UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
Faculdade de Engenharia de Alimentos
Departamento de Tecnologia de Alimentos

Desenvolvimento e avaliação tecnológica de biscoito tipo *cracker* com incremento no teor de proteínas e de fibras pela incorporação de derivados de soja

Cristiane Rodrigues Gomes Ruffi
Engenheira de Alimentos

Profa. Dra. Fernanda Paula Collares Queiroz
Orientadora

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

Campinas – São Paulo

2011

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA FEA – UNICAMP

Gomes-Ruffi, Cristiane Rodrigues
G585d Desenvolvimento e avaliação tecnológica de biscoito tipo cracker com incremento no teor de proteínas e de fibras pela incorporação de derivados de soja / Cristiane Rodrigues Gomes-Ruffi. -- Campinas, SP: [s.n], 2011.

Orientador: Fernanda Paula Collares-Queiroz
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos.

1. Biscoito. 2. Crackers. 3. Isolado protéico de soja. 4. Fibra de soja. 5. Isoflavonas. 6. Alimentos funcionais. I. Collares-Queiroz, Fernanda Paula. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos. III. Título.

cars/fea

Título em inglês: Development and technological evaluation of cracker biscuit with increase of content proteins and fibers by incorporation of soy derivates
Palavras-chave em inglês (Keywords): Cookies, Crackers, Soy protein isolate, Soy fiber Isoflavones, Functional foods
Titulação: Mestre em Tecnologia de Alimentos
Banca examinadora: Fernanda Paula Collares-Queiroz
Elizabeth Harumi Nabeshima
Vera Sônia Nunes da Silva
Data da defesa: 24/02/2011
Programa de Pós Graduação: Programa em Tecnologia de Alimentos

Este exemplar corresponde à redação final da dissertação de mestrado defendida em ___/___/_____ por Cristiane Rodrigues Gomes Ruffi aprovado pela comissão julgadora em ___/___/_____.

_____

Prof[a]. Dra. Fernanda Paula Collares Queiroz
(Orientador)

_____

Dra. Elizabeth Harumi Nabeshima

(Membro)

_____

Dra. Vera Sônia Nunes da Silva

(Membro)

_____

Dra. Rita de Cássia Salvucci Celeste Ormenese

(Membro)

_____

Dra. Renata Maria dos Santos Celeghini

(Membro)

DEDICATÓRIA

À Deus, pela vida, por tantas dádivas,
pela força e por mais essa conquista.

Aos meus pais Iracema e Alípio, pelo exemplo,
incentivo e dedicação de uma vida toda.

Aos meus irmãos Eliane e Daniel,
pelo apoio e incentivo.

E à minha inspiração Rodrigo Ruffi, meu amado esposo,
pelo amor, compreensão, apoio e motivação.

Lâmpada para os meus pés é a tua palavra e,
luz para os meus caminhos.
(Sl. 119:105)

AGRADECIMENTOS

À Deus, toda honra. Motivo de minha gratidão e existência.

À minha orientadora, Prof[a]. Dra. Fernanda Paula Collares Queiroz, pela orientação, dedicação, encorajamento, amizade e valiosa experiência, contribuindo para a realização desta pesquisa.

Aos membros da banca examinadora pelas correções e valiosas contribuições para conclusão deste trabalho.

Às diretoras do Cereal Chocotec/ITAL pela oportunidade, apoio, incentivo e compreensão nos momentos mais difíceis, em especial à Ana Lúcia Fadini pela viabilização oferecida para a execução dos testes na linha de biscoitos.

À toda a equipe do Cereal Chocotec/ITAL, que direta ou indiretamente contribuíram para esta pesquisa. Em especial, aos colegas da área de Cereais Silvia Biondi, Marcos A. Vilela, Flávio M. Montenegro, Elizabeth H. Nabeshima, Carla Léa Viana Cruz, Izabela D. Alvim e Christiane Mendes pela enorme colaboração, incentivo e amizade.

Ao Marcos A. Vilela, técnico do Cereal Chocotec/ITAL, responsável pelo funcionamento da linha de biscoitos e à todos os colegas que muitas vezes suaram a camisa comigo, quando juntos íamos todos para o forno de biscoitos.

À Dra. Rita de Cássia Ormenese, Dra. Eliete Vaz de Faria e demais integrantes da equipe do LAFISE/ITAL pela importante colaboração nas análises sensoriais.

Ao Dr. Eduardo Vicente, Dra. Vera Sônia Nunes da Silva, Dra. Sueli Baggio e demais integrantes da equipe do CCQA/ITAL pela viabilização e colaboração nas principais análises químicas e físico-químicas desta pesquisa.

Ao Dr. Luciano Armiliato do GEPC/ITAL, pelo auxílio na parte estatística.

À Dra. Jane Menegaldo do Cereal Chocotec/ITAL, pela colaboração como Conselheira Acadêmica do Programa de Pós-Graduação da EMBRAPA.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), pela concessão de bolsa de pós-graduação.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão das bolsas de Iniciação Científica.

Aos estagiários, Guilherme Barbosa, Ana Cláudia Dalmora, Fernanda Pascon Marzola, Silvinha Naloto, Aline Duarte, Aline Vanilli Vieira, Simoni de Celis,

Fabrizia S. de Souza, Gabriela C. Marson e Juliana Alves Ferreira pela colaboração durante o desenvolvimento deste trabalho.

À todos os professores e funcionários da pós-graduação que fizeram parte da minha formação acadêmica, contribuindo para a realização desta pesquisa.

Aos colegas da pós-graduação, em especial ao Flávio M. Montenegro, Luciana Maria R. Esper, Valquíria Ros Polski, Robison Cunha e Emmanuelle Pilarski, pela amizade, apoio e incentivo.

Aos familiares pelo encorajamento e apoio, em especial à Priscila, Bianca, Dorcas e Francisco.

À todos que motivaram e cooperaram direta ou indiretamente para a execução deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS ..... **xiii**
LISTA DE FIGURAS ..... **xvii**
RESUMO ..... **xix**
ABSTRACT ..... **xxi**
1. INTRODUÇÃO **1**
2. OBJETIVOS **1**
2.1. Objetivo geral 1
2.2. Objetivos específicos 1
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA **2**
3.1. Alimento Funcional 2
3.2. A Soja 4
3.2.1. Derivados da soja 7
3.2.1.1. Proteínas da Soja 9
3.2.1.2. Fibra de Soja 14
3.2.1.3. Isoflavonas 15
3.3. Fibras Alimentares 19
3.3.1. Fibras Solúveis 23
3.3.2. Fibras Insolúveis 26
3.4. O Biscoito 27
3.4.1. Biscoito tipo *cracker* 33
3.4.2. Ingredientes mais utilizados na fabricação de *crackers* 34
3.4.2.1. Farinha de Trigo 35
3.4.2.2. Fermento Biológico 38
3.4.2.3. Água 39
3.4.2.4. Gordura 40
3.4.2.5. Sal 41
3.4.2.6. Bicarbonato de Sódio 42
3.4.2.7. Enzimas 42

3.4.2.8. Lecitina de soja 44
3.4.3. Processamento do biscoito tipo *cracker* 45
3.4.3.1. Mistura e fermentação da esponja 45
3.4.3.2. Mistura e fermentação da massa 47
3.4.3.3. Laminação e corte 48
3.4.3.4. Forneamento 49
3.4.3.5. Resfriamento 50
4. MATERIAL E MÉTODOS 51
4.1. Matérias-primas 51
4.1.1. Farinha de trigo 51
4.1.2. Isolado protéico de soja 51
4.1.3. Fibra de soja 51
4.1.4. Demais ingredientes 51
4.2. Métodos 52
4.2.1. Caracterização química e física das matérias-primas 52
4.2.1.1. Composição centesimal 52
4.2.1.2. Fibra alimentar solúvel e insolúvel 53
4.2.1.3. Composição em aminoácidos totais 53
4.2.1.4. Granulometria 53
4.2.2. Caracterização reológica da farinha de trigo 54
4.2.2.1. Farinografia 54
4.2.2.2. Extensografia 54
4.2.2.3. *Falling number* 54
4.2.2.4. Teor de glúten 55
4.2.3. Teor de isoflavonas do isolado protéico e fibra de soja 55
4.2.4. Caracterização da mistura: farinha de trigo e derivados de soja 55
4.2.5. Produção dos biscoitos salgados tipo *cracker* 55
4.2.5.1. Ensaios preliminares 55
4.2.5.2. Formulação 56
4.2.5.3. Planejamento experimental 56
4.2.6. Execução dos ensaios 58

4.2.6.1. Mistura (formação da esponja) 59
4.2.6.2. Primeira fermentação (esponja) 60
4.2.6.3. Formação da massa / segunda fermentação 60
4.2.6.4. Laminação 61
4.2.6.5. Estampagem/Corte 61
4.2.6.6. Forneamento 61
4.2.6.7. Resfriamento 62
4.2.6.8. Acondicionamento 62
4.2.7. Caracterização dos biscoitos 62
4.2.7.1. Índice de expansão 62
4.2.7.2. Volume específico 63
4.2.7.3. Cor instrumental 63
4.2.7.4. Firmeza e fraturabilidade 64
4.2.7.5. Atividade de água 64
4.2.7.6. Análise sensorial 64
4.2.8. Análise estatística dos resultados 67
4.2.9. Validação dos modelos matemáticos nos ensaios selecionados 67
4.2.9.1. Caracterização química e nutricional 67
4.2.9.2. Caracterização física 67
4.2.9.3. Análise sensorial dos ensaios selecionados 68
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO 69
5.1. Caracterização da farinha de trigo, isolado protéico e fibra de soja 69
5.1.1. Composição centesimal e teor de fibra alimentar solúvel e insolúvel 69
5.1.2. Composição em aminoácidos 70
5.1.3. Conteúdo de isoflavonas 72
5.2. Caracterização física e/ou reológica da farinha de trigo, isolado protéico e fibra de soja 74
5.3. Caracterização reológica da farinha de trigo 75
5.3.1. Farinografia 75
5.3.2. Extensografia 76
5.4. Análise dos biscoitos produzidos 77

5.4.1. Índice de expansão 80
5.4.2. Atividade de água 81
5.4.3. Volume específico 82
5.4.4. Firmeza 83
5.4.5. Fraturabilidade 85
5.4.6. Cor instrumental 88
5.4.6.1. Luminosidade (L*) 90
5.4.6.2. Cromaticidade *(a*)* 91
5.4.6.3. Cromaticidade *(b*)* 91
5.4.6.4. Diferença de cor *(ΔE*)* 92
5.4.6.5. Croma (C*) 94
5.4.6.6. Ângulo de tonalidade (h_{ab}) 95
5.4.7. Análise sensorial 96
5.4.7.1. Análise dos DCCRs para as respostas da análise sensorial 98
5.4.7.2. Comparação das amostras do planejamento experimental e da amostra controle quanto aos atributos sensoriais 99
5.5. Escolha das condições de ensaio para validação dos modelos 102
5.6. Caracterização dos biscoitos utilizados na validação dos modelos matemáticos 105
5.6.1. Composição centesimal e teor de fibra alimentar solúvel e insolúvel 105
5.6.2. Teor de Aminoácidos 108
5.6.3. Teor de Isoflavonas 110
5.6.4. Análises Físicas 113
5.6.5. Análise Sensorial dos ensaios selecionados 115
5.6.5.2. Teste de aceitabilidade e intenção de compra 117
6. CONCLUSÕES 127
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 129
ANEXO I 146
ANEXO II 147
ANEXO III 148

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Classificação, tipos, fontes e ações de fibras solúveis e insolúveis.... 23

Tabela 2. Produção Nacional e Consumo per capta de Biscoitos (2000 – 2009)..... 29

Tabela 3. Formulação básica para biscoito *cracker*..... 35

Tabela 4. Formulação base para produção dos biscoitos *cracker*..... 56

Tabela 5. Variáveis independentes e níveis de variação..... 57

Tabela 6. Matriz do planejamento experimental com valores codificados e reais..... 58

Tabela 7. Composição centesimal das matérias-primas..... 69

Tabela 8. Composição em aminoácidos da farinha de trigo, isolado protéico de soja e fibra de soja..... 71

Tabela 9. Teor médio de isoflavona na farinha de trigo, isolado protéico de soja e fibra de soja..... 72

Tabela 10. Determinação da quantidade de isoflavonas no isolado protéico de soja e fibra de soja..... 73

Tabela 11. Caracterização da farinha de trigo, isolado protéico de soja e fibra de soja..... 74

Tabela 12. Farinografia da amostra de farinha de trigo..... 76

Tabela 13. Extensografia da amostra de farinha de trigo..... 77

Tabela 14. Índice de expansão, atividade de água, volume específico, firmeza e fraturabilidade para os ensaios do planejamento..... 79

Tabela 15. ANOVA com coeficientes significativos para a resposta *Firmeza*..... 83

Tabela 16. ANOVA com coeficientes significativos para a resposta *Fraturabilidade*..... 86

Tabela 17. Cor instrumental (L*, a*, b*, ΔE^*, C* e h_{ab}) para os ensaios do planejamento..... 89

Tabela 18. Aceitabilidade das amostras de biscoito *cracker* quanto aos atributos avaliados para os ensaios do planejamento..... 97

Tabela 19. Resultados obtidos no teste para avaliação da aceitabilidade dos produtos de modo global e, em particular, da aparência, dureza na primeira mordida, crocância e sabor das amostras de biscoito *cracker*..... 99
Tabela 20. Gostos descritos pelos consumidores em relação às amostras de biscoito *cracker* (números indicam a freqüência com que foram citados)..... 101
Tabela 21. Desgostos descritos pelos consumidores em relação às amostras de biscoito *cracker* (números indicam a freqüência com que foram citados)..... 102
Tabela 22. Média dos resultados da validação e seus respectivos desvios relativos..... 103
Tabela 23. Desvio das respostas da validação em relação ao ensaio controle da validação..... 104
Tabela 24. Composição centesimal dos ensaios da validação e da amostra controle..... 106
Tabela 25. Composição em aminoácidos dos biscoitos..... 108
Tabela 26. Teor médio de isoflavonas nos ensaios da validação..... 110
Tabela 27. Determinação da quantidade de isoflavonas dos ensaios 1, 5, 6 e 7..... 111
Tabela 28. Valores médios das respostas índice de expansão, volume específico e atividade de água..... 113
Tabela 29. Valores médios das respostas firmeza e fraturabilidade..... 114
Tabela 30. Valores médios das respostas L*, a*, b* e ΔE*..... 114
Tabela 31. Valores médios das respostas da análise de aceitabilidade e intenção de compra das amostras de biscoito *cracker*..... 119
Tabela 32. Frequências de aceitação, indiferença e rejeição à aparência, aroma, dureza na primeira mordida, crocância, sabor e produto de modo global e freqüências de intenção positiva de compra, incerteza e intenção negativa de compra das amostras de biscoito *cracker*..... 120
Tabela 33. Gostos descritos pelo grupo de consumidores que avaliou as amostras de biscoito *cracker* (Números indicam a freqüência com que foram citados)..... 124

Tabela 34. Desgostos descritos pelo grupo de consumidores que avaliou as amostras de biscoito *cracker* (Números indicam a freqüência com que foram citados).....125
Tabela 35. Umidade e Farinografia para os ensaios de 1 ao 12 e controle..... 146
Tabela 36. Coeficientes de regressão para resposta Índice de expansão.....148
Tabela 37. Coeficientes de regressão para resposta AW.....148
Tabela 38. Coeficientes de regressão para resposta Volume específico.....149
Tabela 39. Coeficientes de regressão para resposta Firmeza..... 149
Tabela 40. Coeficientes de regressão significativos para resposta Firmeza.....149
Tabela 41. Coeficientes de regressão para resposta Fraturabilidade..... 150
Tabela 42. Coeficientes de regressão significativos para resposta Fraturabilidade.....150
Tabela 43. Coeficientes de regressão para resposta L*.....150
Tabela 44. Coeficientes de regressão para resposta a*.....151
Tabela 45. Coeficientes de regressão para resposta b*.....151
Tabela 46. Coeficientes de regressão significativos para resposta b*.....151
Tabela 47. Coeficientes de regressão para resposta ΔE*.....152
Tabela 48. Coeficientes de regressão para resposta croma C*..... 152
Tabela 49. Coeficientes de regressão significativos para resposta croma C*.....152
Tabela 50. Coeficientes de regressão para resposta h_{ab}.....153
Tabela 51. Coeficientes de regressão para resposta Modo Global.....153
Tabela 52. Coeficientes de regressão para resposta Aparência.....153
Tabela 53. Coeficientes de regressão para resposta Dureza na 1ª Mordida.....154
Tabela 54. Coeficientes de regressão para resposta Crocância.....154
Tabela 55. Coeficientes de regressão para resposta Sabor.....154
Tabela 56. Coeficientes de regressão significativos para resposta Sabor..... 155

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Produção Nacional de Biscoitos nos anos de 2000 a 2009..... 28

Figura 2. Consumo de biscoitos nos diferentes estados do Brasil..... 29

Figura 3. Categorias de biscoitos produzidas no Brasil..... 30

Figura 4. Matérias-primas (farinha de trigo, isolado protéico de soja - IPS e fibra de soja - FS) utilizadas para a fabricação dos biscoitos..... 52

Figura 5. Fluxograma do processamento de biscoito *cracker*, método convencional em dois estágios..... 59

Figura 6. Características do grupo de consumidores quanto à faixa etária (a) e classe social (b)..... 66

Figura 7. Frequência de consumo citada pelo grupo de consumidores que avaliou as amostras..... 66

Figura 8. Superfície de resposta e curvas de contorno para o parâmetro *firmeza* dos biscoitos em função do isolado protéico de soja e fibra de soja..... 84

Figura 9. Superfície de resposta e curvas de contorno para o parâmetro *Fraturabilidade* dos biscoitos em função do isolado protéico de soja e fibra de soja..... 87

Figura 10. Faixa etária (a), classe social (b), marcas (c) e freqüência de consumo de biscoitos cream cracker (d) citados pelo grupo de consumidores que avaliou as amostras..... 116

Figura 11. Distribuição em freqüência dos valores da escala atribuídos para a aceitabilidade da aparência (a), do aroma (b) e da dureza na primeira mordida (c) para as amostras de biscoitos *cracker*..... 121

Figura 12. Distribuição em freqüência dos valores da escala atribuídos para a aceitabilidade da crocância (a), do sabor (b) e do produto de modo global (c) para as amostras de biscoitos *cracker*..... 122

Figura 13. Distribuição em freqüência dos valores da escala atribuídos para a intenção de compra das amostras de biscoito *cracker*..... 123
Figura 14. Biscoitos selecionados para a validação dos modelos..... 126

RESUMO

O segmento de biscoitos é um setor da panificação de extrema importância para o Brasil, que se destaca como o 2º maior produtor mundial em volume. Por ser consumido habitualmente por grande parte da população brasileira, o biscoito salgado tipo *cracker*, segundo tipo de biscoito mais consumido (25% em volume), revela-se como um bom veículo para a inclusão de ingredientes funcionais. A soja constitui-se em um destes ingredientes, devido à presença de compostos bioativos (isoflavonas), sendo inclusive excelente para o enriquecimento protéico, principalmente como fonte de aminoácidos essenciais, e de fibras, traduzindo-se em benefícios à saúde, além de agregar valor ao produto. O objetivo desse projeto foi avaliar o desempenho tecnológico de biscoito salgado tipo *cracker* obtido com a utilização de derivados da soja (isolado protéico e fibra alimentar) em substituição parcial da farinha de trigo, visando a melhoria nutricional (teor e perfil de aminoácidos) com propriedades funcionais (fibras e isoflavonas). Inicialmente, as matérias-primas (farinha de trigo, isolado protéico e fibra de soja) foram caracterizadas quanto à composição centesimal, teor de fibra alimentar (solúvel e insolúvel), composição em aminoácidos totais, teor de isoflavonas e granulometria. A farinha de trigo foi caracterizada quanto às análises reológicas (farinográficas e extensográficas), teor de glúten e *falling number*. Posteriormente, um delineamento experimental, aplicado à Metodologia de Superfície de Resposta, foi utilizado para avaliar a influência da adição destes dois ingredientes derivados de soja nos parâmetros de qualidade dos biscoitos. As respostas avaliadas por este planejamento experimental fatorial completo 2^2 com 4 pontos fatoriais, 4 pontos axiais e 4 pontos centrais, totalizando 12 ensaios, foram: o índice de expansão, o volume específico, a cor instrumental, a textura instrumental (firmeza e fraturabilidade), a atividade de água e a aceitação sensorial. Os resultados foram analisados estatisticamente (DCCR e ANOVA) e com base nos resultados de textura instrumental e aceitação sensorial obtidos, novos testes experimentais foram realizados apenas nos pontos/intervalos que apresentaram as melhores respostas em comparação com o biscoito controle (sem a adição dos derivados de

soja). Além das avaliações tecnológicas, os biscoitos referentes aos ensaios selecionados e o biscoito Controle foram avaliados quanto à composição centesimal, teor de fibra alimentar (solúvel e insolúvel), composição em aminoácidos totais e teor de isoflavonas. Os resultados mostraram que a adição de isolado protéico de soja (IPS) e fibra de soja (FS) interferiram nas características de textura instrumental, com aumento da crocância, ou fraturabilidade. A análise sensorial mostrou que além do Controle, a amostra 1 (6,46% IPS e 3,88% FS) foi a que apresentou as maiores freqüências de aceitação (superiores a 80% para todos os atributos avaliados), seguida das amostras 7 (10,0% IPS e 3,0% FS) e 5 (5,0% IPS e 6,0% FS). A amostra 6 (15,0% IPS e 6,0% FS) foi rejeitada sensorialmente. Do ponto de vista nutricional, para as formulações selecionadas do delineamento, a incorporação de IPS e FS promoveu uma diminuição nos teores de carboidratos, aumento nos teores protéicos (e perfil de aminoácidos de alto valor biológico), nas fibras totais (superiores a 3 g/100 g), sendo consideradas fontes de fibra pela legislação brasileira, além da presença de isoflavonas, que conferem propriedades funcionais aos biscoitos. Portanto, a adição de IPS e FS proporcionou a obtenção de biscoitos *cracker* com alto valor agregado, com melhores propriedades nutricionais e potencialmente funcionais (fibras e isoflavonas).

Palavras-chave: biscoito *cracker*, isolado protéico de soja, fibra de soja, isoflavonas, alimentos funcionais.

ABSTRACT

The biscuit segment, is a Bakery Industry sector of an extremely importance to Brazil. Which stands as the 2nd world`s largest producer by volume. Because it is usually consumed by most of the population, the second most consumed type of biscuit (25% in volume), the cracker biscuit reveals itself as a good vehicle for the inclusion of functional ingredients. Soy is one of these ingredients, due the presence of bioactive compounds (isoflavones), being also excellent for protein enrichment, mainly as a source of essential aminoacids and fiber, resulting in health benefits, besides the fact that it adds value to the product. The aim of this project was to evaluate the technological performance of salty crackers obtained with the use of soy products (protein isolate and dietary fiber) in partial replacement of wheat flour, in order to improve nutritional content (content and aminoacid profile) with functional properties (fiber and isoflavones). Initially, the raw materials (wheat flour, protein isolate and soy fiber) were characterized by centesimal composition, value of nourishing fiber (soluble and insoluble), total aminoacid composition, isoflavone content and granulometry. Wheat flour was characterized based on the rheological analysis (farinographic and extensographic), gluten content and falling number. Subsequently, an experimental design, applied to the Response Surface Methodology was used to evaluate the effect of adding these two soybean derived products in the parameters of biscuits quality. The responses evaluated by this 2^2 full factorial design with 4 factorial points, 4 axial points and 4 central points, totaling 12 trials were: the expansion index, specific volume, instrumental color, instrumental texture (firmness and fracturability), the water activity and sensory evaluation. The results were analyzed statistically (DCCR and ANOVA) and based on the instrumental texture and sensory acceptability results obtained, new experimental tests were performed only at the points/intervals which presented the best responses compared with the control cracker (without the addition of soybean derived products). In addition to the technological evaluations, the crackers from the selected trials and the control

cracker were evaluated for centesimal composition, value of nourishing fiber (soluble and insoluble), total aminoacid composition and isoflavone content. The results showed that the addition of soy protein isolate (SPI) and soy fiber (SF) affected the instrumental texture characteristics, with an increase in crispness or fracturability. The sensory evaluation showed that besides control cracker, the sample 1 (6.46% SPI and 3.88% SF) was the one with the highest acceptance (above 80% for all attributes), then the samples 7 (10.0% SPI and 3.0% SF) and 5 (5.0% SPI and 6.0% SF). Sample 6 (15.0% SPI and 6.0% SF) was rejected sensory. From a nutritional point of view, for the selected formulations, the addition of SPI and FS promoted a decrease in carbohydrate, an increase in protein content (and aminoacid profile of high biological value) and total fiber (greater than 3 g/100 g), being considered fiber sources by Brazilian law, and the presence of isoflavones, that provides the functional properties of biscuits. So, the addition of SPI and FS resulted in crackers with high added value, with improved nutritional properties and potentially functional properties (fiber and isoflavones).

Keywords: crackers, soy protein isolate, soy fiber, isoflavones, functional foods.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o segundo maior produtor mundial de biscoito em termos de volume. De acordo com dados da Associação Nacional das Indústrias de Biscoitos (ANIB), em 2009, foram produzidas 1 milhão e 206 mil toneladas de biscoitos no país (SIMABESP, 2010).

