05$ ) na soma quadrática residual, porém a significância pelo erro puro foi ao nível de 90%

de confiança. Mesmo assim, foi considerado um efeito importante sendo utilizado no cálculo da ANOVA.

A Tabela 26 demonstra os resultados da ANOVA. O modelo da regressão foi significativo ( $p \leq 0,05$ ) e explicou 75% da variação dos dados experimentais. Além disso, não houve falta de ajuste significativa ( $F_{cal} = 1,24 < F_{tab} = 19,33$ ). No entanto, o  $F_{cal}$  foi apenas 2,7 vezes maior que o  $F_{tab}$  indicando que o modelo não pode ser preditivo, sendo considerado, também, como modelo de tendência.

**Tabela 26.** Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para a análise de espessura.

Fonte de Variação	SQ	GL	MQ	F <sub>calculado</sub>	F <sub>tabelado</sub> ( $p \leq 0,05$ )	R <sup>2</sup>
Regressão	1,8544	2	0,9272	12,18	4,46	0,75
Resíduos	0,6092	8	0,0761			
F.Ajuste	0,4802	6	0,0800	1,24	19,33	
E.Puro	0,1290	2	0,0645			
Total	2,4636	10				

SQ: soma quadrática GL: graus de liberdade MQ: média quadrática

O modelo proposto para representar a variação do volume específico é o seguinte:  $E = 5,8174 - 0,0220 \cdot (X_1) - 0,0003 \cdot (X_1) \cdot (X_2)$ . Onde: E = Espessura;  $X_1$  = Resíduo de maracujá e  $X_2$  = Fécula de mandioca.

Os resultados obtidos para a resposta fator de expansão podem ser observados nas Tabelas B.14 e B.15 do Apêndice B. Observa-se que o fator resíduo de maracujá quadrático e a interação entre os dois fatores podem ser significativos, apenas quando se considera o nível de 90% de confiança. Além disso, o R<sup>2</sup> de 0,67 não foi considerado satisfatório. Por isso, esses efeitos não foram considerados importantes, sugerindo-se que, as variáveis estudadas não exerçam efeitos significativos ( $p > 0,05$ ) na resposta fator de expansão.

O resultado dos dados experimentais obtidos pelo erro puro e soma quadrática residual para os parâmetros de cor L, a e b podem ser observados, respectivamente, nas Tabelas B.16, B.17, B.18, B.19, B.20 e B.21 do Apêndice B. Nestas, observa-se que os fatores estudados não exerceram efeitos significativos ( $p > 0,05$ ) sobre os parâmetros de cor L, a e b, além disso, os valores de R<sup>2</sup> igual a 0,41, 0,21 e 0,54 (respectivamente) não foram satisfatórios.

Considerando-se todos os parâmetros físicos estudados (umidade,  $a_w$ , volume específico, rendimento, diâmetro, espessura, fator expansão e cor instrumental) observou-se que o resíduo fibroso de maracujá exerceu efeito significativo ( $p \leq 0,05$ ) sob maioria das variáveis. Evidenciando-se que, a adição de resíduo diminuiu o volume, rendimento, diâmetro e espessura do produto.

O rendimento foi considerado o parâmetro físico mais sensível a variações na concentração de resíduo. Sendo importante ressaltar que, o resultado obtido, através da análise estatística aplicada aos dados experimentais, foi semelhante ao encontrado pelos testes de aceitação, ou seja, que a proporção ideal de resíduo é 5%.

Com relação a fécula de mandioca observou-se que, de um modo geral, a adição desta matéria prima não exerceu influência significativa ( $p > 0,05$ ) sobre os parâmetros físicos estudados.

#### 4.5 ESTABILIDADE FÍSICA E SENSORIAL DOS BISCOITOS COM RESÍDUO FIBROSO DE MARACUJÁ E FÉCULA DE MANDIOCA

A estabilidade é uma característica extremamente desejável em alimentos. Ao adquirir um produto, o consumidor deseja que ele mantenha a sua qualidade pelo maior tempo possível, tanto do ponto de vista sensorial, quanto microbiológico. No entanto, os alimentos são formados por diversos componentes que estão sujeitos às variações das condições ambientais e, conseqüentemente, a uma série de alterações que podem resultar na perda de qualidade e até na sua completa deterioração.

Neste sentido, este item apresenta o estudo da estabilidade física e sensorial dos biscoitos armazenados, em diferentes condições de temperatura. São apresentados e discutidos os resultados da estabilidade nos biscoitos padrão (0% de resíduo e 30% de amido de milho, em relação à 100g de farinha de trigo) e otimizado (5% de resíduo de maracujá e 30% de fécula de mandioca, em relação à 100g de farinha de trigo).

#### 4.5.1 Teste de Aceitação

Os resultados obtidos com os testes de aceitação podem ser observados nas Tabelas 27 e 28. Nestas estão descritos os valores médios de aceitação global e de aceitação de textura, respectivamente.

**Tabela 27.** Valores médios obtidos com o teste de aceitação global, para os biscoitos com resíduo de maracujá (otimizado) e sem resíduo de maracujá (padrão)

Tempo (dias)	Biscoito	Aceitação Global		
		25°C	35°C	45°C
1	Otimizado	7,84 <sup>a</sup>	7,84 <sup>e</sup>	7,84 <sup>a</sup>
	Padrão	8,20 <sup>ghijlm</sup>	8,20 <sup>acd</sup>	8,20 <sup>b</sup>
7	Otimizado	7,76 <sup>b</sup>	7,78 <sup>f</sup>	7,83 <sup>c</sup>
	Padrão	8,00 <sup>no</sup>	8,00 <sup>m</sup>	8,10 <sup>d</sup>
14	Otimizado	7,72 <sup>c</sup>	7,74 <sup>g</sup>	7,78 <sup>e</sup>
	Padrão	---	---	---
21	Otimizado	---	---	---
	Padrão	7,62 <sup>p</sup>	7,69 <sup>n</sup>	7,81 <sup>f</sup>
28	Otimizado	7,61 <sup>d</sup>	7,64 <sup>h</sup>	7,68 <sup>g</sup>
	Padrão	7,44 <sup>q</sup>	7,52 <sup>o</sup>	7,61 <sup>h</sup>
35	Otimizado	7,52 <sup>e</sup>	7,56 <sup>i</sup>	7,61 <sup>i</sup>
	Padrão	7,30 <sup>j</sup>	7,52 <sup>p</sup>	7,52 <sup>j</sup>
42	Otimizado	7,45 <sup>f</sup>	7,48 <sup>i</sup>	7,54 <sup>l</sup>
	Padrão	---	---	---
49	Otimizado	---	---	---
	Padrão	7,12 <sup>ln</sup>	7,35 <sup>q</sup>	7,29 <sup>m</sup>
56	Otimizado	7,30 <sup>h</sup>	7,35 <sup>l</sup>	7,42 <sup>n</sup>
	Padrão	7,11 <sup>m</sup>	7,33 <sup>c</sup>	7,37 <sup>o</sup>
63	Otimizado	7,21 <sup>i</sup>	7,23 <sup>a</sup>	7,27 <sup>p</sup>
	Padrão	7,11 <sup>o</sup>	7,31 <sup>d</sup>	7,32 <sup>q</sup>

\*Letras iguais na mesma coluna diferem significativamente ( $p \leq 0,05$ ).

Observa-se que há 25°C o valor médio inicial do biscoito padrão, tanto para aceitação global (8,20) quanto para aceitação de textura (8,15), foi significativamente ( $p \leq 0,05$ ) diferente dos valores finais obtidos para os biscoitos padrão (7,11; 7,14) e otimizado (7,21; 7,21).

Nas temperaturas de 35°C e 45°C, para o teste de aceitação global e aceitação de textura, não foi observado diferença significativa ( $p > 0,05$ ), entre os valores médios encontrados.

Este comportamento pode ser justificado pela composição físico-química do produto, que atribui certa estabilidade física e, conseqüentemente, maior tempo de vida útil ao mesmo. Neste sentido sugere-se que, o período de 63 dias foi

insuficiente para ocorrência de grandes alterações sensoriais, que pudessem ser percebidas pelos provadores.

**Tabela 28.** Valores médios obtidos com teste de aceitação de textura, para os biscoitos com resíduo de maracujá (otimizado) e sem resíduo de maracujá (padrão).

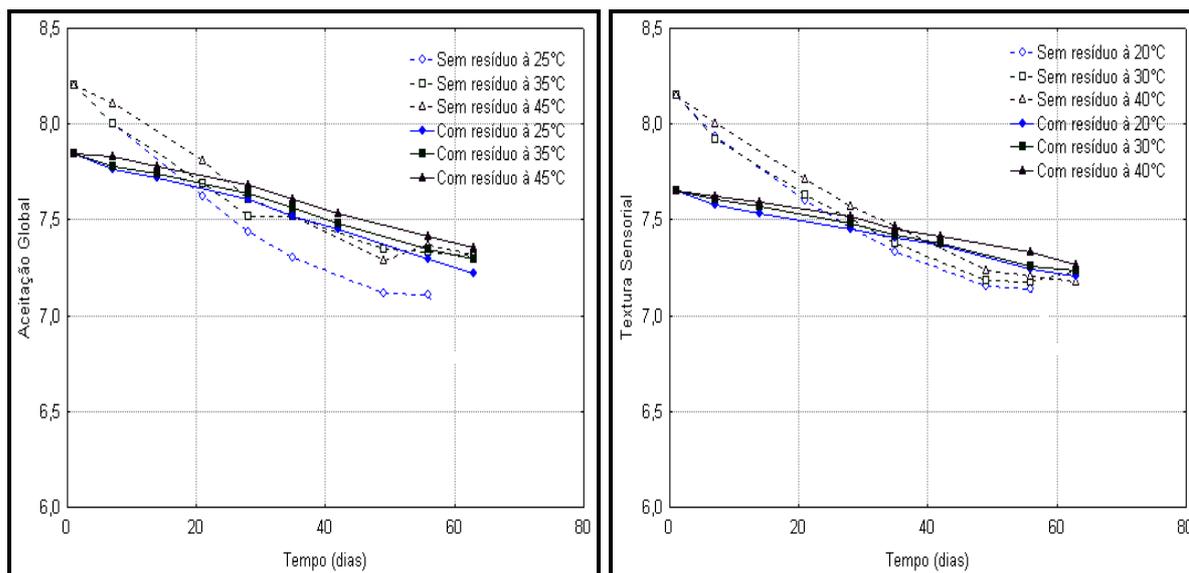
Tempo (dias)	Biscoito	Textura Sensorial		
		25 °C	35 °C	45 °C
1	Otimizado	7,65 <sup>g</sup>	7,65 <sup>a</sup>	7,65 <sup>a</sup>
	Padrão	8,15 <sup>abcde</sup>	8,15 <sup>b</sup>	8,15 <sup>b</sup>
7	Otimizado	7,58 <sup>h</sup>	7,61 <sup>c</sup>	7,63 <sup>c</sup>
	Padrão	7,93 <sup>f</sup>	7,92 <sup>d</sup>	8,00 <sup>d</sup>
14	Otimizado	7,53 <sup>i</sup>	7,57 <sup>e</sup>	7,59 <sup>e</sup>
	Padrão	---	---	---
21	Otimizado	---	---	---
	Padrão	7,60 <sup>n</sup>	7,63 <sup>f</sup>	7,71 <sup>f</sup>
28	Otimizado	7,45 <sup>j</sup>	7,48 <sup>g</sup>	7,52 <sup>g</sup>
	Padrão	7,46 <sup>o</sup>	7,50 <sup>h</sup>	7,57 <sup>h</sup>
35	Otimizado	7,41 <sup>l</sup>	7,42 <sup>i</sup>	7,45 <sup>i</sup>
	Padrão	7,33 <sup>p</sup>	7,38 <sup>j</sup>	7,47 <sup>j</sup>
42	Otimizado	7,37 <sup>m</sup>	7,38 <sup>l</sup>	7,42 <sup>l</sup>
	Padrão	---	---	---
49	Otimizado	---	---	---
	Padrão	7,15 <sup>c</sup>	7,19 <sup>m</sup>	7,23 <sup>m</sup>
56	Otimizado	7,24 <sup>a</sup>	7,26 <sup>n</sup>	7,33 <sup>n</sup>
	Padrão	7,14 <sup>d</sup>	7,17 <sup>o</sup>	7,21 <sup>o</sup>
63	Otimizado	7,21 <sup>b</sup>	7,23 <sup>p</sup>	7,27 <sup>p</sup>
	Padrão	7,14 <sup>q</sup>	7,24 <sup>q</sup>	7,18 <sup>q</sup>

\*Letras iguais na mesma coluna diferem significativamente ( $p \leq 0,05$ ).