Os biscoitos fazem parte de uma categoria de alimentos importantes para a suplementação com fibras, entretanto, os ingredientes ricos em fibras devem apresentar características sensoriais aceitáveis, não afetar adversamente a textura e o fator de expansão ou causar reações indesejáveis na consistência e elasticidade da massa. Em geral, estudos sobre biscoitos suplementados com fibras têm indicado que as suas características físicas, sensoriais e nutricionais variam amplamente conforme o alimento a ser utilizado como fonte de fibra (SILVA; BORGES; MARTINS, 2001).

O programa brasileiro de utilização de misturas de farinhas expandiu-se para a fabricação de biscoitos devido a sua grande aceitabilidade por indivíduos de diferentes idades e classes econômicas, além de possuir poder atrativo, principalmente para as crianças (PEREZ; GERMANI, 2007). A sua vida útil longa permite que sejam produzidos em grandes quantidades e largamente distribuídos. Um produto com tais características, aliadas a sua enorme diversidade, revela-se um bom veículo para o estudo destas misturas, seja por razões econômicas, ou por razões nutricionais. Essas vantagens, no entanto, serão desfrutadas apenas se, do ponto de vista tecnológico, for possível adicionar farinhas ou matérias-primas substitutas à farinha de trigo sem prejuízo da qualidade dos biscoitos.

Estudos relacionados à aplicação de soja em biscoitos têm sido pouco explorados, em especial no biscoito salgado tipo *cracker*, provavelmente, devido ao fato do biscoito tipo *cracker* se diferenciar dos demais por requerer maior teor de glúten (proteína do trigo com características viscoelásticas), e da importância deste na etapa de fermentação (relacionada ao crescimento, textura e sabor do produto), restringindo a substituição da farinha de trigo por outra farinha. Outra

dificuldade está relacionada ao efeito da soja em misturas com farinha de trigo (diferenças na absorção de água), resultando em problemas reológicos na massa e de textura no biscoito.

O Brasil, atualmente, é o segundo maior produtor de soja, com produção estimada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010) na safra 2010, de 64,9 milhões de toneladas, com alta de 13,8%, em comparação ao volume obtido em 2009. De acordo com a Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais (ABIOVE, 2010), a produção de soja representa cerca de 45% da produção brasileira de grãos e a cultura é responsável por 30% da renda agrícola nacional, demonstrando a importância econômica deste produto para o país.

Além do fator econômico, a soja e seus derivados apresentam grande potencial no mercado de alimentos funcionais devido à presença de compostos bioativos, tais como as isoflavonas, as quais têm sido largamente estudadas quanto aos seus efeitos biológicos benéficos à saúde humana (LUI *et al.,* 2003).

Embora seja conhecido o efeito da proteína de soja na redução dos índices lipídicos do plasma sangüíneo, estudos recentes mostram que a combinação das frações de proteína e de fibra potencializa a redução lipídica do plasma sangüíneo em relação apenas à proteína de soja isolada (SLAVIN, 2005).

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Esta pesquisa teve como objetivo estudar o desempenho tecnológico de biscoito salgado tipo *cracker* obtido com a utilização de derivados da soja (proteína e fibra de soja) em substituição parcial da farinha de trigo, visando a melhoria nutricional com propriedades funcionais (proteínas, fibras e isoflavonas).

2.2. Objetivos específicos

(i) Determinar os níveis de adição da fibra de soja (FS) e da proteína (IPS – isolado protéico de soja) na formulação de biscoito tipo *cracker,* considerando os parâmetros de processo e os aspectos de qualidade física e sensorial do produto;

(ii) Estudar o desempenho do processo de fabricação de biscoito salgado tipo *cracker* com a substituição parcial do glúten (presente na proteína do trigo) pela proteína e fibra de soja, e suas alterações na qualidade tecnológica do produto final;

(iii) Avaliar o desempenho dos derivados da soja nas características tecnológicas e sensoriais de biscoito salgado tipo *cracker* com incremento no teor protéico e de fibra.

(iv) Avaliar a qualidade nutricional e funcional das amostras controle e selecionadas.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Alimento Funcional

Nos últimos anos, o estilo de vida saudável vem direcionando a vida de um número cada vez maior de pessoas. Este novo estilo de vida inclui, principalmente, uma alimentação baseada em produtos que não comprometam a saúde ou até promovam benefícios à mesma. Com isso, uma grande tendência é a preferência por alimentos, ingredientes e aditivos naturais (MELO, 2004). Um paradigma de nutrição defensiva para adultos no século XXI enfatiza fazer escolhas alimentares saudáveis para um funcionamento ótimo durante o envelhecimento. A eficácia e segurança desses alimentos devem ser asseguradas por estudos científicos (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2005).

Historicamente os alimentos têm proporcionado nutrição e divertimento, segundo Gordon e Kubomura (2003). Os alimentos funcionais são alimentos ou componentes alimentares que oferecem mais benefícios além das propriedades nutricionais básicas (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2005). Estes alimentos contêm em sua composição, substâncias nutrientes ou não, capazes de modular as respostas metabólicas do indivíduo, resultando em maior proteção e estímulo à saúde (PACHECO; SGARBIERI, 2001).

O Japão foi o pioneiro na produção e comercialização de alimentos funcionais. Conhecidos como FOSHU, "*Foods for Specified Health Use*", os funcionais japoneses sustentam um selo de aprovação do Ministério da Saúde e Bem Estar desde 1997 (STRINGHETA, 2007).

O órgão norte-americano que regulamenta alimentos e medicamentos, Food and Drug Administration (FDA), aprovou em 1999 uma alegação funcional em rótulos de produtos alimentícios compostos ou derivados de soja integral ou contendo ingredientes protéicos de soja, relacionando-os à redução de risco de doenças cardiovasculares (FDA, 1999).

No Brasil, as regras foram instituídas a partir de 1999 através da portaria nº 398 de 30 de Abril de 1999. Atualmente, a Resolução nº 18, de 30 de abril de

1999 da Agencia Nacional de Vigilância Sanitária fornece a definição legal de alimento funcional: "*todo aquele alimento ou ingrediente que, além das funções nutricionais básicas, quando consumido como parte da dieta usual, produz efeitos metabólicos e/ou fisiológicos e/ou efeitos benéficos à saúde, devendo ser seguro para consumo sem supervisão médica*" (BRASIL,1999).

O mercado brasileiro de alimentos funcionais tem crescido a taxas anuais de aproximadamente 20% e se revela um campo fértil de pesquisa e oportunidades comerciais. O Brasil, como segundo maior produtor mundial de soja, apresenta enorme potencial para participação no crescente mercado dos alimentos funcionais, porém, as inovações em alimentos funcionais no Brasil são ainda incipientes se comparadas ao estágio em que se encontram hoje as empresas do Japão, Estados Unidos e Europa (GOUVEIA, 2006; LIMA, 2007). Entre as 24 categorias de alimentos mais vendidos no Brasil em 2005, 75% estão ligados à saúde. Uma pesquisa feita pela *Health Focus* em 30 países, mostra que 44% dos consumidores brasileiros das classes sociais A e B escolhem seus alimentos com base na relação que eles têm com a saúde, sendo um dos maiores índices da América Latina. Há estimativas de que o mercado de alimentos funcionais movimente cerca de 50 bilhões de dólares no mundo e apresente um ritmo de crescimento de cerca de 10% ao ano, índice três vezes maior que o de produtos alimentícios convencionais. A previsão é que, em dez anos, os funcionais detenham 40% do mercado de alimentos (RAUD, 2008).

Baseadas neste conceito, as indústrias de alimentos têm grandes expectativas de que seus produtos atendam à demanda dos consumidores por um estilo de vida mais saudável. Neste contexto, o alimento funcional desempenha um papel específico. Estes alimentos não visam somente satisfazer a fome ou prover os nutrientes necessários, mas também prevenir doenças ligadas à nutrição e aumentar o bem-estar físico e mental dos consumidores (MENRAD, 2003). Mais recentemente, o reconhecimento das propriedades nutracêuticas, em muitos componentes alimentares, tem sido traduzido em benefícios à saúde. Pelo mesmo motivo, na área de cereais tem se estudado a adição de compostos

bioativos em formulações de pães, bolos, biscoitos, massas alimentícias, etc. (KAJISHIMA; PUMAR; GERMANI, 2001).

Alguns alimentos de origem vegetal, tais como a soja, apresentam compostos não-nutrientes (fitoquímicos) com atividades biológicas ditas promotoras da saúde, tais como atividades antioxidante, antiinflamatória e hipocolesterolêmica. Entre estes podemos citar as catequinas do chá verde e do vinho, as antocianinas dos frutos vermelhos, os flavonóides das folhas e as isoflavonas da soja (BARBOSA *et al.*, 2006).

O aumento da importância dos vários tipos de produtos de panificação nos hábitos alimentares diários sugere que estes produtos podem servir como veículo para a incorporação de nutrientes importantes, ao mesmo tempo em que são facilmente aceitos pelos consumidores (MASHAYEKH; MAHMOODI; ENTEZAR, 2008). A adição de soja em produtos de panificação influencia os aspectos sensoriais, nutricionais e funcionais do produto final positivamente (VITTADINI; VODOVOTZ, 2003).

3.2. A Soja

A soja, *Glycine max* (L.) Merril, nativa da China, é uma das mais antigas culturas do Extremo Oriente. Durante séculos, os chineses e outros povos orientais, incluindo, japoneses, coreanos e do sudeste da Ásia, usaram o grão em diversas formas como uma das mais importantes fontes de proteína e de óleo. Hoje em dia, este grão é visto por alguns como uma arma contra a fome no mundo e uma proteína do futuro. Mais recentemente, a soja tem sido apontada como uma possível arma contra doenças crônicas (LIU, 1999).

A soja chegou ao Brasil via Estados Unidos, em 1882. O primeiro registro de cultivo de soja no Brasil data de 1914 no município de Santa Rosa (RS), porém, somente a partir dos anos 40 ela adquiriu alguma importância econômica, merecendo o primeiro registro estatístico nacional em 1941. A partir da década de 1960, impulsionada pela política de subsídios ao trigo, visando auto-suficiência,

que a soja se estabeleceu como cultura economicamente importante para o Brasil (FAO, 2010).

Atualmente, a soja é o principal produto agrícola de exportação do Brasil, gerando superávit na balança comercial. É explorada do sul ao norte do país, sob altas tecnologias, desenvolvidas e adaptadas às mais diferentes situações edafoclimáticas. O estado do Mato Grosso é o maior produtor e exportador deste grão no país, produzindo cerca de 30% e exportando ao redor da metade da soja produzida no Brasil, seguido dos Estados do Paraná e Rio Grande do Sul (CONAB, 2010). Em termos de comércio internacional, o Brasil vem consolidando sua posição de grande produtor e exportador de produtos do complexo soja, elevando sua participação no mercado a cada ano, com expectativa de assumir, futuramente, a liderança mundial do fornecimento de soja em grãos (USDA, 2010).

O Brasil, atualmente, é o segundo maior produtor de soja, com produção estimada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010) na safra 2010, de 64,9 milhões de toneladas, com alta de 13,8%, em comparação ao volume obtido em 2009. De acordo com a Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais (ABIOVE, 2010), a produção de soja representa cerca de 45% da produção brasileira de grãos e a cultura é responsável por 30% da renda agrícola nacional, demonstrando a importância econômica deste produto para o país. Entretanto, o consumo dessa leguminosa, de seus subprodutos e derivados ainda é restrito no país. Isto se deve à influência de aspectos socioculturais nos hábitos alimentares, principais fatores limitantes à sua aceitação e ao consumo cotidiano (PANORAMA BRASIL, 2009).

A soja é uma das “comodities” agrícolas mais econômicas e mais valiosas devido a sua composição química única. Entre os cereais e outras espécies leguminosas, a soja tem o maior teor de proteína, cerca de 40%, constituindo uma boa alternativa de alimento protéico. Além disso, a soja contém cerca de 20% de óleo. O restante da matéria seca é composta principalmente de carboidratos, cerca de 17,3%; aproximadamente 9,3% de fibras, sendo 2,9% com composição em aminoácidos essenciais favoráveis à alimentação; cerca de 5% de cinzas e 5,6% de umidade (LIU, 1999; MENDES *et al.*, 2004; SOUZA, 2006). Os

carboidratos presentes correspondem a polissacarídeos insolúveis como as hemiceluloses, a pectina e a celulose e oligossacarídeos solúveis como as hexoses, sacarose, rafinose, estaquiose e verbascose. Constitui uma boa fonte de minerais, como ferro, zinco, potássio, magnésio, cobre, fósforo, manganês e vitaminas do complexo B (CHEFTEL; CUQ; LORIENT, 1989; CARRÃO-PANIZZI; MANDARINO, 1998). A composição química da soja pode variar de acordo com as condições climáticas, tipo de solo, localização geográfica, variedades e práticas agronômicas, entre outros fatores (VIEIRA; CABRAL; PAULA, 1999).

Além do fator econômico e sua composição química, a soja e seus derivados apresentam grande potencial no mercado de alimentos funcionais devido à presença de compostos bioativos, tais como isoflavonas, saponinas e ácidos graxos essenciais (ômega-3), os quais têm sido largamente estudados quanto aos seus efeitos biológicos benéficos à saúde humana (PACHECO; SGARBIERI, 2001; LUI *et al*., 2003). Por estes motivos, a soja ganha cada vez mais um papel importante na alimentação (DINIZ, 2007). Outros compostos da soja como aminoácidos, fibras, vitaminas, minerais e carboidratos também têm sido relatados com efeitos benéficos à saúde. A ação sinérgica destes compostos tem se destacado também na prevenção de osteoporose, diabetes, doenças coronarianas, controle dos sintomas pós-menopausa, redução de colesterol e inibição de diversos tipos de câncer (THAM; GARDNER; HASKELL,1998; WAGGLE; POTTER, 2000; FRIEDMAN; BRANDON, 2001).

A soja é conhecida por ser uma excelente fonte de proteína para a alimentação humana e animal, sendo mais rica em proteína que qualquer outro cereal ou leguminosa. As proteínas da soja apresentam um bom balanceamento de aminoácidos, quando comparadas às dos outros vegetais. Entretanto, como é comum nas leguminosas, as proteínas da soja apresentam um teor reduzido de aminoácidos sulfurados, como a metionina e cistina, porém, possui um alto teor de lisina. As proteínas dos cereais apresentam esta composição de aminoácidos em situação inversa. Portanto, é aconselhável a combinação de leguminosas, como a soja, com produtos cereais, como trigo, milho, arroz, etc., permitindo a complementação dos aminoácidos essenciais (PEREIRA; OLIVEIRA, 2004).

O crescente interesse por alimentos denominados genericamente funcionais coloca a soja em uma posição de destaque. Em princípio, a sua importância nutricional era relacionada exclusivamente ao elevado teor protéico, ganhando a conotação de "carne vegetal". Atualmente, outros componentes da soja, especialmente as isoflavonas, tem despertado considerável interesse da comunidade científica (FERRARI; DEMIATE, 2001).

Estudos epidemiológicos apresentados em 1970 demonstraram, que a dieta estaria relacionada ao câncer. São necessários cerca de 10 a 30 anos para uma célula normal mudar clinicamente para um tumor detectável. Durante esse período de tempo relativamente longo, a dieta pode ter um impacto importante no processo de aceleração ou de redução da velocidade da doença. Dieta e nutrição podem proteger o organismo contra o câncer, removendo agentes causadores do suprimento de alimentos, diminuindo o consumo dos que aumentam o processo e reforçando o consumo dos que reduzem a velocidade e o seu desenvolvimento. A soja é um dos alimentos que reduzem a velocidade no processo do câncer. Estudos pré-clínicos e clínicos fornecem evidências que a genisteína presente na soja é uma substância que funciona como um agente anti-cancerígeno (AMARAL, 2006).

Por esses motivos, inovações e avanços no processamento e melhoramento de tecnologia têm reduzido o sabor indesejado da soja e melhorado, consequentemente, a textura e o sabor de alimentos com soja. Além disso, o volume de dados de pesquisas vem sugerindo que a soja e seus derivados podem desempenhar um papel importante na prevenção e tratamento de doenças crônicas (LIU, 1999).

3.2.1. Derivados da soja

A soja é um dos produtos agrícolas que possibilita várias formas de uso, com ampla aplicação na produção de diversos tipos de alimentos. O grão de soja possui alto teor de lipídios e proteínas, importantes para a alimentação humana, o

que permite seu uso em larga escala, principalmente, pela indústria de óleo. Os grãos de soja vêm sendo utilizados sobretudo para a extração de óleo vegetal, sendo a torta ou farelo resultantes, empregados majoritariamente como matérias-primas para ração animal (FREITAS; BARBOSA; FRANCA, 2000). Os derivados protéicos da soja como farinhas desengorduradas, isolados, concentrados e texturizados protéicos têm sido utilizados como melhoradores tecnológicos de alimentos industrializados (MORAIS; SILVA, 1996) e também por decorrência de suas propriedades funcionais.

A idéia de se produzir farinhas compostas para uso em panificação e confeitaria não é nova. A viabilidade técnica e econômica do uso de farinhas mistas em alimentos também já foi amplamente demonstrada e empregada na indústria. No Brasil, têm surgido alguns programas de produção de alimentos formulados nos quais se procura substituir ou reduzir a proteína de origem animal da dieta por proteínas de origem vegetal, uma vez que estas apresentam custos mais reduzidos. Os derivados protéicos da soja têm sido muito usados na suplementação ou substituição parcial da farinha de trigo para a obtenção de produtos como pão, biscoito e macarrão (EL-DASH; CABRAL; GERMANI, 1994).

O programa de utilização das farinhas mistas expandiu-se para a fabricação de biscoitos, já que esse produto, segundo Perez e Germani (2007), é aceito e consumido por grande parte da população, devido a sua grande aceitabilidade por indivíduos de diferentes faixas etárias e classes econômicas, além de possuir poder atrativo, principalmente para as crianças. Sua longa vida-de-prateleira permite sua produção e distribuição em larga escala. Um produto com tais características, aliadas a sua enorme diversidade, revela-se um bom veículo para o estudo de farinhas mistas, seja por razões econômicas, seja por razões nutricionais.

A utilização da farinha de soja em produtos de panificação, foi inicialmente movido pelo seu potencial para complementar o valor nutritivo dos produtos derivados do trigo, devido ao alto conteúdo de lisina da proteína de soja (LIU, 1999).

3.2.1.1. Proteínas da Soja

Vários produtos comerciais hoje incorporaram as características oferecidas pela proteína de soja. Fabricantes de alimentos voltados para nutrição esportiva desenvolvem seus produtos diante do desafio de proporcionar combinações de seus ingredientes para melhorar o desempenho, ao mesmo tempo, apresentando sabor, textura e aparência atrativos (EL-DASH; CABRAL; GERMANI, 1994). Estudos utilizando concentrado e isolado protéicos de soja apresentaram atividade antioxidante significativa, evidenciando outros benefícios para os produtos derivados de soja, segundo Barbosa *et al*. (2006).

Proteínas são complexas macromoléculas biológicas produzidas por tecidos microbianos, vegetais e animais. São polímeros de aminoácidos ligados através de ligações peptídicas. As funções químicas e biológicas de uma proteína depende de suas interações (pontes de hidrogênio, ligações dissulfito, interações hidrofóbicas, etc.) e conformações (estruturas primária, secundária, terciária e quaternária). Portanto, qualquer fator que perturbe as interações entre as moléculas de proteína e sua estrutura conformacional levará a mudanças em suas propriedades funcionais e físico-químicas (LIU, 1999).

O valor protéico de um alimento corresponde a sua capacidade para satisfazer as necessidades do consumidor em nitrogênio e aminoácidos, assegurando assim, um crescimento e manutenção convenientes. Isto depende de vários fatores como: conteúdo em proteínas, qualidade das proteínas e disponibilidade de aminoácidos (CHEFTEL; CUQ; LORIENT, 1989; ŠRAMKOVÁ, 2009).

Considera-se atualmente que a soja é o único vegetal que contém uma proteína completa com qualidade equivalente à albumina do ovo (proteína conhecida como *padrão ouro*, dentro da escala de classificação) podendo ser empregada como fonte única de proteínas, tanto a curto, como em longo prazo (AMARAL, 2006).

As proteínas da soja diferem significativamente das proteínas dos cereais em muitas de suas propriedades químicas e físicas, pois não contém as proteínas

solúveis em álcool (prolaminas) semelhantes à gliadina, nem proteínas glutelinas, como as gluteninas, que formam o glúten do trigo (RIBEIRO, 2006). Constituem-se principalmente por globulinas *β-conglicinina* e *glicinina*, classificadas como 7S e 11S, respectivamente, baseado no coeficiente de sedimentação, representando cerca de 70% do total de proteínas da soja (LIU, 1999; DINIZ, 2007; TOMIKAWA, 2009).

Tais proteínas contêm regiões polares ao longo de suas moléculas, o que facilita a absorção de água, mantendo-a no produto final. São tensoativas, agrupam-se nas interfaces óleo-água reduzindo a tensão superficial, promovendo e estabilizando emulsões. Na absorção de gordura, permitem a sua retenção, reduzindo perdas em diversas etapas do processamento e consumo, ajudando a manter as dimensões originais dos alimentos e evitando o seu encolhimento (SOUZA; VALLE; MORENO, 2000).

A adição de proteínas na dieta é utilizada freqüentemente devido à necessidade de aminoácidos essenciais não produzidos pelo organismo, que devem ser supridos pela dieta (TAKEITI, 2002; FREITAS, 2005). A proteína de soja pode ser utilizada como incremento funcional aos alimentos ou participar como principal nutriente de alimentos comerciais (MAGNONI, 2001).

Em 1999, o FDA (*Food and Drug Administration*), órgão do governo dos Estados Unidos reconheceu que o consumo de alimentos contendo proteína de soja auxilia no combate ao colesterol, e prevenção de doenças cardiovasculares (FDA, 1999). Nesse sentido, em janeiro de 2005, a ANVISA aprovou a rotulagem dos produtos à base de soja com o apelo de que "*o consumo diário de no mínimo 25 g de proteína de soja pode ajudar a reduzir o colesterol, devendo estar associado a uma dieta equilibrada e hábitos de vida saudáveis*" (BRASIL, 2005d).

A proteína de soja contém maiores quantidades dos aminoácidos anabólicos, arginina e glutamina, além de apresentar grandes quantidades de lisina e aminoácidos de cadeia ramificada (isoleucina, leucina e valina) em relação ao padrão de requerimento de aminoácidos para crianças de 2 a 5 anos até a fase

adulta recomendado pela *National Academy of Sciences and World Healt Organization* (FDA, 1999).

Além disso, a proteína de soja tem ganhado destaque devido às suas propriedades funcionais e por ser uma boa opção econômica para as dietas protéicas. Singhy & Mohamed (2005), afirmam que a proteína de soja está associada a diminuições significativas do colesterol sérico e dos níveis de LDL, os quais têm sido comumente associados a doenças cardiovasculares.

De acordo com Ribeiro (2006), a soja possui elevado teor de lisina (em torno de 59,6 mg de aminoácidos/g de proteína), fator que distingue sua proteína da maioria das proteínas vegetais, principalmente quando usada em combinação com cereais. A lisina é um aminoácido essencial importante para o crescimento normal de crianças e para a manutenção do equilíbrio de nitrogênio no organismo humano (GERBRAS, 2007).

Dependendo do processo utilizado, a proteína da soja pode se apresentar na forma isolada, concentrada ou como farinha, sendo então transformada em proteína de soja texturizada ou proteína vegetal texturizada. No método de produção do concentrado protéico, obtém-se 60% de proteínas, já no isolado protéico, a participação de proteínas pode atingir 90% (BERGMAN, 2002).

Isolado Protéico de Soja

A AAFCO (*Association of American Feed Control Officials, Inc*) define o Isolado Protéico de Soja (IPS) como "a maior fração protéica da soja, obtida a partir de grãos de soja descascados pela remoção dos constituintes não-proteicos, e que deve conter pelo menos 90% de proteína (%N x 6,25) em base seca" (AAFCO, 2010). No Brasil, a Resolução Nº 268, de 22 de setembro de 2005 estabelece o padrão de identidade e qualidade para o IPS (BRASIL, 2005c).

Isolados protéicos de soja são tradicionalmente preparados a partir de flocos ou farinha desengordurada de soja com mínimo tratamento térmico utilizado para inativar fatores antinutricionais que podem afetar a qualidade nutricional de

produtos à base de proteínas de soja (SANTOS *et al*., 1978; LIU, 1999; TAKEITI, 2002). Dentre os fatores antinitricionais da soja estão os inibidores de tripsina, as hemaglutininas, os fatores antivitamínicos, as saponinas, os fitatos e os fatores de flatulência (TAKEITI, 2002).

O método de obtenção de isolado protéico de soja utiliza extração aquosa ou levemente alcalina (pH 7-10). Nesta primeira etapa, ocorre a separação de proteínas e carboidratos solúveis. O resíduo insolúvel, majoritariamente carboidratos, é então removido por centrifugação. Na segunda etapa, o extrato contendo a maior parte das proteínas é acidificado para pH 4,5, que precipita as proteínas, separando-as dos constituintes solúveis (SANTOS *et al*., 1978; LIU, 1999). O precipitado de proteína é separado por decantação mecânica, lavado e neutralizado a um pH de cerca de 6,8 e, em seguida, seco por atomização. O produto resultante é uma forma altamente purificada de proteína de soja com o mínimo sabor do grão. Alternativamente, o precipitado final pode ser lavado e seco sem neutralização para dar uma forma isoelétrica para isolados de soja. O procedimento descrito representa o processo mais utilizado comercialmente para produção de proteína isolada de soja. O rendimento do processo de fabricação industrial de IPS varia de 30 a 40% do peso da matéria-prima inicial (ZANGELMI, 1982; LUI, 2004). No entanto, muitas pesquisas sobre o isolamento e purificação de proteína de soja e os avanços na tecnologia de processamento, levaram ao desenvolvimento de vários métodos para isolar a produção de proteínas, entre eles encontram-se a separação por peso molecular, separação via membranas, etc. (LIU, 1999).