Além disso, vale ressaltar que, os biscoitos padrão e otimizado apresentaram comportamento semelhante, fato este que reafirma a possibilidade de utilização do resíduo fibroso de maracujá na formulação do produto.

A Figura 31 apresenta a tendência do comportamento dos biscoitos sem resíduo (padrão) e com resíduo (otimizado), para os parâmetros de aceitação global e textura sensorial, durante o armazenamento à 25 °C, 35 °C e 45 °C,.

Considerando-se os valores dos coeficientes de determinação ( $R^2 > 0,9$ ), observa-se que as médias tanto de aceitação global quanto de aceitação da textura tendem a diminuir com o tempo. Porém, há necessidade de estudos com períodos de avaliação superiores aos aplicados neste trabalho.



(a) (b)  
**Figura 31** (a) Comportamento das médias de aceitação global e (b) aceitação de textura para os biscoitos com e sem resíduo.

#### 4.5.2 Textura instrumental

Os valores médios da força de fratura e da dureza dos biscoitos, com e sem resíduo, podem ser observados nas Tabelas 29 e 30, respectivamente.

Os valores médios da força de fratura, nas temperaturas de 25°C e 35°C não apresentaram diferença significativa ( $p > 0,05$ ). Porém, há 45°C o valor inicial do biscoito otimizado (12,95) foi significativamente ( $p \leq 0,05$ ) diferente do valor obtido para esta amostra no 64<sup>a</sup> dia de armazenamento (8,98).

Considerando a análise de dureza observou-se que, na temperatura de 25°C, os valores médios não apresentaram diferença significativa ( $p > 0,05$ ). Entretanto, à 35°C o valor inicial (14,09) do biscoito otimizado foi significativamente ( $p \leq 0,05$ ) diferente dos valores finais (10,72; 10,85 e 10,51) dos biscoitos padrão e otimizado. À 45°C os valores iniciais do biscoito otimizado (14,09; 13,54 e 12,9) também foram significativamente ( $p \leq 0,05$ ) diferentes dos valores finais, tanto do biscoito padrão quanto do otimizado.

**Tabela 29.** Valores médios de força de fratura dos biscoitos com e sem resíduo de maracujá.

Tempo (dias)	Biscoito	Força de Fratura (N)		
		25 °C	35 °C	45 °C
1	Otimizado	12,95 <sup>a</sup>	12,95 <sup>a</sup>	12,95 <sup>ab</sup>
	Padrão	11,72 <sup>f</sup>	11,72 <sup>b</sup>	11,7 <sup>e</sup>
9	Otimizado	12,61 <sup>d</sup>	12,59 <sup>c</sup>	12,45 <sup>d</sup>
	Padrão	11,6 <sup>g</sup>	11,5 <sup>d</sup>	11,39 <sup>f</sup>
15	Otimizado	12,15 <sup>e</sup>	12,01 <sup>e</sup>	12,11 <sup>g</sup>
	Padrão	----	----	----
22	Otimizado	----	----	----
	Padrão	11,28 <sup>h</sup>	11,23 <sup>f</sup>	11,17 <sup>h</sup>
29	Otimizado	11,48 <sup>i</sup>	11,38 <sup>g</sup>	11,52 <sup>j</sup>
	Padrão	11,19 <sup>j</sup>	11,28 <sup>h</sup>	11,01 <sup>j</sup>
36	Otimizado	----	----	----
	Padrão	10,93 <sup>l</sup>	10,94 <sup>i</sup>	11,04 <sup>l</sup>
43	Otimizado	10,99 <sup>m</sup>	11,37 <sup>j</sup>	10,80 <sup>m</sup>
	Padrão	----	----	----
50	Otimizado	----	----	----
	Padrão	10,74 <sup>n</sup>	10,66 <sup>l</sup>	10,41 <sup>n</sup>
57	Otimizado	10,47 <sup>o</sup>	10,62 <sup>m</sup>	9,17 <sup>a</sup>
	Padrão	10,47 <sup>p</sup>	10,54 <sup>n</sup>	9,95 <sup>o</sup>
64	Otimizado	10,05 <sup>a</sup>	10,24 <sup>o</sup>	8,98 <sup>bd</sup>
	Padrão	----	----	----

\*Letras iguais na mesma coluna diferem significativamente ( $p \leq 0,05$ ).

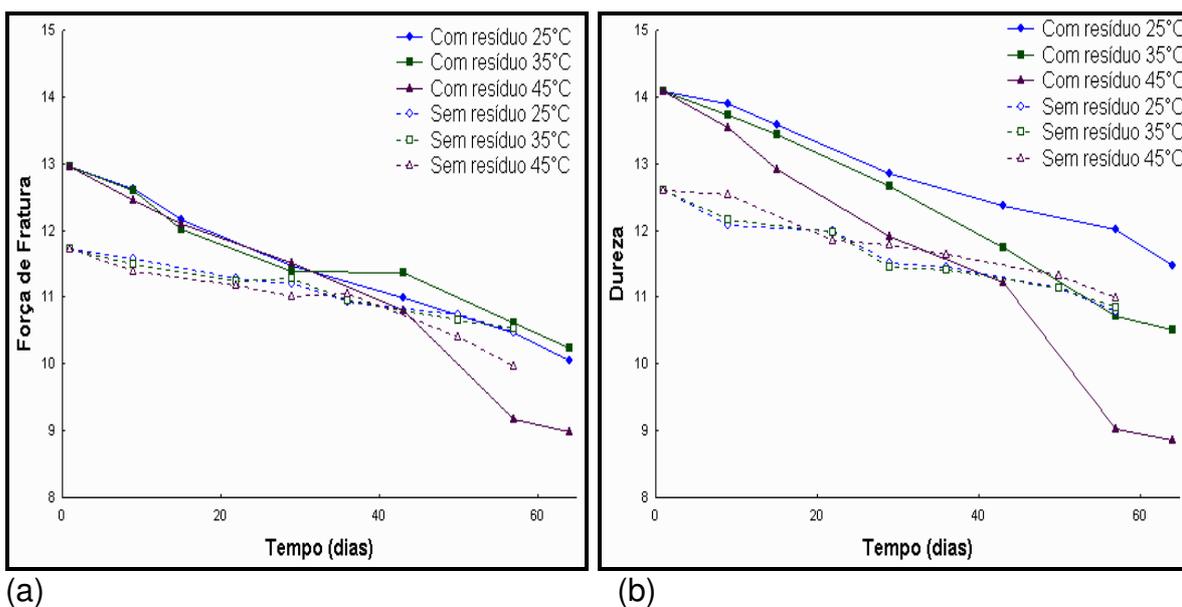
**Tabela 30.** Valores médios de dureza dos biscoitos com e sem resíduo de maracujá.

Tempo (dias)	Biscoito	Dureza (N)		
		25 °C	35 °C	45 °C
1	Otimizado	14,09 <sup>ab</sup>	14,09 <sup>abcdef</sup>	14,09 <sup>abcde</sup>
	Padrão	12,59 <sup>h</sup>	12,59 <sup>g</sup>	12,59 <sup>j</sup>
9	Otimizado	13,90 <sup>cd</sup>	13,73 <sup>h</sup>	13,54 <sup>fg</sup>
	Padrão	12,1 <sup>i</sup>	12,2 <sup>i</sup>	12,53 <sup>l</sup>
15	Otimizado	13,58 <sup>e</sup>	13,42 <sup>j</sup>	12,90 <sup>hi</sup>
	Padrão	----	----	----
22	Otimizado	----	----	----
	Padrão	12,00 <sup>j</sup>	11,96 <sup>l</sup>	11,85 <sup>m</sup>
29	Otimizado	12,85 <sup>f</sup>	12,66 <sup>m</sup>	11,91 <sup>n</sup>
	Padrão	11,51 <sup>l</sup>	11,44 <sup>n</sup>	11,78 <sup>o</sup>
36	Otimizado	----	----	----
	Padrão	11,45 <sup>m</sup>	11,40 <sup>a</sup>	11,64 <sup>p</sup>
43	Otimizado	12,36 <sup>g</sup>	11,73 <sup>o</sup>	11,21 <sup>q</sup>
	Padrão	----	----	----
50	Otimizado	----	----	----
	Padrão	11,15 <sup>n</sup>	11,13 <sup>p</sup>	11,33 <sup>a</sup>
57	Otimizado	12,02 <sup>o</sup>	10,72 <sup>b</sup>	9,86 <sup>b<sup>fh</sup></sup>
	Padrão	10,78 <sup>p</sup>	10,85 <sup>c</sup>	10,98 <sup>c</sup>
64	Otimizado	11,46 <sup>q</sup>	10,51 <sup>d</sup>	9,90 <sup>dgi</sup>
	Padrão	----	----	----

\*Letras iguais na mesma coluna diferem significativamente ( $p \leq 0,05$ ).

De modo geral observa-se que, não houve diferença significativa ( $p>0,05$ ) entre os valores médios da força de fratura e da dureza do biscoito padrão, nas três temperaturas estudadas. Porém, entre os valores do biscoito otimizado houve diferença significativa ( $p\leq 0,05$ ), a partir do 57º dia de armazenamento.

Além disso, observa-se que, os valores da força de fratura não acompanharam o comportamento dos valores de dureza, sugerindo que estes nem sempre estão relacionados. Os biscoitos armazenados à 35°C, por exemplo, apresentaram diferenças significativas ( $p\leq 0,05$ ) entre as médias iniciais e finais de dureza, mas, não apresentaram diferença significativa ( $p>0,05$ ) entre as médias na força de fratura. Porém, sugere-se que as médias, tanto de força de fratura quanto de dureza, tendem a diminuir com o tempo, conforme pode ser observado na Figura 32.



**Figura 32** (a) Comportamento da força de fratura e da (b) dureza dos biscoitos, com e sem resíduo de maracujá.

Neste sentido, é importante considerar a presença de outros fatores interferindo nos parâmetros de textura como: fechamento insuficiente da embalagem, dificuldade de reproduzir eficientemente o diâmetro e a espessura dos biscoitos e o crescimento diferenciado durante o forneamento.

Além disso, sabe-se que os biscoitos são produtos muito estáveis, por isso, há necessidade de avaliar estes parâmetros por mais tempo, para esclarecer melhor essas observações. No entanto, estes dados podem servir de base para outros

trabalhos; sugerindo-se, então, a realização das análises por um período de tempo superior a 64 dias.

#### 4.5.3 Umidade e Atividade de Água

Os valores médios obtidos com as análises de atividade de água e umidade podem ser observados nas Tabelas 31 e 32, respectivamente.