Os isolados e concentrados de proteína de soja são facilmente digeridos pelo organismo humano e equivalem à qualidade das proteínas do leite, carnes e ovos (FREITAS, 2005).

As proteínas presentes em maior quantidade são as proteínas de reserva, glicinina (11S) e β-conglicinina (7S), lipoxigenases, inibidor de tripsina Kunitz, inibidores de protease de baixo peso molecular (dos quais o melhor estudado é o inibidor Bowman-Birk), lectina e urease. Dessas, glicinina e β-conglicinina são

predominantes, perfazendo um total de cerca de 70% das proteínas do grão (HILL; BREIDENBACH, 1974).

Além das diferenças no processamento determinarem as características finais dos isolados proteícos de soja, as condições da matéria-prima também podem influenciar as propriedades físico-químicas e estruturais destes produtos (TAKEITI, 2002).

Dentre as propriedades funcionais da soja, a cor e especialmente o sabor são raramente considerados atributos positivos. Uma das principais motivações para a produção de concentrados e isolados de soja é reduzir ou eliminar os sabores indesejáveis da soja (POMERANZ, 1991).

A principal utilização dos produtos protéicos à base de soja pela indústria está na forma de isolado protéico devido a certas propriedades funcionais características destes produtos, que incluem a solubilidade e dispersibilidade, geleificação e coagulação, poder espumante, capacidade de retenção de água e óleo e de estabilizar emulsões, propriedades de superfície, formação de fibras, além de enriquecer nutricionalmente os alimentos e bebidas (SANTOS, 1978; MYERS, 1993; HETTIARACHCHY; KALAPATHY, 1997; LIU; XIONG; BUTTERFIELD, 2000; COLUGNATI; NETO; JARDIM, 2002; TAKEITI, 2002). Além de suas excelentes habilidades de formação de espuma, as propriedades de ligação com água de proteínas de soja ajudam a melhorar e manter a umidade e maciez, especialmente no caso de produtos de panificação (LIU, 1999).

Atualmente, a proteína de soja na forma de concentrados e isolados protéicos é incorporada em vários produtos comerciais de panificação, bebidas, fórmulas infantis, produtos de nutrição enteral, ingredientes de produtos cárneos, à base de peixe e embutidos, em suplementos protéicos e como substituta em alimentos lácteos e cárneos, contribuindo de maneira viável nas propriedades nutricionais e funcionais destes produtos, oferecendo também completa digestibilidade (FREITAS, 2005; TAKEITI, 2002; LUI *et al*., 2003).

De acordo com Santos (1978) e Pomeranz (1991), especificamente em produtos de panificação, cereais e massas, os ingredientes de proteína de soja estão sendo usados por diversas de razões econômicas, funcionais e nutricionais,

tais como: melhorar a textura e a capacidade de retenção de umidade, estender a vida de prateleira, melhorar a resistência mecânica assim como o processo de fabricação (manipulação), melhorar a cor e enriquecer nutricionalmente o alimento (proteína e lisina) garantindo, assim, maior aceitação dos consumidores em geral.

De acordo com as especificações da ANVISA, Portaria nº 27 de 13 de janeiro de 1998, que se aplicam, exclusivamente, à informação nutricional complementar dos alimentos produzidos, embalados e comercializados prontos para oferta ao consumidor, um alimento pode ser classificado em "*fonte de proteína*" se contiver no mínimo 10% da ingestão diária recomendada (IDR) de referência por 100g (sólidos); para ser considerado "*alto teor de proteína*" são necessários no mínimo 20% da ingestão diária recomendada (IDR) de referência por 100g (sólidos). O regulamento técnico sobre a IDR de proteína, vitaminas e minerais, RDC nº 269 de 22 de setembro de 2005, recomenda para adultos uma ingestão diária de 50g de proteínas, para lactentes de 0 a 6 meses, 9,1g; de 7 a 11 meses, 11g; para crianças de 1 a 3 anos, 13g; de 4 a 6 anos, 19g; de 7 a 10 anos, 34g e para gestantes e lactantes, 71g (BRASIL, 1998).

Embora seja conhecido o efeito da proteína de soja na redução dos índices lipídicos do plasma sangüíneo, estudos recentes mostram que a combinação das frações de proteína e de fibra potencializa a redução lipídica do plasma sangüíneo quando comparado à ação da proteína de soja isolada (SLAVIN, 2005).

3.2.1.2. Fibra de Soja

A fibra, polissacarídeo da soja (PS), é um outro componente funcional muito importante da soja, juntamente com as proteínas. Há três tipos básicos de fibra isolada de soja: o subproduto da polpa (okara), o farelo e o isolado da fibra de soja, cujas fibras são consideradas resistentes à fermentação. A porcentagem de fibra alimentar presente na farinha está em torno de 17,5% (SHNEEMAN, 1999).

O PS foi a fibra pioneira na utilização em produtos líquidos como dietas enterais e suplementos (quando obtida da parede interna do grão), por apresentar excelente estabilidade em meio aquoso, sem comprometer a viscosidade (SHNEEMAN, 1999). A fibra de soja apresenta alto poder de absorção de água,

sendo especialmente recomendada para produtos com apelo de baixo poder calórico e alto teor de fibra alimentar (LINDE; MACHADO, 2001).

A fibra alimentar é constituída por celulose, hemicelulose, pectina e lignina. Estes polissacarídeos não são digeridos pelas enzimas do trato intestinal dos humanos, mas podem ser parcialmente degradadas pelas bactérias (TROWELL, 1974; LINDE; MACHADO, 2001). A fibra da soja, de acordo com pesquisas, fornece importantes benefícios à saúde, associados geralmente com a fibra alimentar (SLAVIN, 1991).

Além de a soja ser uma fonte rica em proteínas, apresenta substâncias fitoquímicas biologicamente ativas consideradas importantes na prevenção de certas doenças. Por este motivo, a soja e seus derivados apresentam grande potencial no mercado de alimentos funcionais, especialmente devido à presença das isoflavonas (PEREIRA; OLIVEIRA, 2004).

3.2.1.3. Isoflavonas

As isoflavonas pertencem à família dos polifenóis, uma grande classe de componentes sintetizados pelas plantas, apresentando atividade antioxidante (PEREIRA; OLIVEIRA, 2004). São encontradas em feijões e outras leguminosas, especialmente na soja e, consequentemente, alimentos a base de soja (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2005). A soja é o único grão que contém uma grande quantidade de isoflavonas, chegando a 3mg/g em base seca. As isoflavonas são extremamente limitadas na natureza e, por isso, produtos contendo soja podem ser considerados a única forma natural de obtenção desses compostos na dieta (LIU, 1999).

As isoflavonas da soja se concentram no hipocotilédone da semente, sendo encontradas em quantidades até 10 vezes maiores que no cotilédone e, cerca de 100 vezes maiores que na casca. No entanto, como o cotilédone corresponde a 90% da semente e o hipocotilédone a apenas 2% do grão, a maior contribuição em termos de isoflavonas para o grão é do cotilédone (ELDRIDGE; KWOLEK, 1983; TSUKAMOTO *et al.*, 2001).

Em geral as isoflavonas presentes na soja estão principalmente na forma glicosilada e em pequena quantidade na forma aglicona. A concentração de isoflavonas em alimentos contendo soja depende da variedade e das técnicas de processamento do produto (WANG; MURPHY, 1994; COWARD *et al*., 1998; YAMABE *et al*., 2007).

De acordo com Wang e Murphy (1994), na soja podem ser encontrados três tipos de isoflavonas, apresentando-se em quatro formas químicas, somando assim doze isômeros são eles, as agliconas: daidzeína, genisteína e gliciteína; os β-glicosídeos: daidzina, genistina e glicitina; os derivados glicosilados acetilados: 6''-O-acetildaidzina, 6''-O-acetilgenistina, 6''-O-acetilglicitina; e glicosilados malonilados 6''-O-malonildaidzina, 6''-O-malonilgenistina e 6''-O- malonilglicitina. A capacidade antioxidante das isoflavonas segue a ordem genisteína > daidzeína > genistina > daidzina, estando associada ao número de hidroxilas livres do anel A. O conteúdo total e formas de isoflavonas e o teor de fenólicos dos produtos de soja dependem de seu processamento (LIU, 1999; BARBOSA *et al*., 2006).

De acordo com Carrão-Panizzi *et al*. (1999), os teores de isoflavonas e suas diferentes formas em soja é geneticamente determinada e afetada pelos fatores ambientais, sendo o Mato Grosso do Sul, o Rio Grande do Sul e o Paraná, os estados que apresentam maior concentração de isoflavonas no grão de soja brasileiro. Geralmente, no processamento de grãos de soja para produtos manufaturados, há aumento nas hidrólises das isoflavonas glucosídicas, resultando em maior concentração de agliconas (MUNRO *et al*., 2003).

Em alimentos com soja não fermentados, as isoflavonas aparecem na sua maioria como conjugadas, enquanto nos produtos com soja fermentados dominam as agliconas. As isoflavonas da proteína isolada de soja são mais lentamente absorvidas pelo organismo que as do leite de soja, talvez porque no leite de soja, as isoflavonas estão presentes como β-glicosídeos, enquanto que nas proteinas isoladas, eles estão presentes em grande proporção de 6”-O-malonilglicosídeos e 6”-O-acetilglicosídeos (LIU, 1999).

A biotransformação da isoflavona e a produção de metabólitos a partir da ingestão de alimentos contendo soja são altamente dependentes da microflora

natural do intestino humano (ZUBIK; MEYDANI, 2003; PASCUAL-TERESA et al., 2006). Estudos demonstram que as isoflavonas agliconas são absorvidas rapidamente e em maior quantidade que as formas glicosadas (IZUMI et al., 2000; KAWAKAMI *et al*., 2005; WALSH *et al*., 2007).

Estudos têm demonstrado que as isoflavonas possuem mecanismos gerais de ação que podem interferir no metabolismo de muitos nutrientes (ESTEVES; MONTEIRO, 2001), possuindo uma grande variedade de efeitos sobre a saúde humana (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2005).

Os seres humanos estão expostos a uma série de agentes oxidantes que podem causar danos oxidativos a biomoléculas (lipídeos, proteínas e ácidos nucléicos) que poderiam levar a um grande número de patologias incluindo câncer e arteriosclerose (BARBOSA *et al*., 2006). Assim, presume-se que o consumo de compostos antioxidantes possui um efeito potencialmente protetor contra um grande número de doenças crônico-degenerativas, incluindo cânceres, diabetes, osteoporose, deficiência cognitiva, doenças cardiovasculares e efeitos da menopausa (MORAES; COLLA, 2006). Estudos em cultura de células, modelos animais e ensaios clínicos em humanos têm evidenciado a ação das isoflavonas na prevenção e diminuição dos cânceres, relacionados ou não a hormônios; deu efeito protetor contra doenças cardiovasculares; redução dos níveis de colesterol, benefícios no tratamento da osteoporose, alívio dos sintomas pós-menopausa e modulação das funções renais e cognitivas (MAZUR *et al*., 1988; MESSINA *et al*., 1994; DEMONTY *et al*., 2002; KURZER, 2002).

De acordo com Amaral (2006), os radicais livres são produzidos constantemente no organismo como subprodutos do metabolismo normal, mas o excesso desses radicais pode causar danos às membranas celulares, ao DNA, às proteínas e também ao colesterol LDL. A genisteína têm demonstrado ser o mais potente antioxidante, sendo capaz de inibir os radicais livres de oxigênio gerados pelo organismo. Além disso, alguns desses radicais livres são conhecidos por desempenhar um importante papel na modificação genética e na carcinogênesis e, portanto, a genisteína da soja também funiona como agente anti-cancerígeno (AMARAL, 2006).

Barnes, Kim e Xu (2002) e Tsukamoto *et al*. (2001) sugerem que o consumo de isoflavonas deve ser de aproximadamente 50 mg por dia para que ocorram efeitos benéficos para a saúde. No entanto, estimativas recentes realizadas com base na dieta tradicional de populações asiáticas, rica em alimentos à base de soja, sugerem que o consumo médio destas populações varia entre 11 a 45 mg/dia, enquanto que a média observada nos países ocidentais varia entre 0,5 a 2 mg/dia (MUNRO *et al*., 2003; MORTENSEN *et al*., 2009).

Segundo Souza (2000), estudos recentes têm mostrado que o consumo de 25 a 40 g por dia de isolados protéicos de soja pode resultar na redução de lipídeos no sangue, colesterol, osteoporose, melhoria do metabolismo do fígado e na prevenção de certos tipos de câncer. Tais descobertas contribuem para uma nova geração de alimentos destinados à saúde, maximizando o uso de isolados protéicos de soja.

Algumas isoflavonas são fitoestrógenos (também conhecidas como fitoesteróis), que são versões fracas, não esteróides dos estrógenos. Os fitoestrógenos têm de 1/100.000 a 1/1.000 da força dos estrógenos esteróides e, exercem efeitos biológicos quando se ligam a locais receptores de estrógenos, atuando como estrógenos fracos (agonistas) e antiestrógenos (antagonistas) (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2005; RODRIGUES *et al*., 2006). Os fitoestrógenos nos alimentos a base de soja atuam como antioxidantes, bloqueadores de carcinógenos ou supressores tumorais e podem ajudar a prevenir os tumores relacionados a hormônio (por exemplo câncer de mama), pela redução da ligação do estrógeno a sítios receptores, regulando para baixo os receptores de estrógeno. Além disso, os fitoestrógenos podem ser úteis na prevenção ou sobrevida de indivíduos com câncer de próstata, pois estes compostos podem atuar como agonistas do tipo estrógeno e parecem inibir o crescimento celular do câncer de próstata. As isoflavonas, principalmente a genisteína, podem modular a manifestação de antígeno específico da próstata (PSA) nas células do câncer e diminuir os níveis secretados e intracelulares de PSA (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2005).

Um nível sérico elevado de colesterol, um fator de risco associado à doença cardíaca, pode ser significativamente diminuído pelo consumo de proteína de soja. Estudos sobre o efeito da soja nos lipídeos sanguíneos revelou que,o consumo de 25 a 50g de proteína de soja diariamente diminui os níveis de colesterol LDL em aproximadamente 10% de todos aqueles com hipercolesterolemia. O perfil do aminoácido da soja e as isoflavonas parecem ser os componentes bioativos que melhoram a elasticidade arterial e protegem o colesterol LDL da oxidação (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2005).

De acordo com wang & Murphy (1994) além das isoflavonas possueírem propriedades anticarcinogênicas e atuarem como antiestrógenos e antioxidantes, possuem também atividade antifúngica.

Segundo Messina ET AL., 1994, há evidências promissoras de que as proteínas da soja e/ou as isoflavonas afetam favoravelmente a densidade mineral dos ossos. Estudos realizados em humanos tem apresentado resultados positivos.

As características físicas dos isoflavonóides permitem sua aplicação na maioria das classes de produtos alimentícios (AMARAL, 2006).

3.3. Fibras Alimentares

Ao longo do século passado, através do desenvolvimento industrial e a conseqüente migração das populações rurais para os centros urbanos, a dieta alimentar do homem sofreu modificações profundas, tais como o aumento do consumo de alimentos processados em detrimento dos alimentos naturais, não processados; aumento do consumo de carboidratos refinados, principalmente sacarose; diminuição do consumo de fibras e aumento do consumo de alimentos de origem animal em substituição aos de origem vegetal. A popularidade de uma dieta baseada em carnes, cereais refinados e açúcar, coincidiu com avanços da ciência da nutrição, que negligenciou o papel da fibra na alimentação ao considerá-la um constituinte inerte, uma vez que não contribuía como fonte

energética, nem para a formação e manutenção dos tecidos e, portanto, parecia não ter nenhuma função nutricional (OLIVEIRA, 1988).

No entanto, a diminuição do consumo de fibras, aliada a outros fatores, como vida sedentária, uso abusivo de medicamentos e estresse, proporcionou uma alteração funcional do tubo digestivo, ocasionando o aparecimento, cada vez mais freqüente, da constipação intestinal. Com o passar do tempo, o surgimento de tais doenças relacionadas com o aparelho digestivo nessas sociedades despertou o interesse de alguns médicos, que apontaram esse fato como uma conseqüência do baixo consumo de fibra por parte desta população. Isto impulsionou fortemente a pesquisa sobre fibras alimentares, incentivando a volta de seu consumo. Por volta de 1970, surgiu um interesse pelo estudo da fibra mais intenso e generalizado, que se estende até hoje. Através de estudos epidemiológicos, pesquisadores observaram que as populações africanas que consomem dietas com alto teor de fibras estão livres de doenças relacionadas ao trato intestinal, comuns dos países industrializados (OLIVEIRA, 1988).

A partir dessas observações, vários estudos foram realizados no sentido de levantar hipóteses para explicar de que maneiras as fibras agiriam no intestino e como poderiam funcionar como fatores de proteção contra algumas doenças, ressaltando seus benefícios e também apontando alguns aspectos negativos, como a interferência da fibra na absorção de nutrientes (OLIVEIRA, 1988). Atualmente, as fibras alimentares têm ocupado uma posição de destaque devido à ação benéfica de seus nutrientes no organismo e a relação entre o seu consumo em quantidade adequada e a prevenção de doenças (BUENO, 2005).

No que se refere aos hábitos alimentares, a baixa ingestão de fibras, vitaminas e minerais é uma constante na população brasileira em função do baixo consumo de vegetais frescos (VORAGEN, 1998). Mattos e Martins (2000) constataram que o consumo médio diário da população brasileira adulta gira em torno de 24 g de fibras totais e que a principal fonte de fibra na dieta é o feijão. Na tentativa de se elevar o consumo desses nutrientes, várias alternativas têm sido propostas, dentre elas a produção de novos itens alimentícios que possam ter um valor nutricional superior ao valor nutricional do alimento original, mas que sejam,

ao mesmo tempo, acessíveis às classes economicamente menos favorecidas. Uma alternativa para este problema é o emprego de novos ingredientes que possam atuar na elevação do valor nutricional de alimentos tradicionais (VORAGEN, 1998).

A fibra alimentar engloba todo tipo de substâncias, sejam fibrosas ou não, incluindo a celulose, lignina, pectina, goma, inulina, frutooligossacarídeos (FOS) e amido resistente (AR) (LAJOLO; SAURA-CALIXTO, 2001). Os diferentes tipos de fibras diferenciam-se entre si por sua composição e suas propriedades fisico-químicas (TODD, 1990). Segundo Bobbio (2003), as fibras alimentares são polissacarídeos de cadeia longa que não sofrem quebra no organismo humano, e podem interagir beneficamente na saúde humana, além de contribuir tecnologicamente na indústria de alimentos.

De um modo geral, os benefícios das fibras estão relacionados primariamente com a função gastrintestinal (NETO, 1992). Porém, atualmente, a fibra alimentar é considerada também como benefica à saúde cardiovascular, na prevenção do câncer e no controle de peso (OHR, 2004).

A fibra alimentar também funciona como um prebiótico, aumentando a microflora benéfica no intestino, melhorando o sistema gastrointestinal e o sistema imunológico (OHR, 2004). É necessária para a saúde e são laxantes naturais para as crianças (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2005).

Pesquisadores têm relatado que as fibras alimentares são fermentadas no cólon, principalmente pelos gêneros: Bacteróides, *Eubacterium, Bifidobacterium* e *Peptostreptococus*, dando lugar à produção de ácidos orgânicos de cadeias curtas, entre eles: ácido propiônico, ácido butírico e ácido acético; e gases, como CO_2, H_2, CH_4 e H_2S. Os gases formados são expelidos como flatos ou após a absorção pelos pulmões. Gases e ácidos orgânicos voláteis são absorvidos pela corrente sanguínea, e podem contribuir para aumentar o bolo fecal e diminuir o tempo de trânsito intestinal (CÉSPEDES, 1999). A maior parte dos ácidos orgânicos voláteis produzidos são absorvidos e utilizados no metabolismo aeróbico do organismo humano, como fonte de energia suplementar. A absorção de ácidos orgânicos de cadeia curta no cólon estimula a absorção de sódio e de

água, aumenta a proliferação de colonócitos e a produção de energia metabólica; intensifica o fluxo de sangue colônico, estimula o sistema nervoso autônomo e aumenta a produção de hormônio gastrointestinal (CÉSPEDES, 1999; MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2005).

De acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS), a associação entre dieta alimentar e incidência de enfermidades crônicas motivou a recomendação de ingerir, dentre outros nutrientes, carboidratos complexos e fibras alimentares. As propriedades fisiológicas e funcionais da fibra alimentar tornam promissora a suplementação de praticamente todos os tipos de alimentos (SILVA; BORGES; MARTINS, 2001).

A *Food and Drug Administration* (FDA) aprovou a relação de saúde entre fibra alimentar e doença cardiovascular (OHR, 2004). Por volta de 25% das causas de morte no mundo se devem às doenças coronárias. Apesar de haver uma maior incidência dessas doenças em países desenvolvidos, a população dos países em desenvolvimento, também pode ser afetada, tendo como conseqüências o aumento dos gastos com a saúde pública, a redução da qualidade de vida, o aumento do sofrimento dos pacientes e das mortes súbitas, entre outras. Uma das principais causas das doenças coronárias são os altos níveis de colesterol e triglicerídeos séricos, ou seja, hipercolesterolemia e hipertrigliceremia, respectivamente. A ingestão de fibras alimentares, encontradas principalmente em cereais, leguminosas e frutas, é um meio de prevenção dessas doenças (FIETZ; SALGADO, 1999). A *Associação Dietética Americana* (ADA) recomenda o consumo de 20-35 g de fibra alimentar por dia (OHR, 2004).

Além dos diversos aspectos nutricionais, as fibras apresentam, em sua maioria, baixo custo e são facilmente encontradas comercialmente (POMERANZ, 1988).

Deste modo, torna-se interessante a incorporação de fibras em alimentos bastante consumidos pelas populações. Vários tipos de fibra podem ser acrescentadas aos produtos de panificação, na forma de farinhas integrais de sementes (trigo, aveia, centeio, milho, soja, aveia, cevada, girassol, linhaça, arroz

e sorgo) ou fibras isoladas de frutas e outros vegetais (maçã, pêra e uva) (POMERANZ *et al*., 1977).

Quanto às propriedades físico-químicas, a fibra alimentar é composta de uma fração insolúvel e outra solúvel em água (SANTOS, 2006). As fibras solúveis e insolúveis têm apresentado, quando ingeridas, efeitos fisiológicos diferenciados que podem contribuir de forma significativa na prevenção de doenças (EUFRÁSIO,2009). As fibras insolúveis aumentam o trânsito gastrointestinal, aumentam o bolo fecal e tem efeito direto na melhoria das constipações intestinais. As fibras solúveis contribuem para a diminuição de doenças coronárias e de níveis de colesterol e triglicérides (VALLE-JONES, 1985; NELSON, 2001).

Na Tabela 1, são apresentados os tipos, as fontes e os efeitos das fibras classificadas como solúveis e insolúveis.

Tabela 1. Classificação, tipos, fontes e ações de fibras solúveis e insolúveis

CLASSIFICAÇÃO	TIPOS	FONTES	AÇÕES
Fibras solúveis	Pectina, gomas, hemiceluloses (algumas)	Frutas, verduras, aveia, cevada, leguminosas (feijão, lentilha, soja, grão de bico)	· retardo na absorção de glicose; · redução no esvaziamento gástrico (maior saciedade); · diminuição dos níveis de colesterol sangüíneo; · proteção contra o câncer de intestino.
Fibras insolúveis	Lignina, celulose, hemiceluloses (maioria)	Verduras, farelo de trigo, cereais integrais (arroz, pão, torrada)	· aumento do bolo fecal; · estímulo ao bom funcionamento intestinal; · prevenção de constipação intestinal.

Fonte: BUENO, 2005.

3.3.1. Fibras Solúveis

As fibras solúveis têm alta capacidade de retenção de água e possuem a propriedade de formar géis em solução aquosa. Na indústria de alimentos, têm a propriedade de alterar a viscosidade de produtos alimentares e por isso são denominadas gomas ou hidrocolóides (MIRA; GRAF, 2009), correspondem às

pectinas, gomas e mucilagens, assim como algumas hemiceluloses e o *psyllium* (MIRA; GRAF, 2009).

As pectinas são polissacarídeos ramificados, formados por unidades de ácido galacturônico que, às vezes, podem incluir moléculas de outros monossacarídeos, como frutose, xilose e ramnose. A massa molecular das pectinas é habitualmente elevada, conforme a sua estrutura química, sendo formada por diversas centenas de unidades de monossacarídeos. Suas propriedades mais importantes são o retardamento do esvaziamento gástrico, que proporcionam um substrato fermentável para as bactérias do cólon e produzem gases e ácidos graxos de cadeia curta, fixam os ácidos biliares e aumentam sua excreção e melhora a tolerância à glicose em diabéticos (HERNÁNDEZ; HERNÁNDEZ-MARTÍNEZ, 1995).

As gomas são polissacarídeos muito complexos cuja estrutura é formada por amplas cadeias de ácido urônico, xilose, arabinose e manose. Suas propriedades mais importantes são parecidas com as da pectina, já que as gomas também são fibras do tipo solúvel, e freqüentemente utilizados na indústria de alimentos como espessantes, estabilizantes e aglutinantes. Possuem estas propriedades devido à sua estrutura não cristalina, que permite a solubilização em água quente, sua elevada massa molecular possibilita que formem géis a baixas concentrações e são capazes de absorver água e dilatarem-se a frio, sem a necessidade de calor para completar a hidratação (HERNÁNDEZ; HERNÁNDEZ-MARTÍNEZ, 1995).

As mucilagens são polissacarídeos pouco ramificados, encontrados no interior das sementes e das algas. As mucilagens lubrificam e protegem a camada mucosa de todo o tubo digestivo. São emolientes e antiinflamatórios quando aplicadas sobre a pele e ligeiramente laxantes. Podem ser úteis no combate à obesidade visto que ao ingerir mucilagens com água, estas aumentam o volume do bolo alimentar no estômago produzindo sensação de saciedade. Antitussígenas em caso de laringite ou traqueíte, suavizam as mucosas acalmando a tosse (HERNÁNDEZ; HERNÁNDEZ-MARTÍNEZ, 1995).

Os frutooligosacarídeos (FOS) são carboidratos (oligossacarídeos) constituídos de moléculas de frutose, ligadas ou não a uma molécula terminal de sacarose, e possuem características específicas na prevenção de cáries dentárias e redução nos níveis de colesterol total e lipídeos, além de atuarem como estimulantes do crescimento de bifidobactérias no trato digestivo (McKELLAR; MODLER; YAGUCHI, 1990). Os FOS são conhecidos como prebióticos, favorecendo, estabilizando e aumentando a proliferação de bactérias benéficas no trato gastrointestinal (WANG; GIBSON, 1993) contribuindo na redução da potencialidade de várias patologias humanas normalmente associadas com o alto número de bactérias intestinais patógenas, como doenças auto-imunes, câncer, acne, cirrose hepática, alergias, intolerâncias a alimentos e gases intestinais (YUN, 1990). Os FOS presentes na fração solúvel da fibra de soja vêm mostrando efeitos positivos para a evacuação e atunuação dos níveis de glicose no sangue. Esses prebiótios têm apresentado sucesso quando aplicados em iogurtes (OHR, 2004).

As fibras alimentares solúveis no estômago e no intestino delgado aumentam a viscosidade do bolo alimentar, diminuindo a atividade de certas enzimas digestivas, influenciando diretamente na taxa de digestão e absorção de nutrientes. Esta influência está diretamente ligada à moderação da glicemia pós-prandial e resposta insulínica, redução do colesterol e regulação do apetite (MIRA, 2009), e são amplamente metabolizadas durante o trânsito intestinal e fornecem nutriente para as bactérias colônicas, promovendo o crescimento microbiano, resultando no aumento do volume das fezes, sendo que 50% do volume são bactérias (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2005).

Alguns mecanismos foram propostos para explicar a ação das fibras solúveis formadoras de géis, como as pectinas, na redução dos níveis de colesterol e triglicerídeos em ratos e humanos. As fibras, sozinhas ou em combinação, podem atuar alterando a digestão e a absorção dos lipídeos dietéticos e/ou aumentando a excreção fecal dos ácidos biliares e esteróides neutros (responsáveis pela digestão e absorção de lipídios), agindo como seqüestrantes dos ácidos biliares, aumentando a produção de ácidos graxos de

cadeias curtas no cólon, devido a fermentação e/ou diminuindo a porcentagem de ácidos biliares primários (ácidos que contribuem para digestão de lipídeos) na bile, embora aumentem a quantidade de ácidos biliares secundários (ácidos que sofrem ação das bactérias presentes no intestino) (FIETZ; SALGADO, 1999; MIRA;GRAF, 2009).

O efeito hipocolesterolêmico das fibras é atribuído à sua fração solúvel, porém, a taxa de redução do colesterol pode variar com o tipo e a quantidade de fibra solúvel consumida (EUFRÁSIO, 2009).

3.3.2. Fibras Insolúveis

As fibras alimentares insolúveis correspondem à celulose, hemicelulose (maioria) e ligninas, sendo constituintes das paredes celulares dos vegetais, cujo grau de solubilidade é dado pela presença de moléculas de xilose (MIRA; GRAF, 2009).

Fibras insolúveis não são viscosas e contribuem para o aumento do volume fecal por retenção de água, reduzindo o tempo de trânsito intestinal, a absorção de glicose e retardo da hidrólise do amido. São formadoras de volume fecal por serem fraca e lentamente fermentáveis no cólon. Agem principalmente no intestino grosso, produzindo fezes macias e acelerando o trânsito colônico (MIRA; GRAF, 2009). Esses componentes, ao se hidratarem, ligam não somente água, mas também elementos minerais, vitaminas, sais biliares, hormônios e lipídios, dificultando a absorção e aumentando a excreção dessas substâncias. Elas são vistas como substratos fermentativos que podem alterar a microflora e conduzir a uma redução ou modificação dos agentes mutagênicos (SANTOS, 2006).

A celulose é um dos principais constituintes das paredes celulares das plantas (contribuindo em cerca de 33% do peso da planta), este polímero composto por unidades de glicose é classificado como polissacarídeo ou carboidrato, apresentando cadeia não ramificada, com pontes de hidrogênio e conformação molecular cristalina envolvida pela matriz da parede celular, o que lhe confere baixa solubilidade em água (MIRA; GRAF, 2009).

As hemiceluloses referem-se a uma mistura de polímeros de hexoses, pentoses e ácidos urônicos, que podem ser lineares ou ramificados; são amorfas e possuem peso molecular relativamente baixo e são divididas em pentosanas e hexosanas (MIRA; GRAF, 2009).

A lignina é uma macromolécula com elevado peso molecular, resultante da ligação de diversos ácidos e álcoois fenilpropílicos, proporcionando uma estrutura tridimensional complexa (TUNGLAND; MEYER, 2002; MIRA; GRAF, 2009), são polímeros insolúveis em ácidos e bases fortes, não são digeridas nem absorvidas e lentamente fermentadas no cólon. Podem ligar-se aos ácidos biliares e outros compostos orgânicos (por exemplo, o colesterol), retardando ou diminuindo a absorção desses componentes no intestino delgado (HERNÁNDEZ; HERNÁNDEZ-MARTÍNEZ, 1995). Segundo Mahan e Escott-Stump (2005), as ligninas são fitoestrógenos que podem ajudar a prevenir os cânceres sensíveis a hormônios em virtude da sua interferência na produção de hormônios sexuais endógenos.

3.4. O Biscoito

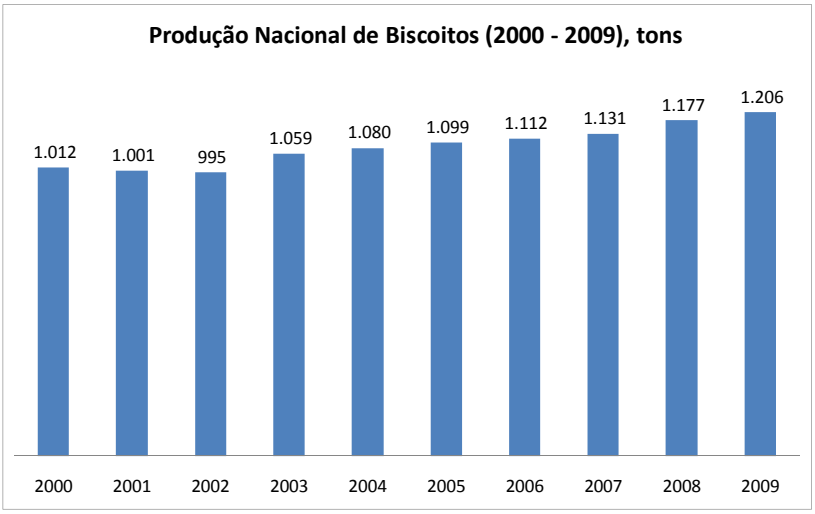
O conceito de biscoito vem se transformando com o tempo. Em épocas remotas, os homens comiam grãos crus, moendo-os lentamente e triturando-os com os dentes. Esse hábito alimentar acabou conduzindo a outro procedimento: amassar os grãos entre pedras, misturando água; secando posteriormente a massa no fogo, esta se tornava uma pasta seca e dura. Para consumi-la, era recortada em pequenos pedaços. Surgiam assim os biscoitos.
Na antiguidade, os egípcios tinham desenhos e formulações de vários tipos de biscoitos secos. Os primeiros biscoitos foram adoçados com mel, uma vez que o uso do açúcar só se ampliou na Europa nos últimos séculos da Idade Média, e eram consumidos principalmente pela nobreza (SIMABESP, 2010).

Mais recentemente, a denominação “biscoito” surgiu na França para descrever o pão que era amassado e novamente cozido, transformava-se em pasta dura, visando sua melhor conservação. “Biscoito” é justamente a junção dos

termos “bis” e “cuit” que quer dizer “cozido duas vezes”. A popularidade do biscoito aumentou rapidamente em meados do século XVII quando, na Europa, começou-se a servi-lo para acompanhar o chocolate ou o chá (SIMABESP, 2010).

Segundo Manley (1998a), biscoitos são pequenos produtos assados, feitos principalmente de farinha, açúcar e gordura. Possuem, na maioria dos casos, umidade inferior a 4% e quando embalados em filmes com barreira a umidade possuem alta vida de prateleira, cerca de 6 meses ou mais. De acordo com a legislação brasileira, RDC Nº 263, de 22 de setembro de 2005, biscoitos ou bolachas são os produtos obtidos pela mistura de farinha(s), amido(s) e ou fécula(s) com outros ingredientes, submetidos a processos de amassamento e cocção, fermentados ou não. Podem apresentar cobertura, recheio, formato e textura diversos (BRASIL, 2005b).

O Brasil é o segundo maior produtor mundial de biscoito. Em 2008, foram produzidos 1.177 milhões de toneladas de biscoitos, movimentando cerca de R$ 5,65 bilhões. Em 2009, o mercado brasileiro de biscoitos cresceu 2,5% em relação a 2008 (cerca de 30 milhões de toneladas a mais). A produção em 2009 foi de 1,206 milhões de toneladas. A perspectiva de crescimento para 2010 é de mais 2,5%, com faturamento estimado por volta de R$ 8,3 bilhões (Figura 1).



Fonte: ANIB/SIMABESP, 2010

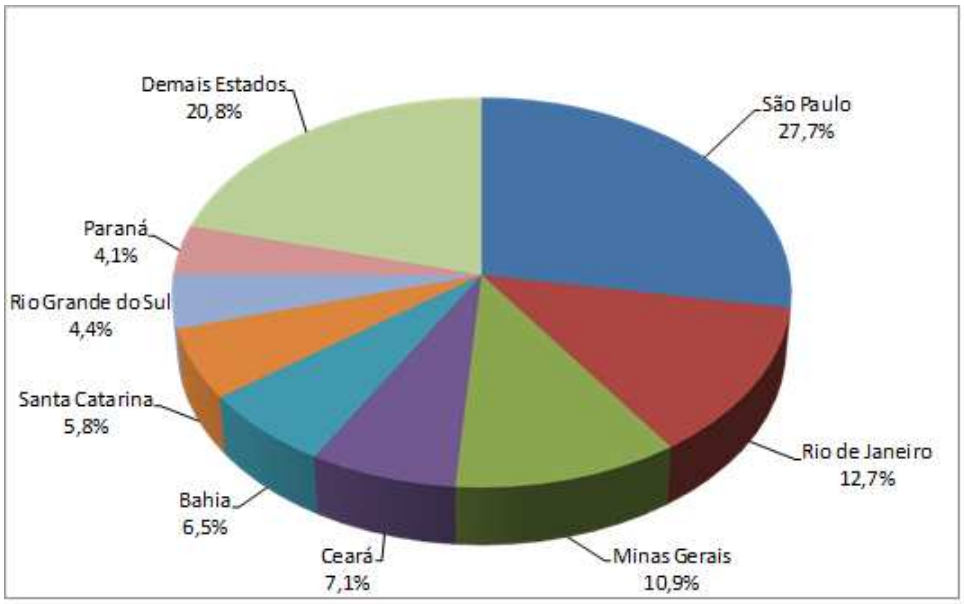
Figura 1. Produção Nacional de Biscoitos nos anos de 2000 a 2009

Tabela 2. Produção Nacional e Consumo Percapta de Biscoitos (2000 – 2009)

Indicadores	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Produção por mil tons	1.012	1.001	995	1.059	1.080	1.099	1.112	1.131	1.177	1.206
Taxa de Crescimento	-7,0%	-1,0%	-0,5%	6,4%	1,9%	1,8%	1,2%	1,7%	4,1%	2,5%
Consumo Per Capita Ano	6,10	5,90	5,60	5,90	5,90	5,97	6,00	6,00	6,00	6,30

Fonte: ANIB/SIMABESP, 2010.

A produção de biscoitos abastece tanto o mercado interno brasileiro quanto o externo, exportando para cerca de 120 países (BRAZILIAN BISCUIT, 2010). Com relação ao mercado interno, o consumo per capita está sinalizado em 6,3 Kg/ano, mantendo-se relativamente estável desde 2005 (Tabela 2). Os estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais estão em destaque, apresentando cerca de 51% do consumo (Figura 2).

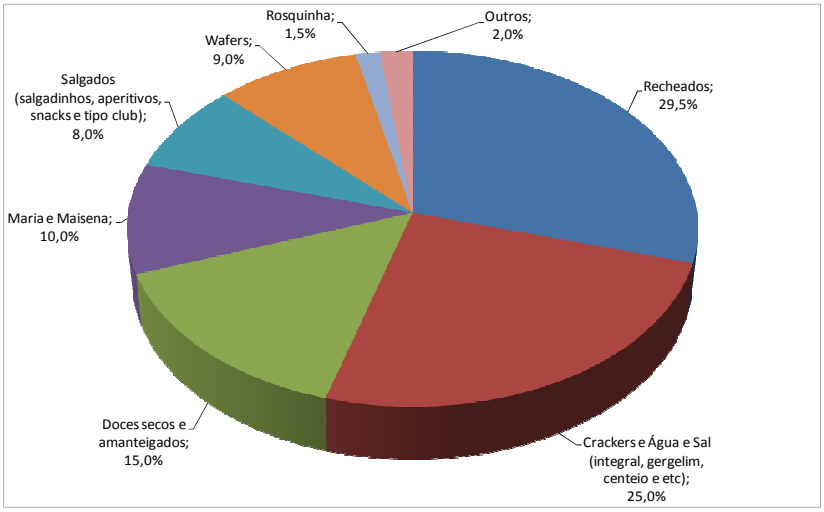


Fonte: ANIB/SIMABESP, 2010.

Figura 2. Consumo de biscoitos nos diferentes estados do Brasil

Segundo estatísticas da ANIB, as exportações de biscoitos em 2008 cresceram 24,51% em faturamento em relação a 2007, apesar das variações do dólar durante o ano. Em 2007 as exportações representaram um faturamento da ordem de US$ 91,6 milhões e em 2008 chegaram a US$ 114 milhões (ANIB, 2010).

Segundo as mesmas estatísticas, dentre as 8 categorias de biscoitos, as mais produzidas no Brasil são biscoitos recheados e tipo *cracker*, que representam mais de 50% do total da produção de biscoitos (Figura 3).



Fonte: ANIB/SIMABESP, 2010.

Figura 3. Categorias de biscoitos produzidas no Brasil

Biscoitos são alimentos populares, consumidos por uma vasta gama de populações, devido aos seus gostos variados, longa vida de prateleira e relativo baixo custo. Devido à concorrência no mercado e aumento da demanda por produtos saudáveis, naturais e funcionais, tentativas estão sendo feitas para melhorar o valor nutritivo e funcionalidade dos biscoitos modificando sua composição nutritiva. Tais efeitos são muito frequentemente obtidos através do aumento da proporção de matérias-primas integrais, de outras variedades de trigo ou diferentes fibras alimentares em receitas básicas com a tentativa de aumentar

o teor de proteína de qualidade, conteúdo mineral e disponibilidade ou aumento do teor de fibra alimentar e melhorando as características prebióticas do produto final. Além disso, um aspecto muito importante da funcionalidade dos alimentos, é a sua capacidade antioxidante, visto que há muitas evidências científicas indicando o papel primordial dos antioxidantes na prevenção de diferentes tipos de câncer e doenças cardíacas coronarianas (VITALI, 2008).

Os biscoitos fazem parte de uma categoria de alimentos importantes para a suplementação com fibras, entretanto, os ingredientes ricos em fibras devem apresentar características sensoriais aceitáveis, não afetar adversamente a textura e o fator de expansão ou causar reações indesejáveis na consistência e elasticidade da massa. Em geral, estudos sobre biscoitos suplementados com fibras têm indicado que as suas características físicas, sensoriais e nutricionais variam amplamente conforme o alimento a ser utilizado como fonte de fibra (SILVA; BORGES; MARTINS, 2001).

O programa brasileiro de utilização de misturas de farinhas expandiu-se para a fabricação de biscoitos devido a sua grande aceitabilidade por indivíduos de diferentes idades e classes econômicas, além de possuir poder atrativo, principalmente para as crianças (PEREZ; GERMANI, 2007).

A sua vida útil longa permite que sejam produzidos em grandes quantidades e largamente distribuídos. Um produto com tais características, aliadas a sua enorme diversidade, revela-se um bom veículo para o estudo destas misturas, seja por razões econômicas, ou por razões nutricionais. Essas vantagens, no entanto, serão desfrutadas apenas se, do ponto de vista tecnológico, for possível adicionar farinhas ou matérias-primas substitutas à farinha de trigo sem prejuízo da qualidade dos biscoitos (PEREZ; GERMANI, 2007).

As indústrias de biscoito têm como uma de suas metas a diminuição das perdas ocorridas no processo de produção, enfocando os programas de qualidade e desperdício como primordiais para o decréscimo dessas perdas e dos custos envolvidos na produção. As perdas na produção representam desperdício e conseqüentemente aumento nos custos de fabricação. Na produção de biscoitos,

as etapas de processamento devem ser rigorosamente controladas, para se obter produtos de qualidade com baixo custo. A qualidade de um biscoito está relacionada com o sabor, a textura, a aparência e outros fatores que dependem das interações entre vários ingredientes e condições de processamento (LIMA, 1998).

O biscoito é considerado um importante alimento para grande parte da população brasileira. Entretanto, as proteínas do trigo têm sua qualidade nutricional prejudicada pela deficiência de alguns aminoácidos, principalmente a lisina (CAMARGO, 1977). De acordo com Bookwalter (1975) citado por Ribeiro (2006), a soja possui elevado teor de lisina, fator que distingue sua proteína da soja da maioria das proteínas vegetais, principalmente quando usada em combinação com cereais. A lisina é um aminoácido essencial importante para o crescimento normal de crianças e para a manutenção do equilíbrio de nitrogênio no organismo (GERBRAS, 2007). Assim, com o objetivo de melhorar a qualidade nutricional do biscoito, a soja se torna um ingrediente excelente para seu enriquecimento, principalmente como fonte de aminoácidos essenciais.

Estudos relacionados à aplicação de soja em biscoitos têm sido pouco explorados, em especial no biscoito salgado tipo *cracker,* provavelmente, devido ao fato do biscoito tipo *cracker* se diferenciar dos demais por requerer maior teor de glúten (proteína do trigo com características viscoelásticas), e da importância deste na etapa de fermentação (relacionada ao crescimento, textura e sabor do produto), restringindo a substituição da farinha de trigo por outra farinha. Outra dificuldade está relacionada ao efeito da soja em misturas com farinha de trigo (diferenças na absorção de água), resultando em problemas reológicos na massa e de textura no biscoito (RIBEIRO, 2006).

Basicamente existem dois tipos de massa de biscoitos, massa dura e massa leve. A diferença é dada pela quantidade de água que se requer para produzir uma massa que possua qualidade e que tenha bom desempenho durante a etapa de forneamento. Uma variação do processo tradicional de fabricação de biscoitos *crackers* é obtida pelo emprego de enzimas (proteases), que modificam

quimicamente o glúten durante o período de descanso da massa após a mistura (MANLEY, 1998b).

De acordo com Pizzinatto *et al*. (1993), as principais características físicas avaliadas em biscoito são: volume específico, índice de expansão e coeficiente de embebição, que são extremamente úteis na avaliação e no controle de qualidade.

3.4.1. Biscoito tipo *cracker*

Biscoitos *cracker* foram produzidos pela primeira vez por volta de 1885 pela empresa irlandesa *Jacob's*. Desde então, têm mantido um lugar significativo nas vendas de biscoitos na Inglaterra, se tornando populares também em muitos outros países. Em contraste com a maioria dos outros biscoitos, os *cracker* distinguem-se por serem feitas de massa fermentada com leveduras. *Crackers* não devem ser confundidos com biscoitos fermentados quimicamente (bicarbonato de sódio), que são outro tipo tradicional de biscoito, de origem americana, produzidos a partir de 1840 (MANLEY, 2000; MANLEY, 2001).

Genericamente, *crackers* são todos os biscoitos levemente salgados, finos e crocantes. Eles são, na verdade, substitutos para o pão (MANLEY, 2000). De acordo com Pomeranz (1988), massas de *crackers* diferem de massas de pães por serem mais duras e secas, devido às diferenças nos processamentos de ambos. Em termos de qualidade comestível, a textura do *cracker* deve ser bem suave, com caráter macio e folhado, de tal forma que, quando mordido, o biscoito não quebre e nem esmigalhe, mas se "desfaça" muito facilmente na boca (MANLEY, 2000).

Biscoitos *cracker* tem uma fórmula básica simples, sem adição de açúcar, apenas gordura, farinha e sal. A massa é sempre fermentada com levedura e é então laminada antes do corte e cozimento. A combinação da modificação das proteínas da farinha, obtida durante a fermentação biológica e laminação dá origem às bolhas características de tais biscoitos. A dureza é uma característica atribuída principalmente ao teor de gordura total, mas é também afetada pelo grau de separação das camadas de lâminas (MANLEY, 2000).

Os biscoitos tipo *cracker* geralmente são produzidos em maior variedade que qualquer outro tipo de produto de panificação. Estes biscoitos diferem entre si pelas proporções de seus ingredientes principais, usados em diferentes quantidades em relação a farinha de trigo, seu ingrediente principal. Sua fabricação está estruturada em uma formulação básica (ingredientes), embora as condições de processamento tais como, tempo, pH, umidade e temperatura influenciem sua qualidade (LIMA, 1998; MELO; LIMA; PINHEIRO, 2004).

Na fabricação dos biscoitos tipo *cracker*, os ingredientes são misturados em dois estágios. Inicialmente, no preparo da esponja a mistura é feita em tempo suficientemente curto para homogeneização dos ingredientes. O longo período de fermentação da esponja (cerca de 18 horas) influencia as fases seguintes do processo, definindo a qualidade do produto final. Em seguida, o preparo da massa é feito com adição dos ingredientes remanescentes, fermentando-se por 6 horas. Na laminação, a massa passa através de pares de rolos laminadores, onde sofre redução gradual e uniforme, sendo, cortada através de rolos estampadores. O cozimento é feito em fornos contínuos divididos em zonas de aquecimento, com controles independentes de temperatura, o que possibilita ajustes, de acordo com cada produto (MELO; LIMA; PINHEIRO, 2004).

3.4.2. Ingredientes mais utilizados na fabricação de *crackers*

Os ingredientes normalmente usados na formulação de *crackers* constituem de farinha de trigo, água, fermento biológico, gordura, açúcares, bicarbonato de sódio e cloreto de sódio. Podem ser usados também malte e suplemento enzimático. O biscoito tipo *cracker*, possui uma formulação básica, (TABELA 3) à qual podem ser acrescentados outros ingredientes que alteram o sabor do *cracker* convencional (MAILHOT; PATTON, 1988).

Tabela 3. Formulação básica para biscoito *cracker*

Esponja	%
• Farinha de Trigo	65,0 – 70,0
• Água*	22,0 – 30,0
• Gordura*	5,0 – 9,0
• Fermento biológico*	0,5 – 1,0
Massa	**%**
• Farinha de Trigo	30,0 – 35,0
• Sal*	1,0 – 1,9
• Malte não diastático*	2,0 – 4,0
• Gordura*	5,0 – 9,0
• Bicarbonato de Sódio*	0,4 – 0,65
• Lecitina de Soja*	0,1 – 0,2

* Estruturados a partir do peso total da farinha de trigo

Fonte: MANLEY, 2000.

Nos sub itens descritos a seguir são apresentados cada um dos ingredientes citados acima.

3.4.2.1. Farinha de Trigo

O trigo ocupa o primeiro lugar na produção mundial de cereais, em termos de volume (EMBRAPA, 2010). Dados do USDA (United States Depart of Agriculture) mostram que a produção mundial de trigo na safra 2009/2010 (agosto/2010) foi de 645.735 milhões de toneladas e o consumo de 662.195 milhões de toneladas. Os cinco maiores produtores mundiais são, respectivamente, União Européia, China, Índia, Estados Unidos e Rússia, igualmente os maiores consumidores mundiais, mudando apenas a posição dos norte-americanos, que ocupam a quinta posição em consumo (USDA, 2010). Dados da ABIMA (Associação Brasileira de Massas Alimentícias) mostram que o Brasil representa 0,77% da produção mundial, ou seja, 5 milhões de toneladas.

porém, o consumo anual no país tem se mantido em torno de 10 milhões de toneladas (EMBRAPA, 2010; ABIMA, 2010).