**Tabela 31.** Valores médios de atividade de água para os biscoitos com e sem resíduo de maracujá

Tempo (dias)	Biscoito	Atividade de água		
		25 °C	35 °C	45 °C
1	Otimizado	0,330 <sup>g</sup>	0,330 <sup>de</sup>	0,330 <sup>bcde</sup>
	Padrão	0,304 <sup>h</sup>	0,304 <sup>ef</sup>	0,304 <sup>def</sup>
7	Otimizado	0,256 <sup>i</sup>	0,274 <sup>f</sup>	0,249 <sup>f</sup>
	Padrão	0,353 <sup>efg</sup>	0,349 <sup>bcd</sup>	0,355 <sup>abcde</sup>
14	Otimizado	0,362 <sup>cdef</sup>	0,322 <sup>de</sup>	0,325 <sup>bcde</sup>
	Padrão	----	----	----
21	Otimizado	----	----	----
	Padrão	0,368 <sup>cde</sup>	0,341 <sup>cde</sup>	0,330 <sup>bcde</sup>
28	Otimizado	0,348 <sup>gef</sup>	0,335 <sup>de</sup>	0,321 <sup>cdef</sup>
	Padrão	0,343 <sup>gf</sup>	0,328 <sup>de</sup>	0,292 <sup>f</sup>
35	Otimizado	0,345 <sup>gef</sup>	0,388 <sup>ba</sup>	0,323 <sup>cde</sup>
	Padrão	0,361 <sup>cdef</sup>	0,349 <sup>bcd</sup>	0,325 <sup>bcde</sup>
42	Otimizado	0,359 <sup>def</sup>	0,332 <sup>de</sup>	0,310 <sup>cdef</sup>
	Padrão	----	----	----
49	Otimizado	----	----	----
	Padrão	0,379 <sup>bcd</sup>	0,379 <sup>abc</sup>	0,367 <sup>abcd</sup>
56	Otimizado	0,401 <sup>b</sup>	0,414 <sup>a</sup>	0,397 <sup>ab</sup>
	Padrão	0,384 <sup>bc</sup>	0,413 <sup>a</sup>	0,406 <sup>a</sup>
63	Otimizado	0,393 <sup>b</sup>	0,379 <sup>abc</sup>	0,380 <sup>abc</sup>
	Padrão	----	0,405 <sup>a</sup>	0,391 <sup>abcde</sup>

\*Letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente ( $p \leq 0,05$ ).

De modo geral, observa-se que, as médias de  $a_w$  não apresentaram diferenças que indiquem a diminuição ou aumento dos valores durante o armazenamento, nas três temperaturas estudadas, evidenciando-se que, durante 63 dias de armazenamento, a atividade de água não sofreu variações que pudessem alterar a estabilidade microbiológica dos biscoitos, uma vez que, nenhum dos valores obtidos foi igual ou superior a 0,6. Os valores de umidade também não apresentaram diferenças relevantes.

**Tabela 32.** Valores médios de umidade para os biscoitos com e sem resíduo de maracujá

Tempo (dias)	Biscoito	Umidade		
		25 °C	35 °C	45 °C
1	Otimizado	4,86 <sup>cde</sup>	4,86 <sup>cde</sup>	4,86 <sup>bcd</sup>
	Padrão	4,76 <sup>def</sup>	4,76 <sup>cde</sup>	4,76 <sup>bcd</sup>
7	Otimizado	4,06 <sup>f</sup>	4,10 <sup>e</sup>	4,20 <sup>cd</sup>
	Padrão	4,63 <sup>d<sup>ef</sup></sup>	4,96 <sup>cd</sup>	4,50 <sup>cd</sup>
14	Otimizado	4,26 <sup>ef</sup>	4,16 <sup>de</sup>	4,08 <sup>d</sup>
	Padrão	----	----	----
21	Otimizado	----	----	----
	Padrão	5,04 <sup>cd</sup>	4,67 <sup>cde</sup>	4,41 <sup>cd</sup>
28	Otimizado	4,73 <sup>def</sup>	5,28 <sup>bc</sup>	5,01 <sup>bc</sup>
	Padrão	5,52 <sup>c</sup>	5,27 <sup>bc</sup>	5,00 <sup>bc</sup>
35	Otimizado	5,16 <sup>cd</sup>	5,82 <sup>b</sup>	4,51 <sup>cd</sup>
	Padrão	5,00 <sup>cd</sup>	4,86 <sup>cde</sup>	4,19 <sup>cd</sup>
42	Otimizado	4,78 <sup>de</sup>	4,56 <sup>cde</sup>	4,37 <sup>cd</sup>
	Padrão	----	----	----
49	Otimizado	----	----	----
	Padrão	7,65 <sup>a</sup>	7,03 <sup>a</sup>	5,46 <sup>ab</sup>
56	Otimizado	6,49 <sup>b</sup>	6,73 <sup>a</sup>	5,94 <sup>a</sup>
	Padrão	5,12 <sup>cd</sup>	5,22 <sup>bc</sup>	4,40 <sup>cd</sup>
63	Otimizado	5,07 <sup>cd</sup>	5,06 <sup>bc</sup>	4,51 <sup>cd</sup>
	Padrão	----	4,81 <sup>cde</sup>	4,11 <sup>d</sup>

\*Letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente ( $p \leq 0,05$ ).

Sabe-se que os biscoitos são produtos que tendem a apresentar aumentos de umidade e/ou atividade de água com o tempo de armazenamento, porém, não foi possível observar este comportamento de forma significativa ( $p > 0,05$ ) devido ao pouco tempo destinado à realização das análises. Entretanto, estes dados podem ser utilizados como ponto de partida para outros estudos.

#### 4.5.4 Cor Instrumental

Os valores médios da análise de cor dos parâmetros de luminosidade (L) e das coordenadas de cromaticidade a e b podem ser observados nas Tabelas 33, 34 e 35, respectivamente.

Observa-se que as variações nos parâmetros de cor ocorreram de forma desordenada, ou seja, as médias não tenderam ao aumento ou diminuição com o tempo. A variação significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre as médias pode ser atribuída a outros fatores e não simplesmente ao tempo de armazenamento.

**Tabela 33.** Valores médios do parâmetro de luminosidade (L) para os biscoitos com e sem resíduo de maracujá

Tempo (dias)	Biscoito	Luminosidade (L)		
		25 °C	35 °C	45 °C
1	Otimizado	70,9 <sup>g</sup>	70,9 <sup>e</sup>	70,9 <sup>e</sup>
	Padrão	70,5 <sup>g</sup>	70,5 <sup>e</sup>	70,5 <sup>e</sup>
7	Otimizado	67,5 <sup>i</sup>	67,1 <sup>g</sup>	68,1 <sup>g</sup>
	Padrão	69,3 <sup>h</sup>	68,5 <sup>f</sup>	68,3 <sup>g</sup>
14	Otimizado	72,4 <sup>ef</sup>	67,2 <sup>g</sup>	73,6 <sup>c</sup>
	Padrão	----	----	----
21	Otimizado	----	----	----
	Padrão	87,3 <sup>a</sup>	88,5 <sup>a</sup>	88,8 <sup>a</sup>
28	Otimizado	61,0 <sup>k</sup>	67,0 <sup>g</sup>	58,8 <sup>h</sup>
	Padrão	64,4 <sup>j</sup>	70,3 <sup>e</sup>	74,6 <sup>bc</sup>
35	Otimizado	69,5 <sup>h</sup>	68,0 <sup>fg</sup>	67,7 <sup>g</sup>
	Padrão	73,5 <sup>cd</sup>	70,7 <sup>e</sup>	70,7 <sup>e</sup>
42	Otimizado	70,6 <sup>g</sup>	67,9 <sup>gf</sup>	73,6 <sup>c</sup>
	Padrão	----	----	----
49	Otimizado	----	----	----
	Padrão	74,1 <sup>c</sup>	71,1 <sup>e</sup>	72,3 <sup>d</sup>
56	Otimizado	71,3 <sup>g</sup>	74,6 <sup>c</sup>	74,8 <sup>b</sup>
	Padrão	72,7 <sup>de</sup>	76,1 <sup>b</sup>	70,6 <sup>e</sup>
63	Otimizado	71,5 <sup>fg</sup>	70,4 <sup>e</sup>	69,4 <sup>f</sup>
	Padrão	76,7 <sup>b</sup>	72,3 <sup>d</sup>	72,3 <sup>d</sup>

\*Letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente ( $p \leq 0,05$ ).

Os fatores que podem influenciar na cor dos biscoitos são a relação tempo/temperatura de forneamento e a distribuição não uniforme da temperatura no interior do forno.

Considerando-se que, o período de 63 dias foi insuficiente até para causar alterações importantes na composição de água livre, fator indispensável às reações químicas, então, pode também, ser considerado insuficiente para causar alterações importantes na cor dos biscoitos.

**Tabela 34.** Valores médios da coordenada de cromaticidade a para os biscoitos com e sem resíduo de maracujá.

Tempo (dias)	Biscoito	Coordenada de cromaticidade a		
		24 °C	35 °C	45 °C
1	Otimizado	6,6 <sup>def</sup>	6,6 <sup>g</sup>	6,6 <sup>g</sup>
	Padrão	7,4 <sup>c</sup>	7,4 <sup>ef</sup>	7,4 <sup>def</sup>
7	Otimizado	8,0 <sup>b</sup>	8,1 <sup>ab</sup>	7,4 <sup>def</sup>
	Padrão	7,6 <sup>c</sup>	7,7 <sup>cde</sup>	7,9 <sup>c</sup>
14	Otimizado	6,3 <sup>gf</sup>	8,1 <sup>a</sup>	5,5 <sup>j</sup>
	Padrão	----	----	----
21	Otimizado	----	----	----
	Padrão	8,0 <sup>b</sup>	7,3 <sup>f</sup>	7,7 <sup>cd</sup>
28	Otimizado	10,0 <sup>a</sup>	8,2 <sup>a</sup>	10,6 <sup>a</sup>
	Padrão	8,0 <sup>b</sup>	7,5 <sup>def</sup>	6,3 <sup>gh</sup>
35	Otimizado	7,5 <sup>b</sup>	7,7 <sup>bcd</sup>	8,4 <sup>b</sup>
	Padrão	6,4 <sup>efg</sup>	7,7 <sup>bcd</sup>	7,2 <sup>ef</sup>
42	Otimizado	6,9 <sup>d</sup>	7,9 <sup>abc</sup>	6,0 <sup>hi</sup>
	Padrão	----	----	----
49	Otimizado	----	----	----
	Padrão	6,2 <sup>h</sup>	7,6 <sup>cde</sup>	7,1 <sup>f</sup>
56	Otimizado	6,8 <sup>d</sup>	5,3 <sup>h</sup>	5,6 <sup>ji</sup>
	Padrão	6,8 <sup>d</sup>	5,1 <sup>h</sup>	7,6 <sup>cde</sup>
63	Otimizado	6,8 <sup>d</sup>	7,2 <sup>f</sup>	7,8 <sup>cd</sup>
	Padrão	5,8 <sup>h</sup>	7,3 <sup>f</sup>	7,1 <sup>f</sup>

\*Letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente ( $p \leq 0,05$ ).

**Tabela 35.** Valores médios coordenada de cromaticidade b para os biscoitos com e sem resíduo de maracujá.

Tempo (dias)	Biscoito	Coordenada de cromaticidade b		
		25 °C	35 °C	45 °C
1	Otimizado	30,4 <sup>de</sup>	30,4 <sup>fg</sup>	30,4 <sup>ef</sup>
	Padrão	30,4 <sup>de</sup>	30,4 <sup>fg</sup>	30,4 <sup>ef</sup>
7	Otimizado	31,6 <sup>b</sup>	32,1 <sup>b</sup>	30,8 <sup>de</sup>
	Padrão	29,7 <sup>ef</sup>	29,1 <sup>i</sup>	29,9 <sup>f</sup>
14	Otimizado	30,7 <sup>cd</sup>	30,5 <sup>fg</sup>	30,7 <sup>de</sup>
	Padrão	----	----	----
21	Otimizado	----	----	----
	Padrão	34,1 <sup>a</sup>	34,4 <sup>a</sup>	36,2 <sup>a</sup>
28	Otimizado	30,7 <sup>cd</sup>	30,5 <sup>efg</sup>	30,7 <sup>de</sup>
	Padrão	27,0 <sup>g</sup>	30,1 <sup>gh</sup>	31,7 <sup>bc</sup>
35	Otimizado	31,4 <sup>bc</sup>	31,0 <sup>def</sup>	32,2 <sup>b</sup>
	Padrão	29,3 <sup>f</sup>	31,0 <sup>def</sup>	30,9 <sup>de</sup>
42	Otimizado	30,6 <sup>cd</sup>	31,2 <sup>cde</sup>	30,6 <sup>ef</sup>
	Padrão	----	----	----
49	Otimizado	----	----	----
	Padrão	30,3 <sup>ed</sup>	31,7 <sup>bc</sup>	32,1 <sup>b</sup>
56	Otimizado	30,5 <sup>ed</sup>	31,2 <sup>cde</sup>	31,3 <sup>cd</sup>
	Padrão	30,1 <sup>def</sup>	29,7 <sup>hi</sup>	30,9 <sup>ed</sup>
63	Otimizado	31,4 <sup>bc</sup>	31,3 <sup>cd</sup>	31,7 <sup>bc</sup>
	Padrão	30,2 <sup>de</sup>	31,7 <sup>bc</sup>	31,7 <sup>bc</sup>

\*Letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente ( $p \leq 0,05$ ).