O tipo de maior interesse comercial é o *Triticum aestivum* L. (trigo comum) utilizado em panificação, produção de bolos, *noodles*, biscoitos e produtos de confeitaria (ABITRIGO, 2010). O grão de trigo consiste basicamente do endosperma, que contém amido, proteínas, fibras e complexo vitamínico, representando 80% do grão; da casca que contém fibras, complexo vitamínico, minerais e proteínas, representando 17,5% do grão e do gérmen ou embrião que contém gorduras, complexo vitamínico e minerais, representando 2,5% do grão. Dentre seus componentes, as proteínas e os carboidratos do trigo são os principais, devido às suas características especiais (ABITRIGO, 2010). As proteínas do trigo estão divididas em dois grupos: as proteínas não formadoras de glúten e as proteínas formadoras de glúten. As primeiras são formadas pelas albuminas e globulinas, representando cerca de 15% das proteínas totais e, as segundas são formadas pela gliadina e glutenina, que compreendem os 85% restantes das proteínas (HOSENEY, 1998).

O trigo é o componente principal da maioria das dietas do mundo. Isso ocorre devido a sua adaptação agronômica, facilidade de estocagem, benefícios nutricionais e a habilidade de sua farinha em produzir alimentos que satisfazem os seres humanos (WRIGLEY, 2009). A escassez de carboidrato na dieta costuma levar à perda de massa magra, ou seja, deixar de comer pães, biscoitos, massas e alimentos à base de trigo, pode ocasionar prejuízos à musculatura. Portanto, são grandes aliados de quem pratica atividades físicas, já que eles contribuem para a integridade muscular. Além disso, esses alimentos fornecem carboidrato, o nutriente que atua na produção de serotonina, uma substância que combate o mau humor (ABITRIGO, 2010).

O principal carboidrato na farinha de trigo é o amido, responsável por aproximadamente 65% de sua composição. O amido apresenta-se em forma de grânulos, sendo que aproximadamente 23% do amido de trigo é composto por amilose e 73% por amilopectina. A amilose é um polímero de cadeia linear com ligações glicosídicas a-1,4 enquanto que a amilopectina é uma estrutura altamente

ramificada formada por ligações glicosídicas α-1,4 e α-1,6 (CAUVAIN; YOUNG, 2007).

O trigo é o único grão cuja farinha pode ser transformada em um produto de baixa densidade, que é construído de células ou vesículas finas, de tamanho uniforme e tem uma textura macia, elástica (MATZ, 1968).

Além da quantidade adequada de glúten para formação da massa e retenção dos gases da fermentação, a farinha de trigo apresenta um balanceamento de enzimas (alfa-amilase, beta-amilase e glucoamilase) responsáveis pela quebra das moléculas de amido, tornando disponíveis os açúcares para o consumo das leveduras durante a fermentação da massa (CAUVAIN; YOUNG, 2007).

Os termos duro e mole quando aplicados aos cereais, estão relacionados à textura da semente. Trigos duros requerem maior força para se desintegrarem em relação aos trigos moles. Além disso, a farinha obtida a partir do trigo duro tem uma granulometria mais grosseira do que a farinha obtida a partir do trigo mole (POMERANZ, 1988), sendo que esta última pode ser diferenciada da farinha de trigo duro pelo conteúdo protéico mais baixo, menor capacidade de retenção de água, menores quantidades de amido danificado, menor tolerância à mistura, granulometria mais fina e estrutura de glúten menos elástica e mais extensível (EL-DASH; CAMARGO; DIAZ, 1982).

Produtos derivados do trigo mole são muitas vezes menos densos do que os produtos típicos de trigo duro, no entanto, produtos derivados do trigo mole tem uma estrutura interna mais uniforme, mordida suave, maior maciez e características de altura e extensibilidade mais desejáveis (POMERANZ, 1988). Sendo assim, o trigo mole apresenta propriedades únicas adequadas para a produção de biscoitos *cracker*, tais como conteúdo de proteína relativamente baixo e propriedades de glúten mais suaves (BRUNO, 1989), e teor de proteínas relativamente baixo, na faixa de 8 a 11% e propriedades de glúten menos elástica e extensível (EL-DASH; CAMARGO; DIAZ, 1982).

Para produzir um *cracker* leve com uma textura folheada, porém não frágil, farinha de trigo moderadamente forte é necessária. Depois de ser fermentada, a

massa deve ser extensível para permitir o folheamento sem rasgar. Se a massa é excessivamente dura, os *crackers* resultantes são pequenos e deformados (POMERANZ, 1988).

Creighton e Hoseney (1990) e Tanilli (1976) admitem que o maior problema encontrado na produção comercial de *cracker* é a variação na qualidade das farinhas, que embora apresentando composições químicas similares podem resultar em produtos de qualidades distintas.

3.4.2.2. Fermento Biológico

Segundo a ANVISA, os fermentos biológicos destinam-se a ser empregados no preparo de pães e certos tipos de biscoitos e produtos de confeitaria e são obtidos de culturas puras de leveduras (*Saccharomyces cerevisiae*) por procedimento tecnológico adequado e empregado para dar sabor próprio e aumentar o volume e a porosidade dos produtos forneados (BRASIL, 1977). Formas comerciais de levedura de panificação podem ser subdivididos em duas classes principais: o fermento fresco e a levedura seca, onde a segunda classe possui uma vida de prateleira maior que a primeira (SLUIMER, 2005).

Há muitos tipos diferentes de leveduras, mas o mais comumente usado para a fermentação da massas é chamado de *Saccharomyces cerevisiae* (MANLEY, 2000; DELCOUR; HOSENEY, 2010). Em condições anaeróbicas, o metabolismo desta levedura é controlado principalmente pelas ações externas de duas enzimas, a invertase, que hidrolisa a sacarose para glicose e frutose, e um complexo zimase que converte os açúcares mais baixos para o álcool etílico e dióxido de carbono na ausência de oxigênio (MANLEY, 2000).

Massas de água e farinha geralmente contêm cerca de 0,5% de glicose e frutose. A fermentação começa e o sistema levedura-maltozimase é ativado. A fermentação é então sustentada pela atividade da α e β-amilase da farinha. Um processo de fermentação contínua permite o controle de outros microrganismos durante a longa fermentação de massas (MANLEY, 2000).

Segundo Holmes e Hoseney (1987), a levedura atua na massa em largas faixas de *pH* e mantém uma produção substancial de gás entre os *pH* 3,7 e 8,0, que é o intervalo encontrado na massa do *cracker* durante a fermentação, sendo que a densidade da massa diminui com o aumento da fermentação e, consequentemente o peso do *cracker* também diminui e as células da estrutura do *cracker* tornam-se mais finas e uniformes.

De acordo com Smith (1972), a levedura altera as propriedades físicas da massa, especialmente a elasticidade do glúten, causando a concatenação de fibras do glúten, o que causa o amolecimento da massa, comumente chamado de acondicionamento do glúten, além disso, extratos de levedura são valiosos como aromatizantes para biscoitos ou como intensificadores de sabor (HOSENEY, 1991; VITTI, 1992; MANLEY, 2000).

3.4.2.3. Água

A água, substância cuja molécula é composta por dois átomos de hidrogênio e um de oxigênio, tem um alto poder de diluição em relação aos sais, tendo sua característica influenciada pelo solo por onde passa, enriquecendo-se de diversas substâncias e dando lugar a uma composição química diversa (QUAGLIA, 1991).

É um ingrediente especial em massas de biscoitos. Age como um catalisador permitindo que mudanças ocorram em outros componentes, tanto para formar a massa, e como, posteriormente, um produto rígido e com boa textura após o cozimento. Toda a água adicionada à massa de biscoito é removida durante o cozimento, mas a qualidade da água adicionada pode ter efeito sobre a massa (MANLEY, 1998a; MANLEY, 2000).

A água é um constituinte importante na formulação dos *crackers*, tendo a função de dissolver os ingredientes solúveis e hidratar o glúten, promovendo o seu desenvolvimento (VITTI; GARCIA OLIVEIRA, 1988; ROGERS; HOSENEY, 1989), sendo encontrada na faixa de 29 a 34%, em relação ao peso total da farinha.

A quantidade de água é determinada pela força da farinha, sua absorção e consistência desejada da massa (MATZ, 1968) e tem participação importante em reações químicas e bioquímicas na massa, o que influencia suas propriedades físicas, tais como consistência, extensibilidade, maleabilidade, elasticidade e umidade. A qualidade da água tem sido, em alguns casos, considerada responsável por variações na qualidade dos biscoitos *crackers* (MATZ, 1968; EL DASH; CAMARGO; DIAZ, 1982; ROGERS; HOSENEY, 1989). É também essencial para a gelatinização do amido e para o calor de fixação das proteínas (SLUIMER, 2005). É responsável por facilitar o ataque enzimático em biscoitos tipo *cracker* (VITTI, 1992).

A água desempenha um papel importante nas mudanças que ocorrem durante o cozimento da massa: gelatinização do amido, desnaturação de proteínas, inativação de enzimas, sabor e formação de cor, sendo também um dos fatores que governam a vida de prateleira (POMERANZ, 1991). Massas feitas com água muito leve são mais suaves e mais fracas do que aquelas feitas com água dura (MANLEY, 2000).

Absorção e mistura de água adequadas são essenciais para o bom desenvolvimento da massa e da produção de um bom produto de panificação. Quando o nível de água é muito baixo, a massa fica dura e sem coesão. A um nível excessivamente alto de água, se forma uma suspensão de farinha e não há o desenvolvimento adequado da massa (POMERANZ, 1991).

3.4.2.4. Gordura

As gorduras desempenham uma função essencial na textura das massas. Durante a mistura de uma massa, há concorrência para a superfície da farinha entre a fase aquosa e a gordura. A solução de água ou açúcar interage com a proteína da farinha para formar o glúten, uma rede coesa e extensível. Quando a gordura reveste a farinha, esta rede é interrompida e as propriedades comestíveis após o cozimento são menos rígidas e mais inclinadas a derreter na boca (MANLEY, 1998a; MANLEY, 2000).

Hamed-Faridi (1980) afirma que a gordura contribui para a leveza e friabilidade dos *crackers* e também para a melhora da expansão e do sabor. O mesmo autor recomenda níveis altos de gordura nas massas para ajudar a controlar a quebra dos *crackers*, um dos maiores problemas na produção do *cracker*. Se o nível de gordura é elevado, a função de lubrificação na massa é tão pronunciada que pouca ou nenhuma água é necessária para alcançar uma consistência desejada, pouco glúten é formado, o amido incha e a gelatinização também é reduzida resultando em uma textura muito macia. A massa quebra facilmente quando puxada. Quando o nível de açúcar é elevado a gordura se combina no forno com a solução-xarope impedindo a massa de se tornar dura e vítrea durante a resfriamento (MANLEY, 2000). El-Dash, Camargo e Diaz (1982) e Vitti *et al.* (1988) ressaltam o efeito benéfico do uso de gorduras nas massas, afirmando que funciona como amaciador de glúten. Segundo os mesmos autores, a gordura também contribui para melhorar o aroma e sabor, melhorar a expansão e lubrificar a massa dos biscoitos.

3.4.2.5. Sal

O sal é usado em quase todas as formulações por seu sabor e propriedades que melhoram o sabor. Sua concentração mais efetiva é cerca de 1 a 1,5% baseado no peso da farinha: a um nível superior a 2,5%, o gosto se torna desagradável. Em massas com desenvolvimento significativo de glúten, biscoitos tipo *cracker* e semi-doce, o sal fortalece a rede de glúten, auxiliando a retenção de gás. Este componente também diminui a absorção de água, colaborando para melhorar o volume e a textura do produto final (VITTI, 1992; MANLEY, 2000; SLUIMER, 2005). Segundo Pomeranz (1988), o sal também aumenta a resistência à extensibilidade da massa.

Este componente também pode diminuir a taxa de fermentação de leveduras e inibir ligeiramente a ação de enzimas proteolíticas no glúten (VITTI, 1992). Além de influenciar no sabor e aroma, é também usado como agente de controle da fermentação. Caso o sal não seja adicionado à massa, a fermentação

ocorrerá rapidamente; no entanto se o conteúdo de sal exceder 2% sobre o peso da farinha, a fermentação será retardada excessivamente (WHITELEY, 1971; NIMAN, 1996).

Além disso, o sal é comumente usado como superfície de confecção e decoração de biscoitos salgados (VITTI, 1992; MANLEY, 2000; SLUIMER, 2005).

3.4.2.6. Bicarbonato de Sódio

Este sal é relativamente barato e é facilmente obtido na pureza de grau alimentício. Na presença de umidade, ele reage com qualquer material ácido liberando dióxido de carbono. Na ausência de qualquer acidulante quando aquecido, o bicarbonato vai liberar parte do dióxido de carbono e permanecer como carbonato de sódio (MANLEY, 1998a; MANLEY, 2000).

Como muitos ingredientes dos biscoitos, incluindo a farinha, produzem uma reação ácida, muitas vezes é útil usar bicarbonato de sódio como um meio de ajustar o pH da massa de biscoito. Durante a fermentação da esponja ocorre a formação de ácidos pela ação de certos microorganismos presentes na farinha. A quantidade de tais microorganismos é variável, não podendo se prever com precisão a quantidade de ácidos formados. O ácido produzido na massa deve ser neutralizado pela adição de bicarbonato de sódio para garantir a qualidade do produto final, neutralizando a acidez gerada na fermentação (RENZO, 1975; LAJOIE; THOMAS, 1994).

O bicarbonato de sódio aumenta a extensibilidade da massa do *cracker* (PIZZINATTO & HOSENEY, 1980).

3.4.2.7. Enzimas

Um dos principais problemas das indústrias no processamento de biscoitos se refere à aglomeração das proteínas formadoras do glúten, o que provoca a retração da massa após a laminação e o endurecimento excessivo do produto

final. Esses problemas relativos à qualidade da farinha de trigo para a produção industrial podem ser solucionados com a adição de proteases (BRUNO, 1989).

A indústria de panificação utiliza proteases de origem fúngica, bacteriana ou de origem vegetal. As proteases mais adequadas ao processo de fabricação de biscoitos são as de origem bacteriana e vegetal, pela alta eficiência na degradação da rede proteíca (LIMA, 1998).

As condições de utilização das proteases são determinadas pelo tipo de farinha que se emprega e pelas características desejadas no produto final. Na produção de biscoitos *crackers*, a rede de proteínas deve ser suficientemente enfraquecida para facilitar o processamento e fornecer um produto friável, o que pode ser alcançado através de uma ação proteolítica mais forte do que aquela desejada na produção de pães. Entretanto, o excesso de atividade proteolítica causa um amolecimento na massa que resulta em baixa qualidade do produto final (LIMA, 1998).

As proteases são adicionadas durante o estágio de fermentação da esponja, permitindo sua atuação nas proteínas da farinha (glúten) por um período de tempo prolongado. As proteases hidrolisam as proteínas, o que possibilita realinhá-las em filmes que dão às massas um balanço adequado entre extensibilidade e elasticidade. Isto permite que a etapa de laminação do processamento do *cracker* seja realizada sem rompimento da massa (BRUNO, 1989; LIMA, 1998).

As proteases também afetam as características sensoriais, tendo efeito significativo na acentuação da cor e do sabor. O aroma é atribuído a um aumento na formação de compostos carbonílicos, causado pela ação enzimática. Os efeitos das proteases nas propriedades plásticas do glúten são também observados na textura final do produto pois, a dispersão ou o enfraquecimento da rede de proteína da massa por essas enzimas, possibilita a formação de um produto de menor densidade e dureza e melhor aparência geral (BRUNO, 1989; LIMA, 1998).

Um outro tipo de enzima comumente utilizada na indústria alimentícia são as xilanases ou pentosanases, muitas vezes conhecidas por hemicelulases, têm

sido muito utilizadas como enzimas condicionadoras de massas (WHITEHURST; LAW, 2002).

Assim como as proteases, as xilanases são enzimas extracelulares, produzidas principalmente por fungos e bactérias (BOCCHINI, 2003). Em sua dosagem ideal, as xilanases podem melhorar a manipulação e a estabilidade de produtos oriundos de massas fermentadas (WHITEHURST; LAW, 2002; SILVA, 2007). Os efeitos das xilanases são aparentes imediatamente após a mistura e continuam durante o descanso, quando as propriedades viscoelásticas da massa fermentada mudam significativamente (SILVA, 2007).

3.4.2.8. Lecitina de soja

Dentre os aditivos alimentares utilizados em panificação, os emulsificantes constituem um grupo extremamente importante, pois são responsáveis por uma série de benefícios que vão desde a maior facilidade de manipulação das massas, até incrementos em volume e vida de prateleira dos produtos finais (KOKELAAR; GARRITSEN; PRINS, 1995; RIBOTTA, 2004).

Os fosfolipídios são substâncias potentes como emulsionantes, pois têm fortes afinidades polares. A lecitina é uma substância alimentícia natural que ocorre em toda matéria viva, porém é encontrada em quantidades significativas na gema de ovo (8-10%) e na soja (2,5%), que é a principal fonte de lecitina vegetal. Por ser natural, é isenta de controle pela legislação (MANLEY, 2000).

A lecitina desempenha um papel importante na indústria de processamento de cereais. Além de melhorar as propriedades reológicas (em termos de estabilidade) também melhora a qualidade do pão em geral, inclusive a vida de prateleira e aceitação pelo consumidor (POMERANZ, 1991).

Massas de biscoitos e *crackers* são mais secas e mais flexíveis e o produto final é mais uniforme em tamanho, forma e qualidade. O papel mais importante da lecitina na produção de biscoitos é, provavelmente, o fato de que ela facilita a rápida mistura e incorporação de todos os componentes da massa. Isso reduz o

tempo de mistura e previne o desenvolvimento de massas que são muito difíceis de manusear (POMERANZ, 1991).

A lecitina comercial é quase inteiramente de origem da soja por motivos de custo. É extraída das sementes, por meio de solventes, mas varia em composição e sempre contém uma percentagem considerável de óleo de soja. A lecitina comercial é um líquido ou uma pasta plástica que, se usado em excesso, confere sabor desagradável. A lecitina de soja não é solúvel em água, mas dissolve-se em gorduras e óleos quentes (MANLEY, 2000).

Os níveis de utilização podem ser expressos em relação ao peso de farinha de trigo (normalmente 0,5 - 1,0%) ou o peso de gordura (até 2,0%). Seu uso dentro desses níveis resulta em uma massa suave, sendo possível reduzir o teor de gordura da massa em até 10%, e obtendo um biscoito com uma qualidade comestível desejavél (MANLEY, 2000).

3.4.3. Processamento do biscoito tipo *cracker*

De forma geral, as principais etapas do processo de fabricação são: mistura, fermentação, laminação (perfuração e moldagem), forneamento, resfriamento e embalagem.

3.4.3.1. Mistura e fermentação da esponja

Convencionalmente, a mistura é feita em duas etapas conhecidas como fase esponja e fase massa. A esponja é preparada a partir da mistura de 60 a 70% da farinha de trigo, água e o fermento e, em alguns casos, parte da gordura (HAMED-FARIDI, 1980). Os ingredientes da esponja devem ser misturados por tempo suficiente para permitir a distribuição da água e do fermento na farinha, já que o excesso de mistura prejudica o processo fermentativo, acelerando-o e acarretando problemas nas fases posteriores. São recomendados tempos de mistura de 1 a 3 minutos, em misturador horizontal ou vertical, em rotação de 30 a

50 rpm (THE BISCUIT AND *CRACKER* MANUFACTURES' ASSOCIATION, 1981).

De acordo com Manley (1998b), para a produção do biscoito salgado tipo *cracker,* os misturadores de hastes verticais são os mais utilizados por propiciarem o máximo de mistura e o mínimo de desenvolvimento mecânico, ou seja, a formação da rede de glúten. A esponja deve ser fermentada durante um período que varia entre 8 e 18 horas.

Durante esta fermentação, o pH cai de cerca de 6,0 para cerca de 4,0. Um inóculo rico em bactérias é geralmente usado para obter essa queda de pH. O inóculo é chamado de "tampão" e é geralmente uma esponja "velha". A qualidade de biscoito *crackers* pode variar muito, dependendo da atividade e da quantidade de "tampão" utilizado. As bactérias desempenham um papel importante nas mudanças que ocorrem durante a fermentação. A farinha contém apenas quantidades limitadas de carboidratos que podem ser utilizados pelas leveduras e bactérias. Assim, na esponja, o fermento e as bactérias competem por esses carboidratos. Durante a fermentação, a esponja torna-se menos elástica. A farinha também contém uma enzima proteolítica que tem um pH ótimo de 4,1. A ação desta enzima é considerada importante para modificar a textura da massa. Isso também pode ser o motivo pelo qual a esponja deve atingir um pH em torno de 4,1 (DELCOUR; HOSENEY, 2010).

A necessidade de maior tempo de fermentação e a diminuição do pH, são fatores determinantes para ocorrer mudanças reológicas na massa do *cracker*. Estas mudanças, também podem ser observadas através da queda nos valores de resistência à extensão, resistência máxima e extensibilidade no extensograma dessa massa (LIMA, 1998).

Lima (1998), com o aumento do tempo de fermentação da esponja, obteve a diminuição na extensibilidade e no pH das esponjas no processo convencional. Esse resultado foi semelhante aos encontrados por Doescher e Hoseney (1985).

A enzima proteolítica natural da farinha age com mais eficácia em longos períodos de fermentação da esponja, quando os valores de pH diminuem a níveis ótimos para a sua atividade. A necessidade de maior tempo de fermentação para

ocorrer mudanças reológicas na massa do *cracker* observada em estudos, poderia ser justificada pela presença de baixo teor de enzimas proteolíticas endógenas na farinha de trigo usada (LIMA, 1998).

No processo convencional dos biscoitos salgados, grande parte das transformações reológicas da massa ocorrem durante o tempo de fermentação da esponja, causadas pela quebra de ligações dissulfeto das proteínas responsáveis por mudanças no glúten. As modificações físicas e químicas que ocorrem, principalmente na esponja, são responsáveis pelas propriedades de manuseio da massa, pelo sabor típico e em parte pela textura final que caracterizam os tais biscoitos (FIELDS; VARRIANO-MARSTON, 1982; POMERANZ, 1988; MELO; LIMA; PINHEIRO, 2004).

3.4.3.2. Mistura e fermentação da massa

Matz (1968) afirma que o tempo de mistura influi na laminação. A massa é preparada misturando-se o remanescente da farinha e os outros ingredientes com a esponja fermentada por 3 a 7 minutos.

O período de fermentação da massa é tipicamente 6 horas (ROGERS; HOSENEY, 1989). Os mesmos autores afirmam que o estágio de fermentação da massa é simplesmente um período de hidratação, permitindo que os 30 a 40% da farinha adicional se equilibre com a umidade dos ingredientes da esponja. O volume da massa aumenta com o aumento do tempo de descanso até aproximadamente 4 horas e depois diminui. Nas primeiras duas horas de descanso, o peso médio da massa é maior que nos outros períodos. De acordo com Doescher e Hoseney (1985), maiores períodos de descanso propiciam melhor elasticidade e condições de laminação da massa, produzindo *crackers* mais resistentes e de maior leveza. No entanto se o tempo de hidratação for muito longo a massa tende a ficar seca.

O bicarbonato de sódio suficiente para elevar o pH da massa acima de 7,0 está entre os ingredientes. Para atingir o sabor e textura corretos, o biscoito deve

ter um pH de 7,2. Por causa do pH elevado, a fermentação de leveduras é predominante (MANLEY, 1998d; DELCOUR; HOSENEY, 2010).

Fermentação excessiva ou excessiva reação de enzimas irá resultar em uma massa pouco manejável e curta. De acordo MANLEY (2000), com grandes fabricantes preparam a esponja em lotes e, em seguida, após a fermentação, utilizam esses lotes em um processo contínuo. Alega-se que o método de esponja e massa resulta nos melhores biscoitos em termos de sabor e aroma e, a flora microbiana da farinha deve ser um dos principais motivos.

3.4.3.3. Laminação e corte

Tipicamente, 24 horas após a esponja ser definida, a massa está pronta para ser processada (DELCOUR; HOSENEY, 2010). As passagens da massa através de equipamentos de laminação e corte têm maior efeito nas características do produto final que qualquer outra operação do processo (WADE, 1972). Para formar adequadamente uma lâmina de massa é necessário seguir criteriosamente a operação de laminação. A formação da lâmina uniforme é extremamente importante, de interesse econômico e deve ser controlada na linha de produção (WHITELEY, 1971).

Após a laminação, a massa é passada através de rolos para reduzir a sua espessura de 2,5 cm a 0,30 mm. Isso é feito em várias etapas e com um giros de 90º. Desta forma, a massa é folheada em ambos os sentidos e é resistente a extensão (MANLEY, 1998c; DELCOUR; HOSENEY, 2010). O sucesso na estrutura do *cracker* depende fundamentalmente, da capacidade de formar uma pilha de camadas finas de massa. A massa deve ser macia e extensível o suficiente para formar uma boa folha que pode ser reduzida em espessura para a fase de laminação. Entre essas camadas, uma mistura de gordura e farinha conhecida como "*cracker* dust" é distribuída. Essa mistura deve ser macia, plástica e de partículas com tamanho mais ou menos uniforme (MANLEY, 2000).

A extensibilidade, após a laminação da massa, deve ser tal qual antes do corte, de modo que não haja ruptura do glúten fazendo com que a estrutura

laminar seja perdida. Entretanto, uma certa perda de estrutura laminar é provavelmente inevitável (MANLEY, 2000).