## 5 CONCLUSÕES GERAIS

Com base nos objetivos propostos e diante dos resultados obtidos através das análises realizadas, conclui-se que:

O resíduo fibroso de maracujá é rico em fibra alimentar, pois 71g/100g corresponde a quantidade de fibra total, sendo 57g/100g fibra insolúvel.

O resíduo fibroso de maracujá influenciou significativamente ( $p \leq 0,05$ ) nas características sensoriais e no volume, rendimento, diâmetro e espessura dos biscoitos.

O resíduo fibroso de maracujá pode ser aproveitado na formulação de biscoitos, porém, a utilização deste só é possível quando a concentração não ultrapassar 5%.

A proporção de 5% corresponde a 3,55g de fibra/100g de farinha de trigo. Este valor caracteriza o produto como fonte de fibra alimentar e é economicamente favorável às indústrias de biscoitos.

A substituição total de amido de milho por fécula de mandioca não influenciou significativamente ( $p > 0,05$ ) nos parâmetros sensoriais e físicos dos biscoitos.

A adição simultânea de resíduo fibroso de maracujá e fécula de mandioca pode ser utilizada pelas indústrias de biscoito.

O novo produto elaborado apresentou boa aceitação sensorial e boa estabilidade física e sensorial durante o armazenamento.

## REFERÊNCIAS

AACC (AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS). **Approved Methods of American Association of Cereal Chemists**. 9 ed. Saint Paul, Minnesota, 1999.

AGRISAFRA. **Projeto da Embrapa Cerrados beneficia mandiocultores**. Publicação em: 19/07/2006. Disponível em <<http://www.agrisafra.com.br/archives>> Acesso em: 18/08/2008.

ANDERSON, R. A.; CONWAY, H. F.; PFEIFER, V. F.; GRIFFIN JR., E.L. Gelatinization of corn grits by roll and extrusion cooking. **Cereal Science Today**, v.14, n.1, p.4-7 e 11-12, 1969.

AOAC (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS). **Official Methods of Analysis**. 14 ed., Arlington, 1995.

AOAC (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS). **Official Methods of Analysis**. Edited by Patricia Cunniff. 16 ed. 3 rd,v.2, 1997.

AOAC (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS). **Official Methods of Analysis of the AOAC**. 18 ed. Gaithersburg, M.D, USA, 2005.

APLEVICZ, K. S. Caracterização de produtos panificados à base de féculas de mandioca nativas e modificadas. **Dissertação de Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Universidade Estadual de Ponta Grossa, 131p., 2006.

ARTHEY E, D.; ASHURST, P. S. Procesado de frutas. In: COHN, R. & COHN, A.L. **Subproductos del procesado de las frutas**. Editora: Acribia, S.A., España, 1º ed., p. 213-239,1997.

ASCHERI, D. P. R.; PEREIRA, L. D.; MOTA, R. D. P. **Farinha do bagaço de jaboticaba (*Myrciaria jaboticaba* Berg) e sua incorporação em biscoitos**. Relatório final de projeto de pesquisa. Universidade Estadual de Goiás – Unidade Universitária de Ciências Exatas e Tecnológicas. 2007. 13p.

ATHIÉ, I.; CASTRO, M. F. P. M.; GOMES, R. A. R.; VALENTINI, S. R. T. **Conservação de grãos**. Campinas: Fundação Cargill, 1998. 236p.

BARONI, F. A. **Transição vítrea em alimentos**. Coletânea da Fruthotec 6. Campinas: ITAL, 1997.

BAXTER, Y. C. Fibras alimentares; fibras adicionadas; efeitos fisiológicos esperados e mudanças de hábitos alimentares. **SBNEP – Sociedade Brasileira de Nutrição Enteral e Parenteral**. Disponível em: <<http://www.sbnep.com.br/boletins/40/bt-fibras.htm>> Acesso em: 20 Jun. 2004.

BeMILLER, J. N. Starch modification: challenges and prospects. **Starch/Starke**, v.49, n.4, p.127-131, 1997

BERTOLINI, A. C.; MESTRES, C.; LOURDIN, D.; DELLA VALLE, G.; COLONNA, P. Relationship between thermomechanical properties and baking expansion of sour cassava starch (Polvilho azedo). **Journal of the Science of the Food and Agriculture**, v. 81, n. 4, p.429-435, 2001.

BILIADERIS, C. G. The structure and interactions of starch with food constituents. **Canadian Journal Physiology Pharmacology**, v.49, p.60-78, 1991.

BINA, M. **Dados nutricionais do maracujá**. Disponível em: <[www.saudelar.com](http://www.saudelar.com)>. Acesso em 07 jan. 2007.

BLOKSMA, A. H.; Rheology of the breadmaking process. **Cereal Foods World**, v.35, p.228-236, 1990.

BOBBIO; P. A.; BOBBIO, F. O. **Química do processamento de alimentos**. 3ª ed. São Paulo: Varela, 2001. 151p.

BOTELHO, L.; CONCEIÇÃO, A.; CARVALHO, V. D. Caracterização de fibras alimentares da casca e cilindro central do abacaxi *Smooth cayenne*. **Ciência Agrotecnica**, Lavras, v.26, n.2, p.362-367, Mar./Abr. 2002.

BRANDÃO, E. M.; ANDRADE, C. T. Influência de fatores estruturais no processo de gelificação de pectinas de alto grau de metoxilação. **Polímeros**, v.9, n.3, p. 38-44, 1999.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. Resolução nº 12 de 30 de Março de 1978. Aprova Normas técnicas especiais

relativas a alimentos e bebidas. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF. 24 de Julho de 1978.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. Resolução RDC nº 12 de 2 de janeiro de 2001, Aprova Regulamento Técnico sobre Padrões Microbiológicos para Alimentos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br>>. Acesso em 04 dez. 2006

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. Portaria nº 27 de 13 de Janeiro de 1998. Aprova Regulamento Técnico Referente à Informação Nutricional Complementar. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF. Disponível em: <<http://e-legis.bvs.br/leisref/public/showAct.php?id=97>>. Acesso em 04 dez. 2004.

BRASIL, Ministério da Agricultura. Resolução nº263 de 22 de Setembro de 2005. Aprova o Regulamento Técnico Regulamento Técnico para Produtos de Cereais, Amidos, Farinhas e Farelos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF. 23 de Setembro de 2005.

BRETT, C.; WALDRON, K. **Physiology and Biochemistry of Plant Cell Walls**. 2ª ed. Cambridge: Chapman & Hall Books, 1996. 255 p.

BUCHANAN, B.; GRUISSEM, W.; JONES, R. L. **Biochemistry & Molecular Biology of Plants**. Rockville: American Society of Plant Physiologists, 2000.1408 p.

BUENO, R. O. G. **Características de qualidade de biscoitos e barras de cereais ricos em fibra alimentar a partir de farinha de semente e polpa de nêspera**. Dissertação de mestrado. 2005 (Ciência e Tecnologia de alimentos - Universidade Federal do Paraná).118f

BULÉON, A. et. al. Starch granules: structure and biosynthesis. **International Journal of Biological Macromolecules**, v.23, p.85-112, 1998.

CALIXTO, F. S. Fibra dietética de manzana: hacia nuevos tipos de fibras de alta calidad. **Alimentaria**, Madrid, v.4, n.1, p.57-61, mayo 1993.

CAMARGO, C. et. al. Functional properties of sour cassava (*Manihot utilissima*). Starch: polvilho azedo. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.45, n.3, p.273-289, 1988.

CAMARGO FILHO, W. P.; MAZZEI, A. R.; ALVES, H. S. Mercado de raízes e tubérculos: análise de preços. **Informações Econômicas**, v.31, n.2, p.36-44, 2001

CAMPBELL, M. R. et. al. Variation of starch granule size in tropical maize germ plasm. **Cereal Chemistry**, v. 73, n. 5, p. 536-538, 1996.

CARNEIRO, M. C. **Armazenagem e secagem do resíduo industrial de maracujá amarelo**. 2001, 75f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Estadual de Campinas – Faculdade de Engenharia Agrícola, 2001.

CARPITA, N. C.; GIBEAUT D. M. Structural models of primary cell walls in flowering plants: consistency of molecular structure with the physical properties of the walls during growth. **The Plant Journal**, v. 3, n.1, p.1-30, 1993.

CEREDA, M. P. Potencial de tuberosas sul americanas em uso culinário e uso industrial. In: Simpósio Latino Americano de Raízes Y Tubérculos, 2., 2001, Lima. **Anais...Lima:2001**.

CEREDA, M. P.; DAIUTO, E. R.; VILPOUX, O. Metodologia de Determinação de Amido por Digestão Ácida em Microondas. **Revista da Associação Brasileira dos Produtores de Amido de Mandioca**, 2004. 29 p.

CHARLES, A. L.; HUANG, T. C.; LAI, P. Y.; CHEN, C. C.; LEE, P. P.; CHANG, Y. H. Study of wheat flour–cassava starch composite mix and the function of cassava mucilage in Chinese noodles. **Food Hydrocolloids**, v.21, p.368–378, 2007.

CHAVAN, J. K.; KADAM, S. S. Nutritional enrichment of bakery products by supplementation with nonwheat flours. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.33, p.189-226, 1993.

CHIRIFE, J.; IGLESIAS, H. A. Equations for fitting water sorption isotherms of foods: part 1. a review. **Journal of Food Technology**, v.13, p.159-174, 1978.

CIACCO, C. F.; CRUZ, R. **Tecnologia Agroindustrial: Fabricação de amido e sua utilização**. 152p. São Paulo, Fundação Tropical de Pesquisas e Tecnologia, v.7, 1987.

COLLARES, F. P. **Amidos, féculas nativos e modificados**. Notas de aula. Campinas: Faculdade de Engenharia de Alimentos – UNICAMP, 2007.

COLONNA, P. et al. Extrusion cooking and drum drying of wheat starch. I. Physical and macromolecular modifications. **Cereal Chemistry**, v.61, n.6, p.538-543, 1984.

CONTAMINE, A. S.; ABECASSIS, J.; MOREL, M. H.; VERGNES, B.; VEREL, A. The effect of mixing conditions on the quality of dough and biscuits. **Cereal Chemistry**, v. 72, p. 516-522, 1995.

CÓRDOVA, K. V.; GAMA, T. T. B.; WINTER, C. M. G.; KASKANTZIS NETO, G.; 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**, Curitiba, v.23, n.2, p.221-230, Jan./Jun. 2005.

DEFLOOR, I.; DEHING, I.; DELCOUR, J. A. Physico-chemical properties of cassava starch. **Starch/Stärke**, v. 50, n. 2-3, p. 58-64, 1998.

EL DASH, A.; GERMANI, R. **Tecnologia de farinhas mistas na produção de biscoitos**, Brasília: EMBRAPA, v.6, 47p, 1994a

EL DASH, A.; GERMANI, R. **Uso da farinha mista de trigo e milho na produção de pães**, Brasília: EMBRAPA, v.6, 47p, 1994b.

EL-DASH, A. A. Standardized mixing and fermentation procedure for experimental baking test. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 55, n. 4, p. 436-446, 1978.

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.

FERRUA, F. Q; BARCELOS, M. F. P. **Equipamentos e embalagens utilizados em tecnologia de alimentos**. Lavras: Universidade Federal de Lavras/FAEPE, 2003

FRANCO, C. M. L. et al. **Culturas de tuberosas amiláceas latino americanas: propriedades gerais do amido**. Campinas: Fundação Cargill, v.1, 224p, 2001.

FRANCO, C. M. L.; CABRAL, R.A.F; TAVARES, D.Q. Structural and physicochemical characteristics of lintnerized native and sour cassava starches. **Starch/Stärke**, v. 54, n.10, p. 469 -475, 2002.

FRENCH, D. Organization of starch granules. In: WHISTLER, R.L.; BeMILLER J.N.; PASCHAL, E.F. **Starch: Chemistry and Technology**. 2.ed. London: Academic Press, p.183-247, 1984.