Após a passagem pelos rolos redutores finais, a lâmina obtida é cortada e furada por prensa estampadora. O objetivo dos furos é unir as superfícies superior e inferior da massa, de modo que o biscoito não irá se separar em camadas. Em seguida, 2,5% de sal (base farinha) normalmente é pulverizado sobre a massa, que é então cozida (DELCOUR; HOSENEY, 2010).

3.4.3.4. Forneamento

Muitas modificações acontecem na massa dos biscoitos no processo de cozimento. Entre as modificações mais importantes podem ser citados a perda de umidade, desenvolvimento da cor, sabor, aromas e mudanças nas dimensões (VITTI, 1992).

A natureza da massa e seu comportamento no forno provocam contração longitudinal considerável. Normalmente, há uma retração de cerca de 18% no comprimento do biscoito cozido em comparação com o comprimento do corte. Durante o cozimento, as laminações se elevam irregularmente e é assim que as bolhas podem se formar na superfície do biscoito. O mecanismo desta elevação é pouco conhecido, mas é provável que o principal fator seja a descontinuidade formada entre duas folhas finas de massa (as laminações). As cavidades formadas dentro da massa, são preenchidas com dióxido de carbono, produzido pela levedura, mas a maior expansão é resultado da pressão de vapor da água quando a temperatura de um pedaço da massa sobe acima de 60ºC (MANLEY, 2000).

A coloração desejada de um *cracker* cozido é bastante pálida com os relevos um pouco mais escuros porque as bolhas ganham cor mais facilmente. Se a elasticidade da massa não é boa, durante o cozimento a cor parecerá pálida devido à falta de relevo (MANLEY, 1998d; MANLEY, 2000).

Normalmente, a superfície de cozimento do forno é uma esteira aberta de modo que a umidade pode ser perdida a partir do fundo do *cracker*. Caso

contrário, o cracker teria ondulações durante o cozimento, o que não é desejável por diversas razões (DELCOUR; HOSENEY, 2010). O assamento é de 2,5 a 4 minutos à 300 ºC. O aquecimento rápido faz evaporar a água enquanto ela ainda está dentro da massa e, portanto, incha as camadas de biscoito entre os pontos unidos pelos furos. Um aquecimento mais lento levaria apenas à perda da água na superfície e não incharia as camadas da massa (DELCOUR; HOSENEY, 2010). A etapa de forneamento desse tipo de biscoito utiliza temperaturas que chegam a 340 ºC na zona central de um forno contínuo (MANLEY, 1998d).

3.4.3.5. Resfriamento

Os biscoitos saem do forno ainda muito quentes, com pouca rigidez e com umidade não uniformemente distribuídas e precisam, portanto, de resfriamento adequado antes de serem embalados (WADE, 1988). O resfriamento lento evita a formação de pequenas rachaduras que levam à quebra durante o transporte (DELCOUR; HOSENEY, 2010). Para Wade (1972) e Manley (2000), o tempo de resfriamento deve ser de cerca de 20 minutos até reduzir a temperatura a níveis baixos para não provocar problemas no empacotamento.

Durante o resfriamento, pode ocorrer alguma troca de umidade entre o produto e a atmosfera que o envolve, dependendo da umidade relativa do ar. Entretanto, a mais importante mudança nesta etapa é a redistribuição de umidade dentro do produto (WADE, 1988).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Matérias-primas

4.1.1. Farinha de trigo

A farinha de trigo para panificação, BUNGE PRO PAN 75, lote DJ 129, validade 09/08/2009, foi fornecida pela BUNGE do Brasil (Santos, SP).

4.1.2. Isolado protéico de soja

O isolado protéico de soja SUPRO® 783 IP, lote E3300113924, validade 08/12/2010, foi fornecida pela SOLAE do Brasil Ind. e Com. Alim. Ltda (Esteio, RS).

4.1.3. Fibra de soja

A fibra de soja utilizada nesse experimento foi obtida a partir da retirada da casca da soja crua, lote 25/02, validade 14/09/2010, fornecida pela empresa SOSOJA do Brasil Ltda. (Goiânia, GO).

4.1.4. Demais ingredientes

- Gordura vegetal de palma 370B, fornecedor Agropalma (Belém, PA);
- Lecitina de soja SOLEC SG, fornecedor SOLAE do Brasil Ind. e Com. Alim. Ltda. (Esteio, RS);
- Fermento biológico fresco, Fleischmann (Jundiaí, SP);
- Bicarbonato de sódio, fornecedor Plury Química Ltda. (Diadema, SP);
- Enzima protease SUMMER-PRO-10.000, fornecedor Granolab do Brasil (Curitiba, PR);
- Enzima xilanase SUMMER-XYLAN , fornecedor Granolab do Brasil (Curitiba, PR);
- Sal da marca Cisne.

Na Figura 4, são apresentadas as principais matérias-primas, objetos do estudo, utilizadas nos biscoitos *cracker*.

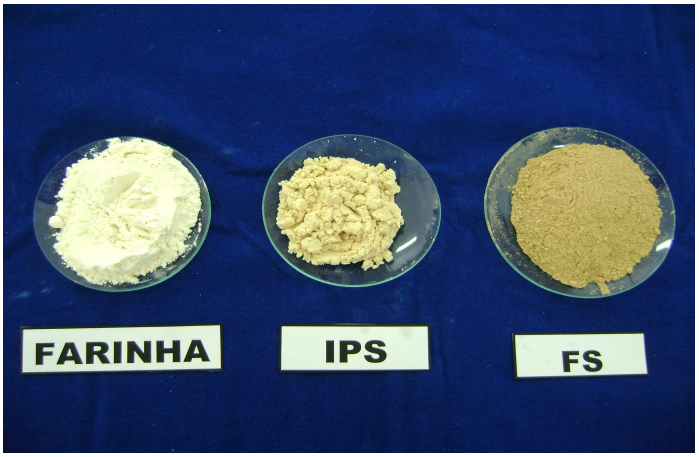


Figura 4. Matérias-primas (farinha de trigo, isolado protéico de soja - IPS e fibra de soja - FS) utilizadas para a fabricação dos biscoitos

4.2. Métodos

4.2.1. Caracterização química e física das matérias-primas

As análises químicas foram realizadas no Centro de Ciência e Qualidade de Alimentos – CCQA (ITAL, Campinas, Brasil), de acordo com o método específico para cada matéria-prima:

4.2.1.1. Composição centesimal

Isolado protéico de soja (IPS) e Fibra de soja (FS):

Foi realizada análise de umidade – método AOCS Bc 2-49 (FIRESTONE, 2005); proteína – método AOAC 945.39; lipídios totais – método AOAC 945.38F; cinzas – método AOAC 945.38C; fibra alimentar total – método AOAC 985.29

(HORWITZ, 2005); calorias (KALIL, 1975; PASSMORE; NICOL, RAO, 1975; USDA, 1963).

Farinha de trigo

Foi realizada análise de umidade – método AOAC 925.10; proteína – método AOAC 920.87; lipídeos totais AOAC 922.06; cinzas – método AOAC 23.06; fibra alimentar total – método AOAC 985.29 (HORWITZ, 2005); calorias (KALIL, 1975; PASSMORE; NICOL; RAO, 1975; USDA, 1963).

4.2.1.2. Fibra alimentar solúvel e insolúvel

Os teores de fibra alimentar solúvel e insolúvel foram determinados seguindo o método AOAC 991.43, de acordo com Horwitz (2005) e Proscky *et al.* (1992).

4.2.1.3. Composição em aminoácidos totais

Os aminoácidos totais foram determinados de acordo com White; Hart; Fry, (1986) e Hagen; Frobt; Augustin (1989).

4.2.1.4. Granulometria

A distribuição granulométrica da farinha de trigo foi determinada no equipamento Produtest modelo T série 3244, fabricante Produtest Ind. Bras. segundo método 66-20.01 da AACC (2009). As peneiras foram previamente pesadas. Em seguida, peneirou-se 100g da farinha durante 5 minutos no conjunto de cinco peneiras arredondadas, com aberturas das malhas de 0,840 mm, 0,420 mm, 0,250 mm, 0,177 mm, 0,149 mm e as quantidades retidas em cada peneira foram pesadas e expressas em porcentagem.

4.2.2. Caracterização reológica da farinha de trigo

As análises físicas e reológicas foram realizadas no Laboratório de Desenvolvimento e Controle de Qualidade de Farinhas (Cereal Chocotec/ITAL, Campinas, Brasil).

4.2.2.1. Farinografia

Utilizando-se o método 54-21.01 da AACC (2009) no Farinógrafo (marca Brabender, modelo 8260), foram avaliados, em triplicata, os parâmetros de absorção de água, tempo de chegada, tempo de desenvolvimento da massa, tempo de saída, estabilidade e índice de tolerância (ITM).

4.2.2.2. Extensografia

Utilizando-se o método 54-10.01 da AACC (2009) no Extensógrafo (marca Brabender, modelo OHG 8600), foram avaliados, em triplicata, os parâmetros de resistência à extensão ou elasticidade (R), resistência máxima (Rmax), extensibilidade (E), número proporcional (D) e o trabalho realizado na massa (A).

4.2.2.3. *Falling number*

O "*Falling number*" foi determinado pela metodologia 56-81.03 da AACC (2009), utilizando-se o equipamento *Falling Number* (marca Perten Instruments, modelo 1800, Huddinge, Suécia) para avaliar a atividade enzimática (α-amilase) presente na farinha de trigo.

4.2.2.4. Teor de glúten

Os teores de glúten úmido e glúten seco foram determinados pelo método 38-12.02 da AACC (2009), utilizando-se equipamento "Glutomatic e Glutork" (marca Perten Instruments, Huddinge, Suécia).

4.2.3. Teor de isoflavonas do isolado protéico e fibra de soja

O conteúdo de isoflavonas do isolado protéico de soja e da fibra de soja foi determinado segundo metodologia de Berhow (2002) e Murphy, Barva e Hanck, (2002).

4.2.4. Caracterização da mistura: farinha de trigo e derivados de soja

Foi realizada a caracterização quanto à análise de farinografia, descrita no item 4.2.2.1, das misturas de farinha de trigo com derivados da soja (proteína isolada de soja e fibra de soja), que variou conforme delineamento experimental apresentado no item 4.2.5.3. Os resultados encontram-se no Anexo I.

4.2.5. Produção dos biscoitos salgados tipo *cracker*

4.2.5.1. Ensaios preliminares

Ensaios preliminares foram realizados visando ajustar a formulação base de biscoito salgado tipo *cracker* e obter a faixa de concentrações de IPS (isolado protéico de soja) e de FS (fibra de soja) em substituição à farinha de trigo. A partir destes resultados, foi delineado o planejamento experimental para avaliar o efeito dessas variáveis no biscoito *cracker* (Item 4.2.5.3)

4.2.5.2. Formulação

Os biscoitos *crackers*, enriquecidos com derivados da soja, foram produzidos a partir da formulação base apresentada na Tabela 4. Nas formulações estudadas, a farinha de trigo foi substituída parcialmente pelo IPS (isolado protéico de soja) e pela FS (fibra de soja), em diferentes porcentagens. Uma formulação controle, sem adição destes derivados de soja, foi também elaborada e utilizada nesta etapa do estudo.

Tabela 4. Formulação base para produção dos biscoitos *cracker*

Ingrediente	**% (base farinha)***
Farinha de trigo**	100,00
Água mineral***	25,00
Gordura vegetal	12,84
Sal	1,70
Fermento biológico	0,60
Bicarbonato de sódio	0,50
Lecitina de soja	0,10
Enzima protease	0,03
Enzima xilanase	0,03

* Em relação ao total de farinha de trigo;
** A farinha de trigo foi substituída nos ensaios pela mistura de farinha de trigo, isolado protéico de soja e fibra de soja, conforme o delineamento experimental;
*** A água foi corrigida conforme análise farinográfica realizada com cada mistura de farinha de trigo, isolado protéico de soja e fibra de soja, conforme delineamento experimental.

4.2.5.3. Planejamento experimental

Nesta pesquisa, para avaliar o efeito da adição de diferentes níveis de isolado protéico de soja (IPS) e fibra de soja (FS), em substituição parcial da farinha de trigo (FT), na formulação de biscoitos salgados tipo *cracker,* foi utilizado

um delineamento estatístico do tipo composto central rotacional (DCCR) 2^2 (RODRIGUES; IEMMA, 2005). As variáveis independentes do delineamento experimental foram o teor de IPS e de FS, com níveis em -1,41; -1,00; 0,00; +1,00 e +1,41, conforme valores indicados na Tabela 5 e na matriz do planejamento (Tabela 6).

Tabela 5. Variáveis independentes e níveis de variação

Variáveis Independentes	**Níveis de Variação**				
	- α (-1,41)	-1	0	+1	+ α (+1,41)
X_1 – IPS (%)	5,00	6,46	10,00	13,54	15,00
X_2 – FS (%)	3,00	3,88	6,00	8,12	9,00

X_1 = Isolado Protéico de Soja (IPS);
X_2 = Fibra de Soja (FS).

No total, foram realizados doze ensaios, sendo referentes aos quatro pontos fatoriais, quatro pontos axiais e quatro centrais. O planejamento foi realizado dentro do menor prazo possível após a realização do primeiro ensaio, para minimizar alterações das características físico-químicas das matérias-primas em estudo. As variáveis dependentes avaliadas foram: índice de expansão, volume específico, cor instrumental (L*, a*, b*, ΔE*, C*, h_{ab}), textura instrumental (firmeza e fraturabilidade), atividade de água e análise sensorial dos biscoitos produzidos. As metolodogias de análise destes parâmetros são descritas no item 4.2.7.

A Tabela 6, a seguir, apresenta a matriz do planejamento experimental, com valores codificados e valores reais, realizado nesse estudo.

Tabela 6. Matriz do planejamento experimental com valores codificados e reais

ENSAIOS	VALORES CODIFICADOS		VALORES REAIS	
	x_1	x_2	X_1	X_2
1	-1	-1	6,46	3,88
2	1	-1	13,54	3,88
3	-1	1	6,46	8,12
4	1	1	13,54	8,12
5	-1,41	0	5	6
6	1,41	0	15	6
7	0	-1,41	10	3
8	0	1,41	10	9
9	0	0	10	6
10	0	0	10	6
11	0	0	10	6
12	0	0	10	6

X_1 = Isolado Protéico de Soja (%);
X_2 = Fibra de Soja (%).

4.2.6. Execução dos ensaios

Os ensaios foram executados na planta-piloto de Desenvolvimento de Biscoitos (Cereal Chocotec/ITAL, Campinas, Brasil). Na produção dos biscoitos salgados tipo *cracker,* foi adotado o método convencional em dois estágios, conforme descrito por Vitti (1992), Pizzinatto *et al.* (1993) e Melo; Lima; Pinheiro (2004). A seguir, serão apresentadas e detalhadas as etapas envolvidas nesta técnica de processamento (Figura 5):

- Primeiro estágio: preparo da massa esponja e fermentação;
- Segundo estágio: preparo da massa, previamente fermentada, com adição dos ingredientes remanescentes, fermentação, laminação, estampagem e forneamento.

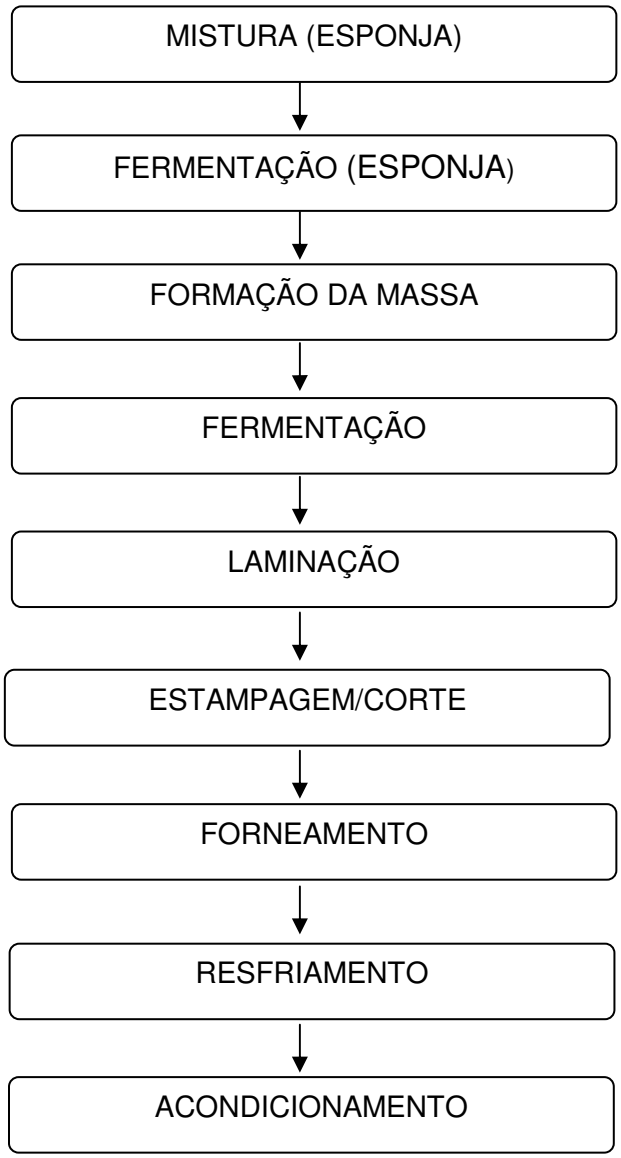


Figura 5. Fluxograma do processamento de biscoito *cracker*, método convencional em dois estágios

4.2.6.1. Mistura (formação da esponja)

Para o preparo da massa esponja, parte da farinha de trigo (70%), água e levedura foram homogeneizadas por 10 minutos em misturador Sigma (marca

FABBE, São Paulo, Brasil), sob velocidade baixa, à temperatura ambiente. A dosagem da água foi determinada de acordo com as características reológicas das misturas das farinhas com os derivados da soja, após obtenção do valor de absorção de água na análise de farinografia (Anexo I).

4.2.6.2. Primeira fermentação (esponja)

Após a etapa de mistura, a massa foi colocada em câmara de fermentação controlada (marca Perfecta, modelo 126002116, Curitiba, Brasil) por aproximadamente 18 horas, com condições de temperatura e umidade relativa de 32 ºC e 80%, respectivamente. A etapa de fermentação, para a obtenção da massa esponja, influencia grandemente as fases seguintes do processo e a qualidade do produto final. As modificações físicas e químicas que ocorrem, responsáveis pela determinação das propriedades de manuseio da massa, pelo sabor típico e, em parte, pela textura final que caracterizam os *crackers.*

4.2.6.3. Formação da massa / segunda fermentação

Essa etapa também é conhecida como reforço. O recipiente com a massa esponja foi retirado da câmara de fermentação controlada (marca Perfecta, modelo 126002116, Curitiba, Brasil) e a massa levada ao equipamento de mistura, o misturador Sigma (marca FABBE, São Paulo, Brasil), onde foram adicionados os ingredientes remanescentes e homogeneizados sob velocidade baixa, por 15 minutos. Após a mistura, a massa voltou para a câmara de fermentação e permaneceu por mais 4 horas (fase de massa). A adição do isolado protéico de soja e fibra de soja foi realizada nesta etapa.

4.2.6.4. Laminação

Após a mistura, a massa foi laminada, visando a formação do biscoito. No caso de biscoito salgado, a sua formação pode ser por meio de laminação horizontal ou vertical. Na laminação vertical, utilizada nesse processamento, a massa ao sair do misturador foi conduzida até um cilindro laminador de dois rolos (da marca Zamboni), o qual formou uma lâmina de maior espessura que foi ajustada até a espessura desejada. A seguir, ocorreu a distribuição de uma camada de farofa composta de farinha de trigo, gordura e sal sobre a massa e posterior dobramento sobre si mesma para, então, ocorrer a laminação. Esse processo foi repetido três vezes, obtendo-se assim, três camadas de farofa na massa final.

4.2.6.5. Estampagem/Corte

Após a obtenção da espessura correta da massa, a mesma foi formatada por um estampo oscilante, o qual definiu as dimensões e formato do biscoito, por meio de corte e marcação. A perfuração da massa, por este estampo, foi importante para o processo de forneamento, pois permitiu a saída de gases, evitando a deformação do biscoito.

4.2.6.6. Forneamento

O forneamento foi realizado em forno semi-industrial (sistema semi-contínuo, marca Simon-Vicars, modelo 701787, Earlestown, Inglaterra). Nesta etapa, utilizou-se temperaturas por volta de 300 ℃ na zona central desse forno semi-contínuo, sendo que os biscoitos foram transportados por uma esteira metálica no interior do forno, por aproximadamente, 4 minutos.

4.2.6.7. Resfriamento

Após a etapa de forneamento, os biscoitos quentes e úmidos foram resfriados, sob condições ambiente, em bandejas adequadas por aproximadamente 5 horas, a fim de que ocorresse a evaporação da água remanescente, e estes adquirissem consistência firme e seca. Tomou-se um cuidado especial para evitar corrente de ar frio ou ar insuflado diretamente sobre os biscoitos, prevenindo o aparecimento do *checking* ou trincas.

4.2.6.8. Acondicionamento

Última etapa do processo e de grande importância, pois interfere na vida útil do biscoito que necessita ser embalado logo após o resfriamento em embalagens com barreiras de proteção à luz, vapor de água e oxigênio, evitando oxidação das gorduras e absorção de água. Após o resfriamento, os biscoitos foram embalados em filmes flexíveis de BOPP (Polipropileno biorientado) metalizado.

4.2.7. Caracterização dos biscoitos

As amostras de cada ensaio do delineamento foram analisadas conforme procedimentos de análise descritos nos itens 4.2.7.1 a 4.2.7.6.

4.2.7.1. Índice de expansão

O índice de expansão do biscoito foi determinado pelo quociente entre o comprimento médio dos biscoitos alinhados e o valor médio da altura, conforme descrito por Vitti (1992). Essa determinação foi realizada em triplicata (n = 3), utilizando-se 9 unidades por leitura.

4.2.7.2. Volume específico

O volume específico foi determinado pelo método de deslocamento de sementes de colza, no Medidor Volumétrico – Copo (marca OHAUS, Union, New Jersey, EUA) e Funil (marca BURROWS, Evanston, Illinois, EUA). Esta análise foi realizada em triplicata (PIZZINATTO *et al.*, 1993).

4.2.7.3. Cor instrumental

A cor das amostras de biscoito foi determinada pelo sistema CIELab, utilizando-se colorímetro (Konica Minolta CR 410, Tókio, Japão), seguindo o método apresentado no manual do equipamento, com leituras realizadas em ângulo de visão de 10º e iluminante padrão D65. Os parâmetros medidos foram luminosidade (L*) e coordenadas de cromaticidade (a* e b*). A luminosidade L* possui escala de 0 a 100 ou do preto ao branco, respectivamente. A coordenada de cromaticidade a*, com valores positivos, indica direção para cor vermelha (+60), e com valores negativos, direção para cor verde (-60); a coordenada de cromaticidade b*, com valores positivos, indica direção da cor amarela (+60), e com valores negativos, direção para cor azul (-60) (MINOLTA, 2006). Foram utilizadas 30 unidades de biscoitos de cada ensaio. O parâmetro *(ΔE*)* indica a diferença de cor em relação a amostra padrão. Sendo que ΔL^*, Δa^* e Δb^* representam a diferença nos valores de L*, a* e b*, respectivamente, entre amostra e padrão (Minolta, 2006). O padrão usado no presente estudo foram as leituras nos ensaios controle (biscoitos sem adição de IPS e FS).

No sistema CIEL*C*h (representação polar do sistema L*a*b*), o croma (C*) representa a saturação da cor e avalia o a* e o b* juntos e o h_{ab} representa e o ângulo de tonalidade que também considera as coordenadas polares a* e b*.

O (ΔE^*), o croma (C*) e o ângulo de tonalidade (h_{ab}) das amostras foram calculados, respectivamente através das seguintes equações (4.1), (4.2) e (4.3).

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad \text{(Eq. 4.1)}$$

$$C^* = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2} \quad \text{(Eq. 4.2)}$$

$$h_{ab} = \tan^{-1} [b^* / a^*] \quad \text{(Eq. 4.3)}$$

4.2.7.4. Firmeza e fraturabilidade

A textura instrumental foi avaliada em Texturômetro (Stable Micro Systems Texture Analyser TA-XT2i, Godalming/Surrey, UK) para o parâmetro firmeza e fraturabilidade. O probe utilizado foi o 3-Point bending Rig (HDP/3PB), plataforma HDP/90. A firmeza é representada pela força máxima desenhada no gráfico (maior pico positivo) e a fraturabilidade mede a distância percorrida até a primeira quebra do produto, seus resultados foram expressos em N (Newton) e em mm (milímetros) para a firmeza e fraturabilidade, respectivamente, e representam a média aritmética de 30 determinações de força de ruptura para amostras provenientes de um mesmo ensaio. Os parâmetros utilizados nos testes foram: (i) velocidade pré-teste = 1,0 mm/s; (ii) velocidade de teste = 3,0 mm/s; (iii) velocidade pós-teste = 10,0 mm/s; (iv) distância 5,0 mm, com medida de força em compressão (STABLE MICRO SYSTEM, 1997).

4.2.7.5. Atividade de água

A atividade de água das amostras foi determinada, em triplicata, pela medida direta em higrômetro (Decagon, modelo CX-2T, Pullman, EUA) à temperatura ambiente (25,0 ± 0,30℃).