FU, B.; LABUZA, T. P. Shelf life of frozen foods. In: LABUZA, T. P.; FU, B. **Shelf Life Testing: Procedures and Prediction Methods**. Denver: CRC Press, 1997. Cap. 19. p.377-415.

GALLIARD, D. T.; BOWLER, P. Morphology and composition of starch . In: GALLIARD, D. T. **Starch: properties and potencial**. Chichester: Willey, p. 55-78. 1987.

GARCIA, O. H.; FARINAS, M. M. La parchita maracuya (*Passiflora edulis* f. *Flavicarpa* Degener), Maracay. **Centro Nacional de Investigaciones Agropecuárias**, 1975.82p.

GAVA, A. J. **Princípios de tecnologia de alimentos**. São Paulo: Nobel, 1984. 233p.

GIUNTINI, E. B.; LAJOLO, F. M.; MENEZES, E. W. Dietary fiber potential in Califór-american countries: Food, products and residues. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v.53, p.14-20, 2003.

GONDIM, J. A. M.; MOURA, M. F. V.; DANTAS, A. S.; MEDEIROS, R. L. S.; SANTOS, K. M. Composição centesimal e de minerais em cascas de frutas. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.25, n.4, p.825-827, Out./Dez. 2005.

GULFI, M.; ARRIGONI, E.; AMADO, R. *In vitro* fermentability of pectin fraction rich in hairy regions. **Carbohydrate Polymers**, v.67, n.3, p.410-416, 2007.

HERMANSSON, A. M.; SVEGMARK, K. Development in the understanding of starch functionality. **Trends in Food Science and Tecnology**, v.7, p.345-353, 1996.

HERNÁNDES, T.; HERNÁNDES, A.; MARTÍNEZ, C. Fibra alimentaria. Concepto propiedades y metodos de analisis. **Alimentaria**, p.19-30, 1995.

HOOVER, R. Composition, molecular structure, and physicochemical properties of tuber and root starch: a review. **Carbohydrate polymers**, v.45, p.253-267, 2001.

IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA). **Produção de Culturas Permanentes e Temporárias, 2007**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 16 Abr. 2009.

IUPAQ - International Union of Pure and Applied Chemistry. Reporting physisorption data for gas/solid systems. **Pure and Applied Chemistry**, New York, v.57, n.4, p.603-619, 1985.

KEARSLEY, M. W.; DZIEDZIC, S. Z. **Handbook of starch hydrolysis products and their derivatives**. Blackie Academic & Professional, Glasgow. 275p. 1995.

KJONIKSEN, A. L., HIORTH, M.; NYSTROM, B. Association under shear flow in aqueous solutions of pectin. **European Polymer Journal**, v.41, p.761-771, 2005.

KLIEMANN, E. **Extração e caracterização da pectina da casca do maracujá amarelo (*Passiflora edulis flavicarpa*)**. 2006, 77f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos), Centro de Ciências Agrárias – Universidade Federal de Santa Catarina, 2006.

KUMAR, M. Water vapour adsorption on whole corn flour, degermed corn flour, and germ flour. **Journal of Food Technology**, v.9, n.4, p.433-444, 1974.

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

LABUZA, T. P. **Shelf-life dating of foods**. Westport: Food and Nutrition Press, 1982.

LABUZA, T. P. The effect of water activity on reaction kinetics of food deterioration. **Food Technology**, v.34, n.4, p.36-41, 1980.

LAJOLO, F. M.; SAURA-CALIXTO, F. **Obtención, caracterización, efecto fisiológico y aplicación en alimentos. Fibra dietética en Iberoamérica: Tecnología y salud**. São Paulo: Varela Editora e Livraria Ltda., 2001, 469 p.

LARREA, M. A.; CHANG, Y. K.; MARTINEZ-BUSTOS, F. Some functional properties of extruded orange pulp and its effect on the quality of cookies. **Lebensmittel Wissenschaft und Technologie**, v.38, p.213-220, 2005.

LEONEL, M. Análise da forma e tamanho de grânulos de amidos de diferentes fontes botânicas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.27, n.3, p.579-588, jul.-set. 2007.

LEONEL, M.; CÂMARA, F. L. A.; CEREDA, M. P. Processamento industrial de araruta (*Maranta arundinacea*) para a produção de fécula fermentada: um estudo de caso. In: Simpósio em energia na agricultura, 2., 2000. Botucatu. **Anais...Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônômicas/Universidade Estadual Paulista**, p. 312-321, 2000.

LEONEL, M.; CEREDA, M.P. Caracterização físico-química de algumas tuberosas amiláceas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.22, n.1, p.65-69, 2002.

LEORO, M.G.V. **Desenvolvimento de cereal matinal extrusado orgânico à base de farinha de milho e farelo de maracujá**. 147f, 2007. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos), Faculdade de Engenharia de Alimentos – Universidade Estadual de Campinas, 2007.

LÉVIGNE, S.; RALET, M. C.; THIBAUT, J. F. Characterisation of pectins extracted from fresh sugar beet under different conditions using a experimental design. **Carbohydrate Polymers**, v. 19, p. 145-153, 2002.

LIMA, C. C. **Aplicação das Farinhas de Linhaça (*Linum usitatissimum* L.) e Maracujá (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg.) no Processamento de Pães com Propriedades Funcionais**. 148f, 2007. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de alimentos), Centro de Ciências Agrárias – Universidade Federal do Ceará, 2007

LÓPEZ, G.; ROS, G.; RINCÓN, F.; PERIAGO, M. J.; MARTÍNEZ, M. C.; ORTUNO, J. Propiedades funcionales de la fibra dietética, mecanismos de acción en el trato gastrointestinal. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v.47, n.3, p.203-207, 1997.

LORENZI, J. O. **Mandioca**. Boletim Técnico, 245, 1ª ed. Campinas, CATI, 2003. 116p.

MAACHE-REZZOUG, Z.; BOUVIER, J. M.; ALLA, K.; PATRAS, C.; Effect of principal ingredients on rheological behaviour of biscuit dough and on quality biscuits. **Journal of Food Engineering**, v.35, p.23-42, 1998.

MACHADO, S. S.; CARDOSO, R. L.; MATSUURA, F. C. A. U.; FOLEGATT, M. I. S. Caracterização física e físico-química de frutos de maracujá amarelo provenientes da região de Jaguará – Bahia. **Magistra Cruz das Almas – BA**, v.15, n.2 Jul./Dez. 2003.

MANICA, I. **Fruticultura tropical 1: Maracujá**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 151 p.

MAROULIS, Z. B. et al. Application of the GAB model to the sorption isotherms for dried fruits. **Journal of Food Engineering**, v. 7, n. 1, p. 63-70, 1988.

MARTINS, C. **Fibras e fatos: como as fibras podem ajudar na sua saúde**. Curitiba: Nutroclínica, p. 2-4, 1997.

MARTINS, C. B.; GUIMARÃES, A. C. L.; PONTES, M. A. N. **Estudo tecnológico e caracterização física, físico-química do maracujá (*Passiflora edulis* F. Flavicarpa) e seus subprodutos**. Fortaleza: Centro de Ciências Agrárias, n.4, 1985. 23 p.

MATSUURA, F.C.A.U. **Estudo do albedo de maracujá e de seu aproveitamento em barra de cereais**. 157f., 2005. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos), Faculdade de Engenharia de Alimentos – Universidade Estadual de Campinas, 2005.

McCANN, M. C.; ROBERTS, K. **Architecture of the primary cell wall in the Cytoskeletal Basis of plant Growth and form**, Ed. C.W. Lloyd, Academic Press, London, p.109-129, 1991.

MENDES, B. A. **Obtenção, caracterização e utilização de puba como matéria-prima na produção de etanol**. Campinas, 1992. 176p. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas. 1992

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

MESBAHI, G.; JAMALIAN, J.; FARAHNAKY, A. A comparative study on functional properties of beet and citrus pectins in foods systems. **Food Hydrocolloids**, v.19, p.731-738, 2005.

MIN (MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL). **Cadernos Frutiséries**. Disponível em <[http://www.irrigar.org.br/publicacoes/frutiserias/frutiserias\\_2\\_df.pdf](http://www.irrigar.org.br/publicacoes/frutiserias/frutiserias_2_df.pdf)>. Acesso em 10 Mai. 2007.

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

MORETTO, E.; FETT, R. **Processamento e análise de biscoitos**. São Paulo: Livraria Varela, 1999.

MORI, E. E. M. Determinação da vida-de-prateleira através da análise sensorial e correlações. In: MOURA, S. C. S. R. de; GERMER, S. P. M. **Manual do curso reações de transformação e vida-de-prateleira de alimentos processados**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 2002. Cap. 5.

NETO, F.T. **Nutrição clínica**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara, 2003.

NETO, B. B.; SCARMINIO, I. S.; BRUNS, R. E. **Planejamento e otimização de experimentos**. 2. ed. Campinas, 1996. 299p

NORMANHA, E. S. **Derivados da mandioca**: terminologia e conceitos. Campinas: Fundação Cargill, 1982. 56p.

OKADA, M.; VITALI, A. A.; TEIXEIRA NETO, R. O.; CARVALHO, R.; JARDIM, D. C. P. **Desidratação de frutas e hortaliças**. Manual Técnico, ITAL: Campinas, 2002. 10p.

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 a produção de doce em calda. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v.22, n.3, p.259- 262, Campinas, Set/Dez 2002.

OLIVEIRA, M. M.; CAMPOS, A. R. N.; DANTAS, J. P.; GOMES, J. P.; SILVA, F. L. H. Isotermas de dessorção 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, set-out, 2006.

OLSON, A.; GREGORY, M. G.; MEI, C. Chemistry and analysis of soluble dietary fiber. **Food Technology**, p. 71-80, Fev. 1987.

ORDÓÑEZ, J.A. **Tecnologia de alimentos: componentes dos alimentos e processos**. Porto Alegre: Artmed, v.1, 2005.

PADULA, M. Influência da embalagem na vida-de-prateleira de alimentos. In: MOURA, S. C. S. R. de; GERMER, S. P. M. **Manual do curso reações de transformação e vida-de-prateleira de alimentos processados**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 2002. Cap. 4.

PARK, K. J.; NOGUEIRA, R. I. Modelos para ajuste de isotermas de sorção de alimentos. **Engenharia Rural**, Piracicaba, v. 3, n. 1, p. 80-6, 1992.

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.

PENA R. S.; SILVA. D. M. S.; MENDONÇA, N. B.; ALMEIDA, M. D. C. Estudo da secagem da fibra residual do maracujá. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**. v.2, n.1, p.1-13, 2008.

PEREDA, J. A. O.; RODRÍGUEZ, M. I. C.; ÁLVAREZ, L. F.; SANZ, M. L. G.; MINGUILLÓN, G. D. G. F.; PERALES, L. H.; CORTECERO, M. D. S. **Carboidratos. Tecnologia de Alimentos – componentes dos alimentos e processos**. v 1. Artmed; 2005. p. 64-80.

PEREIRA, J., CIACCO, C. F., VILELA, E. R., PEREIRA, R. G. F. A. Função dos ingredientes na consistência da massa e nas características do pão de queijo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.24, n 4, p. 494-500, 2004.

PERONI, F. H. G. **Características estruturais e físico-químicas de amidos obtidos de diferentes fontes botânicas**. 2003. 107p. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos,

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, São José do Rio Preto, São Paulo. 2003.

PINHEIRO, R. P. **Pectina da casca do maracujá amarelo (*passiflora edulis flavicarpa*): otimização da extração com ácido cítrico e caracterização físico-química.** 2007, 79f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos), Centro de ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, 2007

RIAZ, M. N. **Extruders in Food Applications.** Boca Raton, FL: CRC Press, 2000. 225p.

RICKARD, J. E.; ASAOKA, M.; BLANSHARD, J. M. V. The physicochemical properties of cassava starch. **Tropical Science**, v.31, p.189-207, 1991.

ROCCO, C. S. **Determinação de fibra alimentar total por método gravimétrico não enzimático.** Curitiba, 1993, 102 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Química) – Curso de Pós-graduação, Universidade Federal do Paraná, 1993.