4.2.7.6. Análise sensorial

Para avaliação dos biscoitos produzidos nos 12 ensaios de acordo com o delineamento experimental e ensaio controle (sem adição de isolado protéico de

soja e fibra de soja) e, num segundo momento, para avaliação sensorial dos ensaios selecionados para a validação dos modelos matemáticos (com base nas medidas físicas (firmeza e fraturabilidade) e respostas sensoriais realizadas nesse primeiro momento), em comparação com o controle.

As amostras foram avaliadas em 3 sessões distintas, com 4 amostras em cada uma delas. Para cada uma das sessões foram recrutados de 50 a 52 consumidores de biscoito *cracker*, sem restrições quanto à idade, sexo, classe social e frequência de consumo. Os biscoitos foram servidos em guardanapos descartáveis, acompanhados de água mineral natural para uso antes e entre as amostras para a limpeza do palato e foram avaliados de forma monádica seqüencial, identificados com códigos de três números aleatórios, segundo um delineamento de blocos completos casualizados. Os testes foram conduzidos no Laboratório de Análises Físicas e Sensoriais (CCQA/ITAL, Campinas, Brasil) em cabines individuais com iluminação de lâmpadas fluorescentes e equipadas com o sistema computadorizado *Compusense Five versão 4.8* para coleta e análise dos dados (MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 2006).

As amostras foram avaliadas quanto à aceitabilidade de modo global e, em particular, da aparência, dureza na primeira mordida, crocância e sabor por meio de escala hedônica de nove pontos (9 = gostei muitíssimo, 5 = não gostei nem desgostei e 1 = desgostei muitíssimo). Foi solicitado ainda que os consumidores descrevessem os gostos e desgostos associados a cada amostra (STONE; SIDEL, 1993).

Além das questões relacionadas à avaliação dos produtos, os consumidores responderam a questões pessoais e sobre hábitos de consumo de biscoitos *cracker*.

Dentre os consumidores recrutados, havia 46 mulheres e 6 homens. As características do grupo quanto à faixa etária e classe social são apresentadas na Figura 6, enquanto que a freqüência de consumo de biscoitos *cracker* é apresentada na Figura 7.

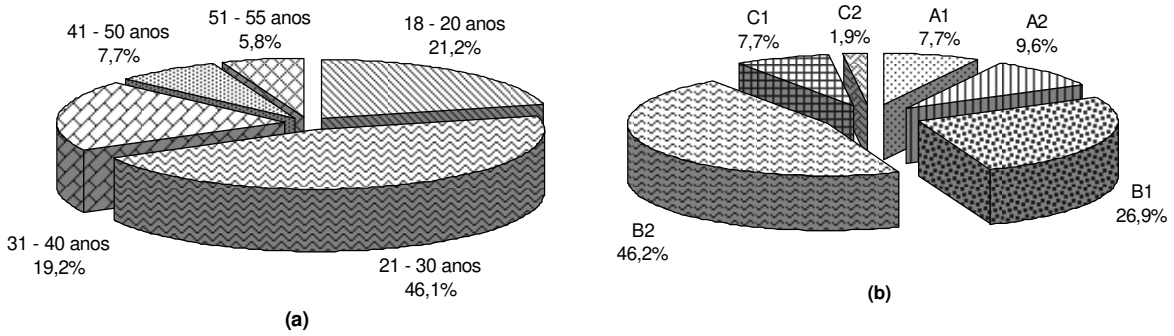


Figura 6. Características do grupo de consumidores quanto à faixa etária (a) e classe social (b)

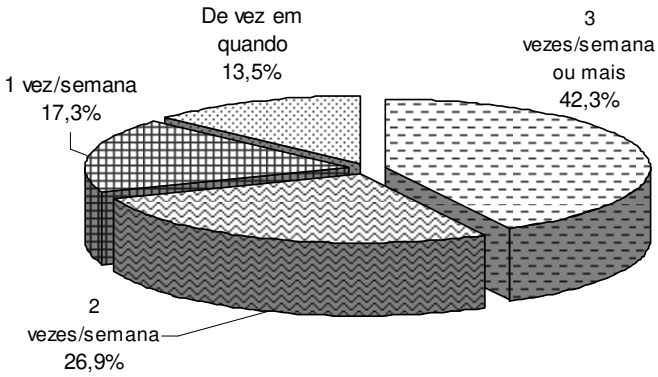


Figura 7. Frequência de consumo citada pelo grupo de consumidores que avaliou as amostras

O perfil dos consumidores participantes da análise sensorial dos biscoitos *cracker* foi bastante adequado para o estudo em questão. Pode-se verificar que eles tinham idades bem distintas, com maior concentração entre 18 e 30 anos (67,3%). Todos são consumidores de biscoitos *cracker*, a grande maioria (69,2%) deles consome biscoitos *cracker* duas vezes por semana ou mais.

4.2.8. Análise estatística dos resultados

Para a análise estatística dos resultados, foi utilizado o programa *Statistica*® versão 7.0 (STATSOFT INC., 2007). Foram avaliados pela: (i) verificação dos efeitos significativos ($p \leq 0,10$ ou valores próximos); (ii) análise de variância (ANOVA); (iii) Metodologia de Superfície de Resposta; e (iv) teste de Tukey para análise das médias (resultados da caracterização e análise sensorial dos ensaios selecionados para a validação).

4.2.9. Validação dos modelos matemáticos nos ensaios selecionados

Após a análise estatística dos dados e a partir das superfícies de resposta, foi realizada a validação dos modelos matemáticos por meio da amostra controle (padrão) e das amostras/formulações selecionadas com os melhores resultados em relação as seguintes análises:

4.2.9.1. Caracterização química e nutricional

As amostras foram caracterizadas quanto à composição centesimal, teor de fibra alimentar solúvel e insolúvel, teor de isoflavonas e composição em aminoácidos, cujas metodologias de análise foram discriminadas nos itens 4.2.1.1. a 4.2.1.3. e 4.2.3.

4.2.9.2. Caracterização física

Foram realizados os testes analíticos de índice de expansão, volume específico, atividade de água, firmeza, fraturabilidade e cor (L*, a*, b* e ΔE*), respectivamente, conforme metodologias descritas anteriormente (item 4.2.7).

4.2.9.3. Análise sensorial dos ensaios selecionados

Realizada nas amostras de biscoito *cracker*, referentes aos ensaios 1, 5, 6, 7 (selecionados para a validação dos modelos matemáticos) e ensaio controle (sem adição de isolado protéico de soja e fibra de soja). Os produtos foram avaliados quanto à aceitabilidade global e, em particular, da aparência, aroma, dureza na primeira mordida, crocância e sabor por meio de escala hedônica de nove pontos e a intenção de compra foi avaliada por escala de 5 pontos. O modelo de ficha de avaliação utilizada é apresentado no Anexo II.

Para a avaliação, foram recrutados 70 consumidores de biscoito *cracker*, com idade entre 18 e 55 anos, das classes sociais A/B/C.

A metodologia seguida foi a mesma descrita anteriormente no item 4.2.7.6., para a avaliação sensorial realizada no primeiro momento (referente aos doze ensaios do delineamento experimental).

Para a realização da análise sensorial, os julgadores assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Unicamp (parecer 311/2009), apresentado no Anexo II.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Caracterização da farinha de trigo, isolado protéico e fibra de soja

5.1.1. Composição centesimal e teor de fibra alimentar solúvel e insolúvel

A Tabela 7 apresenta a composição centesimal da farinha de trigo, isolado protéico de soja (IPS) e fibra de soja (FS).

Tabela 7. Composição centesimal das matérias-primas

Determinações	Farinha de Trigo	IPS	FS
Proteína* (g/100g)	9,17 ± 0,1^{b}	88,72 ± 0,8^{a}	10,75 ± 0,0^{b}
Umidade* (g/100g)	12,99 ± 0,30^{a}	5,79 ± 0,04^{c}	7,55 ± 0,15^{b}
Lipídios totais* (g/100g)	1,54 ± 0,0^{b}	0,32 ± 0,0^{c}	3,44 ± 0,0^{a}
Cinzas* (g/100g)	0,57 ± 0,01^{c}	3,95 ± 0,01^{b}	4,28 ± 0,05^{a}
Fibra alimentar total* (g/100g)	1,89 ± 0,01^{b}	1,02 ± 0,01^{c}	69,01± 0,03^{a}
Fibra alimentar insolúvel* (g/100g)	1,04± 0,01^{b}	0,83± 0,02^{b}	62,12± 0,09^{a}
Fibra alimentar solúvel* (g/100g)	0,86± 0,01^{b}	0,18 ± 0,01^{c}	6,90± 0,12^{a}
Carboidratos totais** (g/100g)	73,84	0,20	4,97
Calorias*** (kcal/100g)	346	359	94

*Resultados expressos como média ± desvio padrão das análises em duplicata. Médias seguidas por uma mesma letra na mesma linha não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); **Calculados por diferença:100 – (proteína + umidade + lipídeos totais + cinzas + Fibra alimentar total); ***Calculada pela soma das porcentagens de proteína e carboidratos multiplicado pelo fator 4 (kcal/g) somado ao teor de lipídeos totais multiplicado pelo fator 9 (kcal/g). Fator de conversão de nitrogênio em proteína: Farinha de trigo (Nx5,75); IPS: Isolado Protéico de Soja; e FS: Fibra de Soja (Nx6,25).

De acordo com a Tabela 7, o maior teor de umidade refere-se à farinha de trigo (13%), que encontra-se dentro da faixa permitida pela legislação e considerada segura. A Resolução RDC nº 263, de 22 de Setembro de 2005 da Anvisa, determina que o teor de umidade da farinha não deve exceder 15%, limite que assegura a conservação durante a estocagem comercial. A mesma resolução estabelece um limite máximo de 0,8% de cinzas e um mínimo de 7,5% de

proteínas (BRASIL, 2005b), estando a composição centesimal da farinha de trigo de acordo com os limites de tolerância.

A farinha de trigo e a FS não diferiram significativamente quanto ao teor de proteína, no entanto, diferiram significativamente do IPS, nesse atributo. De acordo com os resultados de composição centesimal, a incorporação de IPS, que contém menor teor de carboidratos e maior teor protéico, proporcionará a obtenção de biscoitos melhores nutricionalmente.

O valor calórico do isolado protéico de soja, embora sendo um pouco superior ao da farinha de trigo, apresenta valores próximos, não sendo um fator que possa restringir a sua aplicação, considerando-se ainda o fato de que a fibra de soja, com um valor calórico bem inferior, participará conjuntamente na substituição de farinha de trigo pelos derivados da soja (IPS e FS).

De acordo com a Tabela 7, as respostas de fibra alimentar solúvel, insolúvel e total para a farinha de trigo, IPS e FS diferiram significativamente entre si, com exceção da FAI (Fibra Alimentar Insolúvel) para a farinha de trigo e IPS. Pode-se observar que a fibra de soja utilizada revela-se como uma fonte potencial de fibra insolúvel, perfazendo 90% da fibra total.

5.1.2. Composição em aminoácidos

A composição detalhada dos aminoácidos da farinha de trigo, isolado protéico de soja e fibra de soja encontra-se na Tabela 8.

Tabela 8. Composição em aminoácidos da farinha de trigo, isolado protéico de soja e fibra de soja

Teor de Aminoácidos (g/ 100 g de amostra)	**Farinha de Trigo**	**IPS**	**FS**
Ácido aspártico	0,46 ± 0,007	10,30 ± 0,007	1,28 ± 0,007
Ácido glutâmico	4,16 ± 0,007	17,37 ± 0,021	1,65 ± 0,000
Serina	0,51 ± 0,000	4,23 ± 0,007	0,72 ± 0,007
Glicina	0,40 ± 0,000	3,57 ± 0,014	1,11 ± 0,000
Histidina	0,22 ± 0,000	2,13 ± 0,007	0,33 ± 0,007
Arginina	0,46 ± 0,000	6,65 ± 0,014	0,76 ± 0,000
Treonina	0,29 ± 0,007	3,33 ± 0,007	0,46 ± 0,007
Alanina	0,34 ± 0,000	3,76 ± 0,014	0,63 ± 0,007
Prolina	1,32 ± 0,007	4,43 ± 0,014	0,66 ± 0,000
Tirosina	0,41 ± 0,007	3,56 ± 0,014	0,68 ± 0,007
Valina	0,49 ± 0,007	4,66 ± 0,021	0,64 ± 0,007
Metionina	0,20 ± 0,007	1,34 ± 0,057	0,09 ± 0,000
Cistina	0,17 ± 0,007	1,46 ± 0,064	0,28 ± 0,007
Isoleucina	0,53 ± 0,007	5,60 ± 0,007	0,64 ± 0,000
Leucina	0,78 ± 0,000	7,24 ± 0,007	0,83 ± 0,000
Fenilalanina	0,60 ± 0,007	4,93 ± 0,007	0,55 ± 0,007
Lisina	0,24 ± 0,000	5,55 ± 0,007	0,81 ± 0,007
Total	11,53 ± 0,057	90,06 ± 0,078	12,07 ± 0,028

Resultados expressos como média ± desvio padrão das análises em duplicata;
IPS: Isolado protéico de soja; FS: Fibra de soja.

A farinha de trigo e a FS apresentaram valores muito próximos e baixos quanto ao total de aminoácidos em relação ao IPS (90%).

A proteína de soja contém grandes quantidades dos aminoácidos anabólicos, arginina e glutamina (sintetizada a partir do ácido glutâmico), além de apresentar grandes quantidades de lisina e aminoácidos de cadeia ramificada (isoleucina, leucina e valina) em relação ao padrão de requerimento de aminoácidos para crianças de 2 a 5 anos até a fase adulta recomendado pela *National Academy of Sciences and World Healt Organization* (FDA, 1999). Já, na farinha de trigo, destaca-se o ácido glutâmico, porém com deficiência em lisina. A lisina é um aminoácido essencial importante para o crescimento normal de crianças e para a manutenção do equilíbrio de nitrogênio no organismo humano

(GERBRAS, 2007). De acordo com Ribeiro (2006), a soja possui elevado teor de lisina (em torno de 5,96 g de aminoácidos/g de proteína), fator que distingue a proteína da soja da maioria das proteínas vegetais, principalmente quando usada em combinação com cereais. Esse resultado se aproxima dos obtidos nesse estudo.

5.1.3. Conteúdo de isoflavonas

Como pode ser observado, a Tabela 9 apresenta a quantidade média de isoflavona presente no isolado protéico de soja e fibra de soja. A farinha de trigo não foi analisada, pois não possui isoflavonas em sua composição.

Tabela 9. Teor médio de isoflavona na farinha de trigo, isolado protéico de soja e fibra de soja

Matérias-primas	Isoflavonas* (mg/ 100 g de amostra)
Farinha de Trigo	NA
Isolado Protéico de Soja (IPS)	$181,83 \pm 1,93^{a}$
Fibra de Soja (FS)	$98,53 \pm 3,63^{b}$

Resultados expressos como média ± desvio padrão das análises em duplicata. Médias seguidas por uma mesma letra na mesma coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); NA: Não Analisado.

A determinação detalhada da quantidade de isoflavonas do isolado protéico de soja e da fibra de soja encontra-se na Tabela 10.

Tabela 10. Determinação da quantidade de isoflavonas no isolado protéico de soja e fibra de soja

Isoflavonas (mg/ 100 g de amostra)	**IPS**	**FS**
Daidzina	9,808 ± 0,093	14,878 ± 0,333
Malonil daidzina	11,721 ± 0,011	11,547 ± 0,518
Acetil daidzina	2,120 ± 0,068	4,573 ± 0,154
Daidzeína	14,710 ± 0,163	1,423 ± 0,010
Glicitina	4,440 ± 0,038	17,130 ± 0,370
malonil glicitina	3,692 ± 0,117	13,045 ± 0,660
Acetil Glicitina	4,508 ± 0,069	5,536 ± 0,274
Gliciteína	3,306 ± 0,140	1,977 ± 0,030
Genistina	37,412 ± 0,86	10,996 ± 0,441
Malonil genistina	42,442 ± 0,459	10,471 ± 0,724
Acetil genistina	8,867 ± 0,210	4,513 ± 0,221
Genisteína	38,808 ± 0,497	2,438 ± 0,025
Coumestrol	ND < 0,3	ND < 0,3
Sissotrin	ND < 0,3	ND < 0,3
Biochanina A	ND < 0,3	ND < 0,3
Total	181,833 ±1,929	98,526 ± 3,629

Resultados expressos como média ± desvio padrão das análises em duplicata;
ND: Não Detectado; IPS: Isolado Protéico de Soja; FS: Fibra de Soja.

Como pode ser observado, o valor total das isoflavonas no IPS é superior ao encontrado na FS, uma vez que o conteúdo de proteína corresponde à aproximadamente 90% no IPS e 10% no FS. No entanto, a FS apresenta praticamente 50% do total de isoflavonas encontrado no IPS. Considerando-se que as formas mais bioativas são as formas agliconas (Daidzeína, Genisteína e Gliciteína) (MORAES *et al*., 2006), o IPS apresenta um teor elevado de 31,3% e a FS um teor de 3,2%, ou seja aproximadamente 10% da fração aglicona do IPS. Percentualmente, nas frações agliconas, o IPS se destaca.

Geralmente, no processamento de grãos de soja para produtos manufaturados, há aumento nas hidrólises das isoflavonas glucosídicas, resultando em maior concentração de agliconas (MUNRO *et al*., 2003). O valor de

181,83 mg/100g de isoflavonas, apresentado na tabela acima, é considerado um valor alto.

5.2. Caracterização física e/ou reológica da farinha de trigo, isolado protéico e fibra de soja

A Tabela 11 apresenta a distribuição granulométrica da farinha de trigo, isolado protéico de soja e fibra de soja. Adicionalmente, são apresentados os valores de *falling number* (FN) *e* teor de glúten para a farinha de trigo.

Tabela 11. Caracterização da farinha de trigo, isolado protéico de soja e fibra de soja

	Farinha de trigo	**IPS**	**FS**
Falling number (s)	461,7 ± 18,5	-	-
Glúten úmido (%)	27,2 ± 0,6	-	-
Glúten seco (%)	9,5 ± 0,4	-	-
Índice de glúten	97,3 ± 0,8	-	-
Abertura da peneira (mm)	**% retida**	**% retida**	**% retida**
0,840	0,14 ± 0,04	34,04 ± 8,63	0,49 ± 0,46
0,420	15,24 ± 8,20	51,00 ± 6,57	5,69 ± 3,14
0,250	38,90 ± 2,27	10,11 ± 2,43	29,66 ± 2,73
0,177	31,80 ± 2,48	2,87 ± 1,26	37,34 ± 1,99
0,149	8,19 ± 5,12	1,03 ± 0,03	19,57 ± 1,39
Fundo	5,10 ± 2,94	0,97 ± 1,12	7,25 ± 4,00

Resultados expressos como média ± desvio padrão das análises em triplicata.
IPS: Isolado protéico de soja; e FS: Fibra de soja.

Observa-se que 86% das partículas da farinha de trigo estão entre 0,840 e 0,177 mm, enquanto que no IPS 61% das partículas estão entre 0,840 e 0,250 mm, e 87% das partículas da FS estão entre 0,420 e 0,149 mm.

A capacidade da farinha em absorver água está relacionada com a distribuição do tamanho das partículas, sendo que as partículas menores da farinha absorvem mais água, e mais rapidamente, que as partículas maiores. A uniformidade na granulometria é mais importante que o próprio tamanho das partículas, pois favorece melhor distribuição da água pela massa (HOSENEY; ROGERS, 1990).

A farinha de trigo utilizada nesse estudo apresentou características de uma farinha de panificação (indicada para pão), em relação ao teor e índice de glúten. Tal opção foi adequada, considerando-se que o biscoito *cracker* requer farinha com características viscoelásticas próximas às de pão. Isso se soma ao fato de que foram adicionados derivados de soja, diluindo parte do glúten da farinha de trigo utilizada.

Segundo Pizzinatto (1999), a farinha de trigo pode ser classificada quanto à qualidade em muito boa (IG > 90), boa (IG 60-90), média (IG 40-60) e fraca (IG <40) para panificação. Portanto, a farinha de trigo utilizada pode ser classificada como muito boa por apresentar o valor do índice de glúten de 97,3, superior a 90.

Segundo Kent (1983), valores de FN em torno de 330 segundos são considerados típicos para panificação. Já, Pizzinatto (1999) considera que a farinha de trigo indicada para panificação apresenta um FN entre 200 e 300 segundos e farinhas que apresentam um valor superior a 300 segundos possuem atividade enzimática baixa. A farinha de trigo utilizada neste estudo apresentou FN alto (461,7s), indicando baixa atividade enzimática. Esse valor foi corrigido na realização dos testes de produção com a adição de enzima α-amilase na formulação.

5.3. Caracterização reológica da farinha de trigo

5.3.1. Farinografia

A Tabela 12 apresenta as características farinográficas da farinha de trigo.

Tabela 12. Farinografia da amostra de farinha de trigo

Parâmetro	Farinha de Trigo
Absorção de água (%)	58,7 ± 0,0
Tempo de chegada (min)	1,0 ± 0,0
Tempo de desenvolvimento (min)	11,2 ± 0,3
Estabilidade da massa (min)	18,0 ± 0,0
Índice de tolerância à mistura (UF)	50,0 ± 0,0

Resultados expressos como média ± desvio padrão das análises em triplicata.

A farinha de trigo utilizada, considerando-se os valores obtidos por meio dos parâmetros absorção de água, tempo de chegada, tempo de desenvolvimento da massa, estabilidade e índice de tolerância à mistura, foi classificada como forte, segundo os parâmetros citados por Pizzinatto (1999), dentro do esperado para uma farinha de panificação.

5.3.2. Extensografia

A Tabela 13 apresenta as características extensográficas da farinha de trigo.

Tabela 13. Extensografia da amostra de farinha de trigo

Parâmetro	Tempo	Farinha de Trigo
Resistência (R) [UE]	**45 min**	695 ± 84
	90 min	1000 ± 0
	135 min	1000 ± 0
Resistência Máxima (Rmax) [UE]	**45 min**	943 ± 91
	90 min	1000 ± 0
	135 min	1000 ± 0
Extensibilidade (Ext) [mm]	**45 min**	131 ± 8
	90 min	108 ± 10
	135 min	102 ± 13
Número proporcional (D)	**45 min**	5 ± 1
	90 min	9 ± 1
	135 min	10 ± 1
Energia (A) [cm^3]	**45 min**	163 ± 23
	90 min	169 ± 17
	135 min	152 ± 16

Resultados expressos como média ± desvio padrão das análises em triplicata.

A farinha de trigo utilizada, considerando-se os valores obtidos por meio dos parâmetros extensográficos, encontra-se dentro do esperado para uma farinha de panificação. A resistência à extensão da farinha utilizada aumentou com o tempo de descanso, indicando boa resposta da massa a misturas e fermentação, obtendo-se o fortalecimento da massa, a qual apresenta boa tolerância a longos períodos de fermentação e demais etapas do processo de fabricação de biscoito *cracker*, como, por exemplo, 18 horas de fermentação aproximadamente, duas etapas de mistura, laminação e corte (PIZZINATTO, 1999).

5.4. Análise dos biscoitos produzidos

De acordo com o planejamento experimental, a Tabela 14 apresenta os resultados das respostas *índice de expansão, atividade de água, volume específico, firmeza e fraturabilidade* para os biscoitos adicionados de isolado

protéico de soja (IPS) e fibra de soja (FS), e para o biscoito controle com 100% de farinha de trigo. Do mesmo modo, a Tabela 17 apresenta os resultados das respostas de cor instrumental (L*, a*, b*, ΔE^*, C* e h_{ab}) e a Tabela 18 apresenta os resultados médios obtidos no teste de aceitabilidade dos produtos de modo global e, em particular, da aparência, dureza na primeira mordida, crocância e sabor.

Tabela 14. Índice de expansão, atividade de água, volume específico, firmeza e fraturabilidade para os ensaios do planejamento

Ensaios	Codificado		Real		Índice de expansão	Atividade de Água	Volume Específico (L/kg)	Firmeza (N)	Fraturabilidade (mm)
	X_1	X_2	IPS (%)*	FS (%)**					
1	-1	-1	6,46	3,88	11,11	0,45	3,53	7,13	1,59
2	1	-1	13,54	3,88	10,73	0,55	3,83	5,25	1,12
3	-1	1	6,46	8,12	11,02	0,56	3,57	6,62	1,27
4	1	1	13,54	8,12	10,30	0,61	3,65	5,42	1,61
5	-1,41	0	5	6	9,87	0,60	3,47	8,17	1,45
6	1,41	0	15	6	10,93	0,57	2,99	6,25	1,34
7	0	-1,41	10	3	10,56	0,57	3,55	5,93	1,12
8	0	1,41	10	9	10,67	0,57	3,76	5,11	1,19
9	0	0	10	6	9,70	0,60	3,24	8,05	1,46
10	0	0	10	6	10,44	0,60	3,29	7,18	1,41
11	0	0	10	6	11,06	0,58	3,31	7,25	1,39
12	0	0	10	6	10,40	0,57	3,33	7,22	1,39
Controle	0	0	0	0	10,91	0,43	3,22	8,95	1,60

* Porcentagem de substituição de farinha de trigo por isolado protéico de soja (IPS).

** Porcentagem de substituição de farinha de trigo por fibra de soja (FS).

5.4.1. Índice de expansão

Como pode ser observado na Tabela 14, o valor *índice de expansão* variou de 9,70 a 11,11 para os 12 ensaios. Já, o ensaio controle, sem adição de isolado protéico de soja e fibra de soja, apresentou *índice de expansão* médio de 10,91. Nota-se que este valor está dentro da faixa encontrada nos ensaios do delineamento.