SAHARI, M. A.; AKBARIAN, A. M.; HAMEDI, 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.

SANTOS, A. V. **Obtenção e incorporação de farinha de casca de maracujá na produção de bolos de chocolate,** 2008, 105f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos), Universidade Tiradentes, Aracajú/SE, 2008.

SANTOS, F. S. A.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Isotermas de adsorção de umidade de farinhas de mandioca temperadas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.6, n.2, p.149-155, 2004.

SCHEENEMAN, B. O. Dietary fiber: physical end chemical properties, methods of analysis and physiological effects. **Food Technology**, v.4, n.2, p.104-109. Fev. 1986.

SCHÖBER, T. J.; O'BRIEN, C. M.; McCARTHY, D.; DARNEDDE, A.; ARENDT, E. K. Influence of gluten-free flour mixez and fat powders on the quality of gluten-free biscuits. **European Food Research and Technology**, v.216, p.216-376, 2003.

SHILS, M. E.; OLSON, J. A.; SHIKE, M. **Nutrição moderna na saúde e doença**. 9<sup>a</sup> ed. Philadelphia: Manole, v.2, 2002.

SHKODINA, O. G.; ZELTSER, O. A.; SELIVANOV, N. Y.; IGNATOV, V. V. Enzymic extraction of pectin preparations from pumpkin. **Food Hydrocolloids**, v.12, p.313-316, 1998.

SILVA, A. C. Q. R.; REGO, A. I. A., Adolescente: necessidades dietéticas e perigos para cardiopatias. **Nutrição em Pauta**, v. 8, n 43, p. 52-56, jul/ ago 2000.

SILVA, E. N. **Otimização de métodos de análise de antocianinas: poder antioxidante e quantificação rápida**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Química, UFPA/CTEC/DEQAL, Belém-PA, 2002.

SILVA, R. J. F.; POTIGUARA, R. C. V. Aplicações taxonômicas na anatomia foliar de espécies amazônicas de *Oenocarpus Mart* (Aeraceae), **Acta Botânica Brasileira**, v.22, 2008.

SILVA, S. R.; MERCADANTE, A. Z. Composição de carotenóides de maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* flavicarpa) *in natura*. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 22, n. 3, p. 254-258, 2002.

SILVESTRE-MARINHO, M.; JOKL, L. Composição química de resíduos fibrosos de algumas plantas brasileiras. **Revista de Farmácia e Bioquímica**, Belo Horizonte, v.5, n.1, p.45-54, jan./jun. 1983.

SIMABESP (Sindicato das Indústrias de Massas e Biscoitos no Estado de São Paulo). **Evolução do mercado nacional de biscoitos de 1998 a 2004**. Brasil, 2005. Disponível em: <<http://www.simabesp.org.br/estat.asp>>. Acesso em: 19 Mai. 2007

SLATTERY, C. J.; KAVAKLI, I. H.; OKITA, T. W. Engineering starch for increase quantity and quality. **Trends in Plant Science**, v.5, n.7, p.291-297, 2000.

SOARES Jr, M. S. Otimização da formulação de pães de forma preparados com diferentes proporções de farinha de trigo, fécula de mandioca e okara. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 24, n. 1, p. 221-248, jan./jun. 2006.

SRIROTH, K. et al., Cassava starch granule structure-function properties: influence of time and conditions at harvest on four cultivars of cassava starch. **Carbohydrate Polymers**, v. 38, n. 2, p. 161-170, 1999.

STATSOFT, INC. (2004). **STATISTICA** (data analysis software system), version 7. www.statsoft.com. Tulsa, OK StatSoft, Inc., 2300 East 14th Street, Tulsa, OK 74104, (918) 749-1119, fax: (918) 749-2217, 2004.

STELLA, R. **Fibras para seu intestino**. Disponível em: <[http://www1.uol.com.br/cyberdiet/colunas/010921/\\_nutri\\_fibra\\_intestino](http://www1.uol.com.br/cyberdiet/colunas/010921/_nutri_fibra_intestino)>. Acesso em: 21 Ago. 2004.

STONE, S. M., SIDEL, J. L. **Sensory Evaluation Practices**. Second Edition. Academic Press, Inc. San Diego, Califórnia, 1996.

TEIXEIRA NETO, R. O. **Isotermas de sorção de umidade: técnicas de obtenção e aplicações**. Coletânea da Fruthotec, 6, Campinas: ITAL, 1997.

TEXEIRA NETO, R. O. Reações de transformação em alimentos – influência da temperatura. In: MOURA, S. C. S. R. de; GERMER, S. P. M. **Manual do curso reações de transformação e vida-de-prateleira de alimentos processados**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 2002. Cap. 1.

THAKUR, B. R.; SINGH, R. K.; HANDA, A. V. Chemistry and uses of pectin – A Review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.37, n.1, p.47-73, 1997.

THEBAUDIN, J. Y.; LEFEBVRE, A. C.; HARRINGTON, M.; BOURGEOIS, C. M. Dietary fibres: nutritional and technological interest. **Trends in Foods Science & Technology**, v. 8, p. 41-48, 1997.

THOMAS, D. J.; ATWELL, W. A. **Starches: Practical Guides for the Food Industry**. Minnesota: Eagan Press, 1999. 94p.

TUNGLAND, B. C.; MEYER, D. Nodigestible oligo end polyssacharides (dietary fiber): Their physiology and role in human health and food. **Comprehensive Reviews In Food Science And Food Safety**, v.1 p.73-77, 2002.

VANDERZANT, C; SPLITTSTOESSER, D. F. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 3 ed. Washington: American Public Health Association (APHA), 1992. 1919p

VIDAL, S.; DOCO, T.; WILLIAMS, P.; PELLERIN, P.; YORK, W. S.; O'NEIL, M. A. Structural characterization of the pectic polysaccharide rhamnogalacturonan II: evidence for the backbone location of the aceric acid-containing oligoglycosyl side chain. **Carbohydrate Research**, v.326, p.277 - 294, 2000.

VIEIRA, M. A. **Caracterização de farinhas obtidas dos resíduos da produção de palmito da palmeira-real (*Archontophoenix alexandrae*) e desenvolvimento de biscoito fibroso**. 2006, 136f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Ciência dos Alimentos), Universidade Federal de Santa Catarina – Centro de Ciências Agrárias, 2006.

VINCKEN, J. P.; SCHOLS, H. A.; OOMEN, R. J.; McCANN, M. C.; ULVSKOV, P.; VORAGEN, A. G. If homogalacturonan were a side chain of rhamnogalacturonan I. Implications for cell wall architecture. **Plant Physiology**, v.132, n.4, p.1781-1789, 2003.

VITALI, A. A.; QUAST, D. G. Vida-de-prateleira de alimentos. In: MOURA, S. C. S. R. de; GERMER, S. P. M. **Manual do curso reações de transformação e vida-de-prateleira de alimentos processados**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 2002. Cap. 3.

VITTI, P. **Tecnologia de Biscoitos**, Campinas: ITAL (Instituto de Tecnologia de Alimentos), Manual Técnico n° 1, 1988, 86p.

WANG, Y. J.; WHITE, P. Structure and properties of amylose, amylopectin, and intermediate materials of oat starches. **Cereal Chemistry**, v.71, p.263-268, 1994.

WATT, B.; MERRILL, A. L. **Composition of foods: raw, processed, prepared**. Maryland: US. Department of Agricultural, Agricultural Research Service, USDA Nutrient Data Laboratory. 1999. USDA Nutrient Database for Standart Reference, Release, 13. Disponível em: <http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp> Acesso em: 25 de janeiro de 2006.

WHISTLER, R. L.; BeMILLER, J. N. Starch. In: WHISTLER, R. L.; BeMILLER, J. N. **Carbohydrate Chemistry for the Food Science**. AACC. St Paul: Eagan Press, 1997. p. 117-151.

WHISTLER, R. L. **Methods in Carbohydrate Chemistry**, Academic Press, New York, 1964. p.28-29.

WILLATS, W. G. T.; KNOX, J. P.; MIKKELSEN, J. D. Pectin: new insights into an old polymer are starting to gel. **Trends in Food Science & Technology**, v.17, p.97-104, 2006.

WILLIAMS, S. R. **Fundamentos de nutrição e dietoterapia**. Porto Alegre: Artes Médicas, 6<sup>o</sup> ed. 1997.

YAPO, B. M.; KOFFI, K. L. Yellow passion fruit rind – a potencial source of lowmethoxyl pectin. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, p. 2738-2744, 2006.

YAPO, B. M.; ROBERT, C.; ETIENNE, I.; WATHELET, B.; PAQUOT, M. Effect of extraction conditions on the yield, purity and surface properties of sugar beet pulp pectin extracts. **Food Chemistry**, v. 100, p. 1356-1364, 2007.

YUAN, R. C.; THOMPSON, D. B.; BOYER, C. D. Fine structure of amylopectin in relation to gelatinization and retrogradation behavior of maize starches from three wx-containing genotypes in two inbred lines. **Cereal Chemistry**, v.70, p. 81-89, 1993.

## **APÊNDICES**

## APÊNDICE A

**Tabela A.1** – Efeito estimado, erro puro, coeficiente t e significância estatística de cada fator para a aceitação global.

Fatores	Efeito estimado	Erro puro	t(2)	Significância estatística (p)
<b>Efeitos principais</b>				
Resíduo (L)	<b>-1,82899</b>	<b>0,154344</b>	<b>-11,8501</b>	<b>0,007046</b>
Resíduo (Q)	-0,13796	0,183557	-0,7516	0,530715
Fécula (L)	0,18788	0,154489	1,2162	0,347978
Fécula (Q)	0,45039	0,184128	2,4461	0,134278
<b>Efeito de interação</b>				
Resíduo (L) x Fécula (L)	-0,18273	0,218343	-0,8369	0,490713

(L): linear; (Q): quadrático; R<sup>2</sup> = 0,93

**Tabela A.2** – Efeito estimado, soma quadrática residual, coeficiente t e significância estatística de cada fator para a aceitação global.

Fatores	Efeito estimado	Soma quadrática residual	t(5)	Significância estatística (p)
<b>Efeitos principais</b>				
Resíduo (L)	<b>-1,82899</b>	<b>0,228765</b>	<b>-7,99506</b>	<b>0,000494</b>
Resíduo (Q)	-0,13796	0,272064	-0,50707	0,633672
Fécula (L)	0,18788	0,228980	0,82053	0,449250
Fécula (Q)	0,45039	0,272910	1,65032	0,159791
<b>Efeito de interação</b>				
Resíduo (L) x Fécula (L)	-0,18273	0,323623	-0,56465	0,596704

(L): linear; (Q): quadrático; R<sup>2</sup> = 0,93

**Tabela A.3** – Efeito estimado, erro puro, coeficiente t e significância estatística de cada fator para teste de aceitação sensorial de textura.

Fatores	Efeito estimado	Erro puro	t(2)	Significância estatística (p)
<b>Efeitos principais</b>				
Resíduo (L)	<b>-1,93218</b>	<b>0,160234</b>	<b>-12,0585</b>	<b>0,006807</b>
Resíduo (Q)	-0,00367	0,190562	-0,0193	0,986387
Fécula (L)	0,33025	0,160385	2,0591	0,175689
Fécula (Q)	0,30716	0,191155	1,6069	0,249327
<b>Efeito de interação</b>				
Resíduo (L) x Fécula (L)	-0,43892	0,226676	-1,9363	0,192453

(L): linear; (Q): quadrático; R<sup>2</sup> = 0,91

**Tabela A.4** – Efeito estimado, soma quadrática residual, coeficiente t e significância estatística de cada fator para o teste sensorial de textura.

<b>Fatores</b>	<b>Efeito estimado</b>	<b>Soma quadrática residual</b>	<b>t(5)</b>	<b>Significância estatística (p)</b>
<b>Efeitos principais</b>				
Resíduo (L)	<b>-1,93218</b>	<b>0,280329</b>	<b>-6,89254</b>	<b>0,000984</b>
Resíduo (Q)	-0,00367	0,333388	-0,01101	0,991645
Fécula (L)	0,33025	0,280593	1,17698	0,292175
Fécula (Q)	0,30716	0,334425	0,91847	0,400509
<b>Efeito de interação</b>				
Resíduo (L) x Fécula (L)	-0,43892	0,396568	-1,10678	0,318772

(L): linear; (Q): quadrático;  $R^2 = 0,91$

**Tabela A.5** – Efeito estimado, erro puro, coeficiente t e significância estatística de cada fator para o teste sensorial de aroma.

<b>Fatores</b>	<b>Efeito estimado</b>	<b>Erro puro</b>	<b>t(2)</b>	<b>Significância estatística (p)</b>
<b>Efeitos principais</b>				
Resíduo (L)	<b>-0,992587</b>	<b>0,103506</b>	<b>-9,58961</b>	<b>0,010700</b>
Resíduo (Q)	0,001591	0,123098	0,01293	0,990859
Fécula (L)	0,167345	0,103604	1,61523	0,247627
Fécula (Q)	-0,011732	0,123480	-0,09501	0,932968
<b>Efeito de interação</b>				
Resíduo (L) x Fécula (L)	-0,169843	0,146426	-1,15992	0,365832

(L): linear; (Q): quadrático;  $R^2 = 0,85$

**Tabela A.6** – Efeito estimado, soma quadrática residual, coeficiente t e significância estatística de cada fator para o teste sensorial de aroma.

<b>Fatores</b>	<b>Efeito estimado</b>	<b>Soma quadrática residual</b>	<b>t(5)</b>	<b>Significância estatística (p)</b>
<b>Efeitos principais</b>				
Resíduo (L)	<b>-0,992587</b>	<b>0,187188</b>	<b>-5,30261</b>	<b>0,003185</b>
Resíduo (Q)	0,001591	0,222619	0,00715	0,994573
Fécula (L)	0,167345	0,187365	0,89315	0,412697
Fécula (Q)	-0,011732	0,223311	-0,05254	0,960135
<b>Efeito de interação</b>				
Resíduo (L) x Fécula (L)	-0,169843	0,264807	-0,64138	0,549514

(L): linear; (Q): quadrático.  $R^2 = 0,85$

**Tabela A.7** – Efeito estimado, erro puro, coeficiente t e significância estatística de cada fator para análise sensorial de cor.

<b>Fatores</b>	<b>Efeito estimado</b>	<b>Erro puro</b>	<b>t(2)</b>	<b>Significância estatística (p)</b>
<b>Efeitos principais</b>				
Resíduo (L)	<b>-1,53454</b>	<b>0,129382</b>	<b>-11,8605</b>	<b>0,007034</b>
Resíduo (Q)	-0,07135	0,153871	-0,4637	0,688439
Fécula (L)	-0,21051	0,129504	-1,6255	0,245564
Fécula (Q)	-0,25763	0,154349	-1,6691	0,237035
<b>Efeito de interação</b>				
Resíduo (L) x Fécula (L)	-0,12349	0,183031	-0,6747	0,569424

(L): linear; (Q): quadrático; R2 = 0,95

**Tabela A.8** – Efeito estimado, soma quadrática residual, coeficiente t e significância estatística de cada fator para a análise sensorial de cor.

<b>Fatores</b>	<b>Efeito estimado</b>	<b>Soma quadrática residual</b>	<b>t(5)</b>	<b>Significância estatística (p)</b>
<b>Efeitos principais</b>				
Resíduo (L)	<b>-1,53454</b>	<b>0,169382</b>	<b>-9,05967</b>	<b>0,000274</b>
Resíduo (Q)	-0,07135	0,201442	-0,35419	0,737642
Fécula (L)	-0,21051	0,169542	-1,24164	0,269438
Fécula (Q)	-0,25763	0,202068	-1,27497	0,258351
<b>Efeito de interação</b>				
Resíduo (L) x Fécula (L)	-0,12349	0,239617	-0,51535	0,628279

(L): linear ; (Q): quadrático. R2 = 0,95

## APÊNDICE B

**Tabela B.1** – Média e desvio-padrão dos parâmetros de volume específico, rendimento, diâmetro, espessura e fator expansão dos biscoitos.

Ensaio	Valor codificado		Valor Real		RESPOSTAS						
	X <sub>1</sub> **	X <sub>2</sub> ***	X <sub>1</sub> **	X <sub>2</sub> ***	Umidade	Aw	Volume específico	Rendimento	Diâmetro	Espessura	Fator Expansão
1	-1	-1	4,4	14,6	4,62 ± 0,1	*0,41 ± 0,01	*7,8 ± 0,88	*0,37 ± 0,04	*32,8 ± 0,6	5,1 ± 0,4	6,4 ± 0,5
2	-1	+1	4,4	85,4	3,89 ± 0,1	*0,38 ± 0,002	*7,1 ± 0,76	*0,38 ± 0,04	31,4 ± 0,7	*6,1 ± 0,6	*5,2 ± 0,5
3	+1	-1	25,6	14,6	5,18 ± 0,2	0,43 ± 0,01	*6,2 ± 0,69	*0,32 ± 0,02	*28,8 ± 0,5	5,0 ± 0,4	5,9 ± 0,5
4	+1	+1	25,6	85,4	4,43 ± 0,4	*0,40 ± 0,01	*5,9 ± 0,61	*0,29 ± 0,03	*28,4 ± 0,4	*4,3 ± 0,5	6,6 ± 0,7
5	- 1,41	0	0	50	*3,38 ± 0,2	*0,36 ± 0,003	*8,3 ± 0,84	0,46 ± 0,04	31,2 ± 1,1	5,6 ± 0,6	5,7 ± 0,6
6	1,41	0	30	50	5,27 ± 0,3	0,44 ± 0,01	*6,2 ± 0,64	*0,30 ± 0,02	*28,5 ± 0,5	4,9 ± 0,6	5,9 ± 0,6
7	0	- 1,41	15	0	*3,52 ± 1,0	*0,39 ± 0,01	*3,4 ± 0,35	*0,32 ± 0,03	*28,8 ± 0,7	5,6 ± 0,6	*5,2 ± 0,5
8	0	1,41	15	100	4,51 ± 0,3	0,42 ± 0,004	*5,8 ± 0,65	*0,37 ± 0,04	*29,6 ± 0,6	5,2 ± 0,5	5,8 ± 0,5
9	0	0	15	50	4,44 ± 0,3	*0,39 ± 0,01	4,5 ± 0,49	0,40 ± 0,04	*29,4 ± 0,7	5,7 ± 0,5	*5,2 ± 0,4
10	0	0	15	50	4,82 ± 0,1	0,43 ± 0,002	5,5 ± 0,42	*0,36 ± 0,02	*28,8 ± 0,4	5,2 ± 0,3	5,6 ± 0,3
11	0	0	15	50	4,07 ± 0,1	*0,38 ± 0,004	4,1 ± 0,35	*0,37 ± 0,04	*28,8 ± 0,5	5,5 ± 0,6	*5,2 ± 0,5
<b>12</b>	<b>Padrão</b>		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>4,82 ± 0,18</b>	<b>0,42 ± 0,005</b>	<b>4,55 ± 0,45</b>	<b>0,44 ± 0,05</b>	<b>31,9 ± 0,4</b>	<b>5,1 ± 0,2</b>	<b>6,3 ± 0,2</b>

\*Diferem significativamente ( $p \leq 0,05$ ) da formulação padrão.

\*\*X<sub>1</sub>= % Resíduo fibroso de casca de maracujá

\*\*\*X<sub>2</sub> = % Fécula de mandioca

**Tabela B.2** – Efeito estimado, erro puro, coeficiente t e significância estatística de cada fator para análise de umidade.

Fatores	Efeito estimado	Erro puro	t(5)	Significância estatística (p)
<b>Efeitos principais</b>				
Resíduo (L)	0,947444	0,266088	3,56064	0,070622
Resíduo (Q)	0,057525	0,316452	0,18178	0,872511
Fécula (L)	-0,018396	0,266339	-0,06907	0,951219
Fécula (Q)	-0,250173	0,317436	-0,78810	0,513210
<b>Efeito de interação</b>				
Resíduo (L) x Fécula (L)	-0,008965	0,376423	-0,02382	0,983161

(L): linear; (Q): quadrático;  $R^2 = 0,5$ .

**Tabela B.3** – Efeito estimado, soma quadrática residual, coeficiente t e significância estatística de cada fator para a análise de umidade.

Fatores	Efeito estimado	Soma quadrática residual	t(2)	Significância estatística (p)
<b>Efeitos principais</b>				
Resíduo (L)	0,947444	0,435834	2,17386	0,081744
Resíduo (Q)	0,057525	0,518328	0,11098	0,915948
Fécula (L)	-0,018396	0,436245	-0,04217	0,967997
Fécula (Q)	-0,250173	0,519939	-0,48116	0,650722
<b>Efeito de interação</b>				
Resíduo (L) x Fécula (L)	-0,008965	0,616555	-0,01454	0,988961

(L): linear; (Q): quadrático;  $R^2 = 0,5$

**Tabela B.4** – Efeito estimado, erro puro, coeficiente t e significância estatística de cada fator para a atividade de água.

Fatores	Efeito estimado	Erro puro	t(5)	Significância estatística (p)
<b>Efeitos principais</b>				
Resíduo (L)	0,038716	0,017191	2,25211	0,153127
Resíduo (Q)	0,000703	0,020445	0,03438	0,975700
Fécula (L)	-0,002301	0,017207	-0,13374	0,905849
Fécula (Q)	0,005225	0,020509	0,25478	0,822698
<b>Efeito de interação</b>				
Resíduo (L) x Fécula (L)	-0,001667	0,024320	-0,06853	0,951598

(L): linear; (Q): quadrático;  $R^2 = 0,5$

**Tabela B.5** – Efeito estimado, soma quadrática residual, coeficiente t e significância estatística de cada fator para atividade de água.

<b>Fatores</b>	<b>Efeito estimado</b>	<b>Soma quadrática residual</b>	<b>t(2)</b>	<b>Significância estatística (p)</b>
<b>Efeitos principais</b>				
Resíduo (L)	0,038716	0,017326	2,23453	0,075733
Resíduo (Q)	0,000703	0,020606	0,03411	0,974111
Fécula (L)	-0,002301	0,017343	-0,13270	0,899605
Fécula (Q)	0,005225	0,020670	0,25279	0,810493
<b>Efeito de interação</b>				
Resíduo (L) x Fécula (L)	-0,001667	0,024511	-0,06800	0,948423

(L): linear; (Q): quadrático;  $R^2 = 0,5$

**Tabela B.6** – Efeito estimado, erro puro, coeficiente t e significância estatística de cada fator para análise de volume específico.

<b>Fatores</b>	<b>Efeito estimado</b>	<b>Erro puro</b>	<b>t(5)</b>	<b>Significância estatística (p)</b>
<b>Efeitos principais</b>				
Resíduo (L)	<b>-1,42193</b>	<b>0,497906</b>	<b>-2,85582</b>	<b>0,103860</b>
Resíduo (Q)	<b>2,94349</b>	<b>0,592148</b>	<b>4,97087</b>	<b>0,038168</b>
Fécula (L)	0,59821	0,498376	1,20033	0,352901
Fécula (Q)	0,30796	0,593989	0,51846	0,655795
<b>Efeito de interação</b>				
Resíduo (L) x Fécula (L)	0,20235	0,704365	0,28728	0,800927

(L): linear; (Q): quadrático;  $R^2 = 0,79$ .

**Tabela B.7** – Efeito estimado, soma quadrática residual, coeficiente t e significância estatística de cada fator para a análise de volume específico.

<b>Fatores</b>	<b>Efeito estimado</b>	<b>Soma quadrática residual</b>	<b>t(2)</b>	<b>Significância estatística (p)</b>
<b>Efeitos principais</b>				
Resíduo (L)	<b>-1,42193</b>	<b>0,674858</b>	<b>-2,10700</b>	<b>0,088959</b>
Resíduo (Q)	<b>2,94349</b>	<b>0,802593</b>	<b>3,66748</b>	<b>0,014481</b>
Fécula (L)	0,59821	0,675494	0,88559	0,416389
Fécula (Q)	0,30796	0,805087	0,38252	0,717798
<b>Efeito de interação</b>				
Resíduo (L) x Fécula (L)	0,20235	0,954691	0,21195	0,840512

(L): linear; (Q): quadrático;  $R^2 = 0,79$ .

**Tabela B.8** – Efeito estimado, erro puro, coeficiente t e significância estatística de cada fator para análise de rendimento.

<b>Fatores</b>	<b>Efeito estimado</b>	<b>Erro puro</b>	<b>t(2)</b>	<b>Significância estatística (p)</b>
<b>Efeitos principais</b>				
Resíduo (L)	<b>-0,091488</b>	<b>0,014714</b>	<b>-6,21780</b>	<b>0,024904</b>
Resíduo (Q)	-0,006689	0,017499	-0,38228	0,739055
Fécula (L)	0,010736	0,014728	0,72894	0,541841
Fécula (Q)	-0,041614	0,017553	-2,37074	0,141195
<b>Efeito de interação</b>				
Resíduo (L) x Fécula (L)	-0,020208	0,020815	-0,97086	0,434032

(L): linear; (Q): quadrático;  $R^2 = 0,84$

**Tabela B.9** – Efeito estimado, soma quadrática residual, coeficiente t e significância estatística de cada fator para a análise de rendimento.

<b>Fatores</b>	<b>Efeito estimado</b>	<b>Soma quadrática residual</b>	<b>t(5)</b>	<b>Significância estatística (p)</b>
<b>Efeitos principais</b>				
Resíduo (L)	<b>-0,091488</b>	<b>0,019284</b>	<b>-4,74427</b>	<b>0,005131</b>
Resíduo (Q)	-0,006689	0,022934	-0,29168	0,782244
Fécula (L)	0,010736	0,019302	0,55619	0,602050
Fécula (Q)	-0,041614	0,023005	-1,80891	0,130255
<b>Efeito de interação</b>				
Resíduo (L) x Fécula (L)	-0,020208	0,027280	-0,74078	0,492129

(L): linear; (Q): quadrático;  $R^2 = 0,84$

**Tabela B.10** – Efeito estimado, erro puro, coeficiente t e significância estatística de cada fator para a análise de diâmetro.

<b>Fatores</b>	<b>Efeito estimado</b>	<b>Erro puro</b>	<b>t(2)</b>	<b>Significância estatística (p)</b>
<b>Efeitos principais</b>				
Resíduo (L)	<b>-2,68943</b>	<b>0,263928</b>	<b>-10,1900</b>	<b>0,009494</b>
Resíduo (Q)	<b>1,29016</b>	<b>0,313883</b>	<b>4,1103</b>	<b>0,054405</b>
Fécula (L)	-0,14711	0,264177	-0,5569	0,633622
Fécula (Q)	0,60492	0,314859	1,9212	0,194656
<b>Efeito de interação</b>				
Resíduo (L) x Fécula (L)	0,47542	0,373367	1,2733	0,330881

(L): linear; (Q): quadrático;  $R^2 = 0,82$

**Tabela B.11** – Efeito estimado, soma quadrática residual, coeficiente t e significância estatística de cada fator para a análise de diâmetro.

<b>Fatores</b>	<b>Efeito estimado</b>	<b>Soma quadrática residual</b>	<b>t(5)</b>	<b>Significância estatística (p)</b>
<b>Efeitos principais</b>				
Resíduo (L)	<b>-2,68943</b>	<b>0,623561</b>	<b>-4,31301</b>	<b>0,007621</b>
Resíduo (Q)	1,29016	0,741587	1,73973	0,142394
Fécula (L)	-0,14711	0,624149	-0,23569	0,823019
Fécula (Q)	0,60492	0,743892	0,81318	0,453079
<b>Efeito de interação</b>				
Resíduo (L) x Fécula (L)	0,47542	0,882123	0,53895	0,613045

(L): linear; (Q): quadrático;  $R^2 = 0,82$ .

**Tabela B.12** – Efeito estimado, erro puro, coeficiente t e significância estatística de cada fator para a análise de espessura.

<b>Fatores</b>	<b>Efeito estimado</b>	<b>Erro puro</b>	<b>t(2)</b>	<b>Significância estatística (p)</b>
<b>Efeitos principais</b>				
Resíduo (L)	<b>-0,770228</b>	<b>0,179524</b>	<b>-4,29040</b>	<b>0,050265</b>
Resíduo (Q)	-0,349317	0,213503	-1,63612	0,243452
Fécula (L)	-0,090499	0,179693	-0,50363	0,664516
Fécula (Q)	-0,126474	0,214167	-0,59054	0,614671
<b>Efeito de interação</b>				
Resíduo (L) x Fécula (L)	<b>-0,816811</b>	<b>0,253964</b>	<b>-3,21625</b>	<b>0,084587</b>

(L): linear; (Q): quadrático;  $R^2 = 0,83$ .

**Tabela B.13** – Efeito estimado, soma quadrática residual, coeficiente t e significância estatística de cada fator para a análise de espessura.

<b>Fatores</b>	<b>Efeito estimado</b>	<b>Soma quadrática residual</b>	<b>t(5)</b>	<b>Significância estatística (p)</b>
<b>Efeitos principais</b>				
Resíduo (L)	<b>-0,770228</b>	<b>0,204708</b>	<b>-3,76257</b>	<b>0,013123</b>
Resíduo (Q)	-0,349317	0,243455	-1,43483	0,210803
Fécula (L)	-0,090499	0,204901	-0,44167	0,677174
Fécula (Q)	-0,126474	0,244211	-0,51789	0,626628
<b>Efeito de interação</b>				
Resíduo (L) x Fécula (L)	<b>-0,816811</b>	<b>0,289591</b>	<b>-2,82056</b>	<b>0,037084</b>

(L): linear; (Q): quadrático;  $R^2 = 0,83$ .

**Tabela B.14** – Efeito estimado, erro puro, coeficiente t e significância estatística de cada fator na avaliação do fator expansão

Fatores	Efeito estimado	Erro puro	t(2)	Significância estatística (p)
<b>Efeitos principais</b>				
Resíduo (L)	0,232982	0,151713	1,53568	0,264401
Resíduo (Q)	<b>0,618600</b>	<b>0,180429</b>	<b>3,42850</b>	<b>0,075557</b>
Fécula (L)	0,007173	0,151856	0,04723	0,966619
Fécula (Q)	0,255769	0,180990	1,41317	0,293155
<b>Efeito de interação</b>				
Resíduo (L) x Fécula (L)	<b>0,764777</b>	<b>0,214622</b>	<b>3,56338</b>	<b>0,070525</b>

(L): linear; (Q): quadrático; R<sup>2</sup> = 0,67.

**Tabela B.15** – Efeito estimado, soma quadrática residual, coeficiente t e significância estatística de cada fator na avaliação do fator expansão.

Fatores	Efeito estimado	Soma quadrática residual	t(5)	Significância estatística (p)
<b>Efeitos principais</b>				
Resíduo (L)	0,232982	0,248630	0,93706	0,391745
Resíduo (Q)	<b>0,618600</b>	<b>0,295690</b>	<b>2,09205</b>	<b>0,090663</b>
Fécula (L)	0,007173	0,248865	0,02882	0,978121
Fécula (Q)	0,255769	0,296609	0,86231	0,427929
<b>Efeito de interação</b>				
Resíduo (L) x Fécula (L)	<b>0,764777</b>	<b>0,351726</b>	<b>2,17436</b>	<b>0,081693</b>

(L): linear; (Q): quadrático; R<sup>2</sup> = 0,67

**Tabela B.16** – Efeito estimado, erro puro, coeficiente t e significância estatística de cada fator na avaliação do parâmetro L da cor instrumental

Fatores	Efeito estimado	Erro puro	t(2)	Significância estatística (p)
<b>Efeitos principais</b>				
Resíduo (L)	-4,82302	1,277650	-3,77491	0,063558
Resíduo (Q)	3,27646	1,519478	2,15631	0,163798
Fécula (L)	1,91056	1,278854	1,49397	0,273775
Fécula (Q)	-3,00768	1,524201	-1,97329	0,187188
<b>Efeito de interação</b>				
Resíduo (L) x Fécula (L)	-2,90333	1,807432	-1,60633	0,249435

(L): linear; (Q): quadrático; R<sup>2</sup> = 0,41.

**Tabela B.17** – Efeito estimado, soma quadrática residual, coeficiente t e significância estatística de cada fator na avaliação do parâmetro L da cor instrumental.

Fatores	Efeito estimado	Soma quadrática residual	t(5)	Significância estatística (p)
<b>Efeitos principais</b>				
Resíduo (L)	-4,82302	3,790241	-1,27248	0,259163
Resíduo (Q)	3,27646	4,507643	0,72687	0,499898
Fécula (L)	1,91056	3,793814	0,50360	0,635941
Fécula (Q)	-3,00768	4,521654	-0,66517	0,535388
<b>Efeito de interação</b>				
Resíduo (L) x Fécula (L)	-2,90333	5,361879	-0,54148	0,611425

(L): linear; (Q): quadrático;  $R^2 = 0,41$ .

**Tabela B.18** – Efeito estimado, erro puro, coeficiente t e significância estatística de cada fator na avaliação do parâmetro a da cor instrumental

Fatores	Efeito estimado	Erro puro	t(2)	Significância estatística (p)
<b>Efeitos principais</b>				
Resíduo (L)	0,223744	0,506268	0,44195	0,701721
Resíduo (Q)	0,827395	0,602092	1,37420	0,303112
Fécula (L)	-0,541040	0,506745	-1,06768	0,397469
Fécula (Q)	0,206349	0,603964	0,34166	0,765167
<b>Efeito de interação</b>				
Resíduo (L) x Fécula (L)	0,796667	0,716194	1,11236	0,381768

(L): linear; (Q): quadrático;  $R^2 = 0,21$ .

**Tabela B.19** – Efeito estimado, soma quadrática residual, coeficiente t e significância estatística de cada fator na avaliação do parâmetro a da cor instrumental

Fatores	Efeito estimado	Soma quadrática residual	t(5)	Significância estatística (p)
<b>Efeitos principais</b>				
Resíduo (L)	0,223744	0,937913	0,238555	0,820919
Resíduo (Q)	0,827395	1,115438	0,741767	0,491579
Fécula (L)	-0,541040	0,938798	-0,576312	0,589374
Fécula (Q)	0,206349	1,118905	0,184420	0,860930
<b>Efeito de interação</b>				
Resíduo (L) x Fécula (L)	0,796667	1,326823	0,600432	0,574394

(L): linear; (Q): quadrático;  $R^2 = 0,21$ .

**Tabela B.20** – Efeito estimado, erro puro, coeficiente t e significância estatística de cada fator na avaliação do parâmetro b da cor instrumental.

<b>Fatores</b>	<b>Efeito estimado</b>	<b>Erro puro</b>	<b>t(2)</b>	<b>Significância estatística (p)</b>
<b>Efeitos principais</b>				
Resíduo (L)	-0,19178	0,262241	-0,73132	0,540659
Resíduo (Q)	2,23592	0,311876	7,16926	0,018906
Fécula (L)	-1,54260	0,262488	-5,87684	0,027754
Fécula (Q)	1,60441	0,312846	5,12845	0,035982
<b>Efeito de interação</b>				
Resíduo (L) x Fécula (L)	4,72500	0,370980	12,73655	0,006108

(L): linear; (Q): quadrático;  $R^2 = 0,54$ .

**Tabela B.21** – Efeito estimado, soma quadrática residual, coeficiente t e significância estatística de cada fator na avaliação do parâmetro b da cor instrumental.

<b>Fatores</b>	<b>Efeito estimado</b>	<b>Soma quadrática residual</b>	<b>t(5)</b>	<b>Significância estatística (p)</b>
<b>Efeitos principais</b>				
Resíduo (L)	-0,19178	1,725956	-0,111117	0,915846
Resíduo (Q)	2,23592	2,052639	1,089293	0,325718
Fécula (L)	-1,54260	1,727583	-0,892923	0,412807
Fécula (Q)	1,60441	2,059019	0,779213	0,471107
<b>Efeito de interação</b>				
Resíduo (L) x Fécula (L)	4,72500	2,441631	1,935182	0,110752

(L): linear; (Q): quadrático;  $R^2 = 0,54$ .