A análise estatística da resposta *índice de expansão*, não apresentou um modelo de regressão significativo ($p<0,10$), dentro da faixa estudada (os resultados da análise de coeficientes de regressão encontram-se na Tabela 36 do Anexo III).

O coeficiente de determinação (R^2) foi de 12,29%, indicando falta de ajuste do modelo aos dados, não sendo possível realizar o teste de ANOVA. Nota-se que nenhuma variável apresentou efeito significativo ($p<0,10$) para a resposta *índice de expansão*, indicando que o isolado protéico de soja e a fibra de soja não tiveram interferência nesta resposta.

Portanto, dentro das condições estudadas, não foi possível estabelecer um modelo preditivo em função das variáveis estudadas ao nível de 10% de significância para a resposta *índice de expansão.*

Os efeitos negativos ocasionados na expansão dos biscoitos, pela suplementação com farinhas ricas em fibras, já foram verificadas em maior ou menor grau, por diversos pesquisadores. De um modo geral, a expansão dos biscoitos diminui à medida que aumenta o nível de substituição de farinha (TSEN; EYESTONE; WEBER, 1982; HOJJAT; ZABIK, 1984).

Jeltema *et al*. (1983) relacionaram os constituintes das fibras com a expansão dos biscoitos. Observaram que a hemicelulose, principalmente devido à sua alta capacidade de ligação com a água, é a principal responsável pelos efeitos negativos sobre a expansão dos biscoitos.

Céspedes (1999) verificou que o efeito da adição de fibra sobre o diâmetro dos biscoitos não apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) entre o controle e níveis de até 15% de substituição. Diferenças significativas ($p < 0,05$) foram

evidentes com maiores percentagens de adição de fibra (25%). A formulação contendo 5% de fibra apresentou um diâmetro ligeiramente maior do que o controle, enquanto que níveis de 15 e 25% de fibra ocasionaram diminuições nos valores deste parâmetro. Nesse estudo, a influência dos derivados da soja não foi tão expressiva, provavelmente, pela quantidade de fibra adicionada ser de no máximo 9%, em substituição à farinha de trigo.

5.4.2. Atividade de água

Como pode ser observado na Tabela 14, a resposta *atividade de água* dos biscoitos apresentou variações de 0,45 a 0,61 para os 12 ensaios. Já, o ensaio controle, sem adição de isolado protéico de soja e fibra de soja, apresentou valor médio de 0,43 para a resposta *atividade de água*. De acordo com resultados, verifica-se que a adição de IPS e FS resultou em um leve aumento da resposta *atividade de água* dos biscoitos.

A análise estatística da resposta *atividade de água*, não apresentou um modelo de regressão significativo ($p<0,10$), dentro da faixa estudada (os resultados da análise de coeficientes de regressão encontram-se na Tabela 37 do Anexo III).

O coeficiente de determinação (R^2) foi de 44,39%, indicando falta de ajuste do modelo aos dados, não sendo possível realizar o teste de ANOVA.

Analisando-se os coeficientes de regressão, pode-se verificar que os termos que tiveram influência significativa ($p<0,10$) na resposta *atividade de água* foram o efeito linear do IPS (x_1), o efeito linear da FS (x_2) e o efeito quadrático da FS (x_2), indicando que o isolado protéico de soja (IPS) e a fibra de soja (FS) tiveram interferência nesta resposta, resultando em um aumento na atividade de água dos biscoitos.

Portanto, dentro das condições estudadas, não foi possível estabelecer um modelo preditivo em função das variáveis estudadas ao nível de 10% de significância para a resposta *atividade de água* dos biscoitos.

5.4.3. Volume específico

Como pode ser observado na Tabela 14, o *volume específico* para os 12 ensaios apresentou valores superiores ao ensaio controle (3,22 L/kg), com exceção do ensaio 6 que apresentou valor inferior (2,99 L/kg). Pelos resultados, verifica-se que a adição de IPS e FS aumentou ligeiramente o *volume específico* dos biscoitos.

A análise estatística da resposta *volume específico* não apresentou um modelo de regressão significativo ($p<0,10$), dentro da faixa estudada (os resultados da análise de coeficiente de regressão encontram-se na Tabela 38 do Anexo III).

O coeficiente de determinação (R^2) foi de 59,87%, indicando falta de ajuste do modelo aos dados, não sendo possível realizar o teste de ANOVA.

Analisando-se os coeficientes de regressão, pode-se verificar que os termos que tiveram influência significativa ($p<0,10$) na resposta *volume específico* foram o efeito linear do IPS (x_1), o efeito quadrático da FS (x_2) e o produto da interação do IPS e FS $(x_1)*(x_2)$. Porém, seu coeficiente de determinação (R^2) foi inferior a 70%.

Portanto, dentro das condições estudadas, não foi possível estabelecer um modelo preditivo em função das variáveis estudadas ao nível de 10% de significância para a resposta *volume específico.*

Pode-se observar que a adição de IPS e FS aumentou o *volume específico* dos biscoitos. Contudo, esses dados diferem das afirmações de Céspedes (1999) de que biscoitos suplementados com fibra apresentaram *volume específico* reduzido. Outros pesquisadores indicaram que a diminuição do *volume específico* em produtos de panificação elaborados com fibra alimentar é devida à diluição do glúten e às interações químicas entre glúten e material fibroso dos biscoitos suplementados com diferentes porcentagens de fibra (POMERANZ *et al.,* 1977; CHEN *et al.,* 1988).

5.4.4. Firmeza

A medida instrumental *firmeza* é representada pela força máxima desenhada no gráfico (maior pico positivo). O parâmetro firmeza está diretamente relacionado à dureza ao morder os biscoitos.

Conforme observado na Tabela 14, a *firmeza* dos biscoitos apresentou variações de 5,11 N a 8,17 N para os 12 ensaios. Já, o ensaio controle, sem adição de isolado protéico de soja e fibra de soja, apresentou valor médio de 8,95 N para o parâmetro *firmeza*. Por meio desses resultados, verifica-se que a adição de IPS e FS alterou esse parâmetro, ocasionando uma diminuição na firmeza dos biscoitos.

A análise estatística da resposta *firmeza* apresentou um modelo de regressão significativo ($p<0,10$), dentro da faixa estudada (os resultados da análise dos coeficientes de regressão encontram-se na Tabela 39 do Anexo III). Sua análise nos permite calcular a ANOVA, pois é constatado um coeficiente de determinação de 93,61%.

Os dados da ANOVA para a resposta *firmeza,* utilizando apenas os coeficientes significativos (x_1 (L) e x_2 (Q)), são apresentados na Tabela 15.

Tabela 15. ANOVA com coeficientes significativos para a resposta *Firmeza*

Fontes de variação R^2 88,69%	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F calculado
Regressão	10,624	2	5,312	35,29
Resíduo	1,355	9	0,151	
Total	11,979	11		

Analisando a Tabela 15, foi encontrado um coeficiente de explicação de 88,69%, utilizando-se apenas os coeficientes estatisticamente significativos e um F calculado 11,7 vezes superior ao F tab (3,01) para a regressão, ao nível de 10%

de significância. Esse resultado credita o modelo obtido, podendo ser utilizado para descrever a resposta *firmeza*, conforme a Equação 5.1.

$$FIRMEZA = +7{,}2853 - 0{,}7245*x_1 - 0{,}9817*x_2^2 \qquad \text{(Eq. 5.1)}$$

Dessa forma, foi possível construir a superfície de resposta e a curvas de contorno para o modelo (Figura 8).

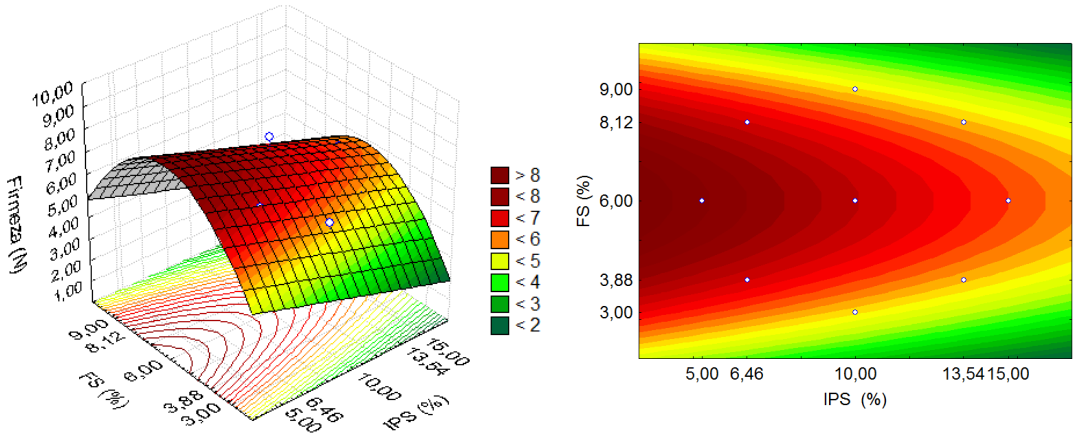


Figura 8. Superfície de resposta e curvas de contorno para o parâmetro *firmeza* dos biscoitos em função da porcentagem de isolado protéico de soja e de fibra de soja

Na Figura 8, analisando a superfície de resposta, pode-se verificar que o teor de IPS apresentou um efeito negativo sobre a firmeza, reduzindo o seu valor. Na faixa com teores até 10,5% de IPS e teores entre 3,5% a 8,5% da FS, encontram-se os maiores valores de firmeza, como os ensaios 1 (6,46% IPS e 3,88% FS) e 5 (5,0% IPS e 6,0% FS), apresentando valores de firmeza a partir de 8,0 N, valor próximo ao observado para o biscoito controle (8,95 N).

Pode-se observar que a adição de IPS e porcentagens extremas (menor que 3% ou superior a 9%) de FS diminuiu a firmeza instrumental dos biscoitos. Estudos reportaram a ocorrência da relação inversa entre o volume e a firmeza de produtos de panificação que foram suplementados com farinha de soja (RIBOTTA *et al.,* 2005). Nesse estudo, observa-se essa mesma inversão, uma vez que o volume específico aumentou e a firmeza diminuiu com a adição dos derivados da soja (IPS e FS). Provavelmente, o maior volume resulta em produtos mais leves, com maior quantidade de poros, e com menor firmeza. Na prática, notou-se que os biscoitos suplementados com os derivados da soja (IPS e FS) apresentavam maior facilidade de quebra, o que pode ter influenciado no momento da análise instrumental, resultando em menores valores de firmeza.

As fibras agem como "enchimentos" e, como tal, interrompem a estrutura do glúten. Assim, a adição de fibras à massa torna difícil alcançar a mesma textura em biscoitos e *crackers* se comparado com aqueles onde não há adição de fibra (MANLEY, 2001).

5.4.5. Fraturabilidade

A medida instrumental que mede a distância percorrida até a primeira quebra do produto é a *fraturabilidade*. O parâmetro *fraturabilidade* está diretamente relacionado à crocância dos biscoitos.

Como pode ser observado na Tabela 14, a resposta *fraturabilidade* dos biscoitos para os 12 ensaios apresentou valores inferiores ao ensaio controle (1,60 mm), com exceção do ensaio 4 que apresentou valor de 1,61 mm.

Por meio desses resultados, verifica-se que a adição de IPS e FS alterou esse parâmetro, ocasionando um aumento na *fraturabilidade* dos biscoitos.

A análise estatística da resposta *fraturabilidade*, apresentou um modelo de regressão significativo ($p<0,10$), dentro da faixa estudada (os resultados da análise dos coeficientes de regressão encontram-se na Tabela 41 do Anexo III).

Sua análise nos permite calcular a ANOVA, pois é constatado um coeficiente de determinação de 88,36%.

Os dados da ANOVA para a resposta *fraturabilidade* utilizando apenas os coeficientes significativos (x_2 (Q) e a interação entre x_1 e x_2), são apresentados na Tabela 16.

Tabela 16. ANOVA com coeficientes significativos para a resposta *Fraturabilidade*

Fontes de variação R^2 87,46%	**Soma dos quadrados**	**Graus de liberdade**	**Quadrado médio**	**F Calculado**
Regressão	0,256	4	0,064	12,20
Resíduo	0,037	7	0,005	
Total	0,293	11		

Analisando a Tabela 16, foi encontrado um coeficiente de explicação de 87,46%, utilizando-se apenas os coeficientes estatisticamente significativos e um F calculado 4,1 vezes superior ao F tab (2,96) para a regressão, ao nível de 10% de significância. Esse resultado credita o modelo obtido, podendo ser utilizado para descrever a resposta *fraturabilidade*, conforme a Equação 5.2.

$$\text{FRATURABILIDADE} = +1,4298 - 0,0357*x_1 + 0,0329*x_2 - 0,1028*x_2^2 + 0,2043*x_1*x_2 \quad \text{(Eq. 5.2)}$$

Dessa forma, foi possível construir a superfície de resposta e a curvas de contorno para o modelo (Figura 9).

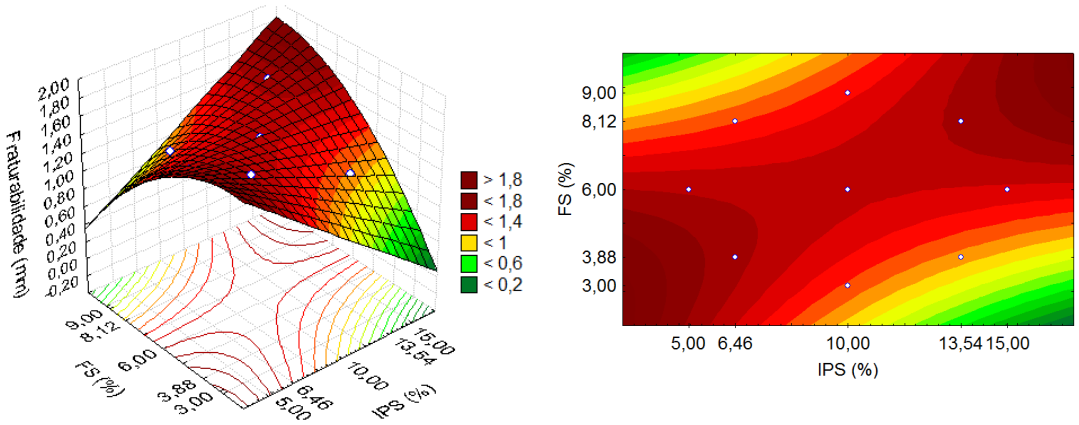


Figura 9. Superfície de resposta e curvas de contorno para o parâmetro *Fraturabilidade* dos biscoitos em função da porcentagem de isolado protéico de soja e fibra de soja.

De acordo com a Figura 9, ao analisar a superfície de resposta observa-se que a *fraturabilidade* foi menor nos extremos com as menores concentrações de IPS e FS e com as maiores concentrações de IPS e FS. Ou seja, a faixa com valores inferiores de IPS (até 6,46%) e de FS (até 6,0%) promoveram uma diminuição da *fraturabilidade* nos biscoitos, apresentando valores próximos de 1,6 mm, valor semelhante ao observado para o biscoito controle (1,6 mm). O mesmo pode ser observado para valores superiores de IPS (acima de 13,54%) e FS (acima de 6,5%). Tanto a mínima quantidade de IPS e FS quanto a máxima quantidade de IPS e FS possibilitaram a redução da *fraturabilidade*.

Por outro lado, a combinação de valores inferiores de IPS e superiores de FS e vice-versa, aumentaram a *fraturabilidade* instrumental dos biscoitos. Na prática, notou-se que os biscoitos suplementados com os derivados da soja (IPS e FS) apresentaram-se mais quebradiços que o biscoito controle.

5.4.6. Cor instrumental

A Tabela 17 apresenta os resultados das respostas de cor instrumental (L*, a*, b*, ΔE*, C* e h_{ab}) para os biscoitos adicionados de isolado protéico de soja (IPS) e fibra de soja (FS), e para o biscoito controle com 100% de farinha de trigo, de acordo com o planejamento instrumental.

Tabela 17. Cor instrumental (L*, a*, b*, ΔE*, C* e h_{ab}) para os ensaios do planejamento

Ensaios	Codificado		Real		L*	a*	b*	ΔE*	C*	h_{ab}
	X_1	X_2	IPS (%)*	FS (%)**						
1	-1	-1	6,46	3,88	84,93	-0,20	8,39	1,76	8,39	-88,62
2	1	-1	13,54	3,88	85,88	-0,29	7,09	1,63	7,09	-87,65
3	-1	1	6,46	8,12	83,16	0,00	5,49	4,60	5,49	-89,98
4	1	1	13,54	8,12	83,42	0,05	6,86	3,65	6,86	89,61
5	-1,41	0	5	6	82,56	0,44	7,58	4,31	7,59	86,66
6	1,41	0	15	6	82,59	0,56	8,06	4,24	8,08	86,04
7	0	-1,41	10	3	83,57	0,82	8,82	3,45	8,85	84,72
8	0	1,41	10	9	81,87	0,53	6,21	5,40	6,23	85,14
9	0	0	10	6	82,73	0,89	8,15	4,22	8,20	83,77
10	0	0	10	6	82,55	0,79	6,89	4,62	6,93	83,48
11	0	0	10	6	83,10	0,36	7,30	3,86	7,30	87,14
12	0	0	10	6	81,96	1,11	6,49	5,38	6,58	80,31
Controle	0	0	0	0	86,58	-0,82	8,46	--	8,46	-84,47

* Porcentagem de substituição de farinha de trigo por proteína isolada de soja.
** Porcentagem de substituição de farinha de trigo por fibra de soja.

5.4.6.1. Luminosidade (L*)

O parâmetro *L** da cor dos biscoitos indica a sua luminosidade, ou seja, o quanto a cor está clara *(L*=100)* ou escura *(L*=0)* (MINOLTA, 2006). A Tabela 17 apresenta os resultados para a resposta luminosidade *(L*)* para os 12 ensaios do delineamento, e para o biscoito controle com 100% de farinha de trigo.

Como pode ser observado na Tabela 17, o parâmetro *L** da cor dos biscoitos variou de 81,87 a 85,88 para os 12 ensaios. Já, o ensaio controle, sem adição de isolado protéico de soja e fibra de soja, apresentou valor de *L** médio de 86,58. Pelos resultados, verifica-se que a adição de IPS e FS reduziu ligeiramente a luminosidade *(L*)* dos biscoitos.

A análise estatística da resposta luminosidade *(L*)* não apresentou um modelo de regressão significativo ($p<0,10$), dentro da faixa estudada (os resultados da análise dos coeficientes de regressão encontram-se na Tabela 43 do Anexo III).

O coeficiente de determinação (R^2) foi de 53,26%, indicando falta de ajuste do modelo aos dados, não sendo possível realizar o teste de ANOVA.

Analisando-se os coeficientes de regressão, pode-se verificar que os termos que tiveram influência significativa ($p<0,10$) na resposta luminosidade *(L*)* foram o efeito linear e o efeito quadrático da FS (x_2). Porém, seu coeficiente de determinação (R^2) foi inferior a 70%.

Portanto, dentro das condições estudadas, não foi possível estabelecer um modelo preditivo em função das variáveis estudadas ao nível de 10% de significância para a resposta luminosidade *(L*).*

Como pode ser observado na análise dos coeficientes de regressão, a fibra de soja influenciou na redução da luminosidade *(L*)* dos biscoitos.

5.4.6.2. Cromaticidade *(a*)*

O parâmetro *a** da cor dos biscoitos indica a coordenada de cromaticidade *a**, ou seja, *(+a*)* indica tendência para cor vermelha a (*-a**) verde (MINOLTA, 2006). A Tabela 17 apresenta os resultados para a resposta parâmetro de cor *a** para os 12 ensaios do delineamento, e para o biscoito controle com 100% de farinha de trigo.

Como pode ser observado, o parâmetro *a** da cor dos biscoitos apresentou variações de -0,29 a 1,11 para os 12 ensaios. Já, o ensaio controle, sem adição de isolado protéico de soja e fibra de soja, apresentou valor médio de -0,82 para o parâmetro *a**. Pelos resultados, verifica-se que a adição de IPS e FS resultou em uma leve alteração na cor dos biscoitos, com ligeiro aumento na tendência para o tom vermelho *(+a*)*.

A análise estatística do parâmetro *a** não apresentou um modelo de regressão significativo ($p<0,10$), dentro da faixa estudada (os resultados da análise dos coeficientes de regressão encontram-se na Tabela 44 do Anexo III).

O coeficiente de determinação (R^2) foi de 37,92%, indicando falta de ajuste do modelo aos dados, não sendo possível realizar o teste de ANOVA.

Analisando-se os coeficientes de regressão, pode-se verificar que os termos que tiveram influência significativa ($p<0,10$) na resposta parâmetro *a* da cor* foi o efeito quadrático do IPS (x_1). Porém, seu coeficiente de determinação (R^2) foi inferior a 70%.

Portanto, dentro das condições estudadas, não foi possível estabelecer um modelo preditivo em função das variáveis estudadas ao nível de 10% de significância para a resposta parâmetro *a* da cor a** dos biscoitos.

5.4.6.3. Cromaticidade *(b*)*

O *parâmetro b** da cor dos biscoitos indica a coordenada de cromaticidade *b**, ou seja, *(+b*)* indica tendência para cor amarela e *(-b*)* para cor azul

(MINOLTA, 2006). A Tabela 17 apresenta os resultados para resposta de parâmetro *b* da cor* para os 12 ensaios do delineamento, e para o biscoito controle com 100% de farinha de trigo.

Como pode ser observado, o parâmetro *b** da cor dos biscoitos para os 12 ensaios apresentou valores inferiores ao ensaio controle (8,46), com exceção do ensaio 7 que apresentou valor superior (8,82). Pelos resultados, verifica-se que a adição de IPS e FS resultou em uma leve alteração na cor dos biscoitos, com ligeira diminuição na tendência para o tom amarelo *(+b*)* dos biscoitos.

A análise estatística da resposta parâmetro *b* da cor* dos biscoitos não apresentou um modelo de regressão significativo ($p<0,10$), dentro da faixa estudada (os resultados da análise dos coeficientes de regressão completo e ajustado encontram-se nas Tabelas 45 e 46 do Anexo III).

Analisando-se os coeficientes de regressão (Tabela 46 do Anexo III), pode-se verificar que a única variável que apresentou efeito significativo ($p<0,10$) na resposta parâmetro *b* da cor* foi a variável x_2 (L), indicando que a FS (fibra de soja) teve interferência nesta resposta. No entanto, não foi possível apresentar o modelo matemático e a superfície de resposta, pois ao retirar os efeitos não significativos, o coeficiente de determinação para o modelo ajustado (R^2) foi de 56,12%, um valor inferior a 0,70, não sendo possível estabelecer um modelo preditivo ao nível de 10% de significância.

A FS apresentou um efeito significativo negativo, ou seja, à medida que a concentração de FS aumentou o valor do parâmetro *b* da cor* diminuiu, resultando em uma leve diminuição na tendência para o tom amarelo *(+b*)* dos biscoitos.

5.4.6.4. Diferença de cor *(ΔE*)*

A Tabela 17 apresenta os resultados para resposta diferença de cor *(ΔE*)* entre amostra e o padrão, para os 12 ensaios do delineamento.

Como pode ser observado, a diferença de cor *(ΔE*)* variou de 1,63 a 5,40 para os 12 ensaios, apresentando um valor médio de 3,93 para essa resposta.

Diferenças perceptíveis na cor foram analiticamente classificadas por, Tiwari *et al*. (2008), em muito distintas, distintas e pouco distintas quando o valor de *ΔE** foi superior a 3,0, entre 1,5 e 3,0, e inferior a 1,5, respectivamente. De acordo com essa classificação e com base nos valores de *ΔE**, pode-se afirmar que, de uma maneira geral, os ensaios apresentaram diferenças perceptíveis muito distintas, com exceção dos ensaios 1 e 2. Estes últimos foram os ensaios que mais se aproximaram da cor do ensaio controle (menor valor do *ΔE**), ou seja, os ensaios 1 e 2 (com valor de *ΔE** de 1,76 e 1,63, respectivamente) apresentaram diferenças distintas em relação ao ensaio controle.

Cabe ressaltar a importância da análise de variação da cor pelo cálculo de ΔE*, pois envolve uma análise conjunta de todos os parâmetros de cor, inclusive daqueles que não sofreram variação significativa de acordo com a Análise de Variância e cuja magnitude de diferença em relação à amostra padrão é levada em consideração.

Os valores de ΔE* permitiram concluir que a incorporação de derivados da soja nos 12 ensaios proporcionou alteração significativa na cor dos biscoitos.

A análise estatística do parâmetro *diferença de cor ΔE** dos biscoitos não apresentou um modelo de regressão significativo ($p<0,10$), dentro da faixa estudada (os resultados da análise dos coeficientes de regressão encontram-se na Tabela 47 do Anexo III).

Analisando-se os coeficientes de regressão da Tabela 47 (Anexo III), pode-se verificar que o termo que apresentou influência significativa ($p<0,10$) na resposta *diferença de cor ΔE** foi a variável x_2 (L), indicando que a FS (fibra de soja) teve interferência nesta resposta. A FS apresentou um efeito significativo positivo, ou seja, à medida que a concentração de FS aumenta o valor de *ΔE** também aumenta (maior diferença de cor em relação ao ensaio controle).

Porém, seu coeficiente de determinação (R^2) foi de 61,49%, inferior a 70%, indicando falta de ajuste do modelo aos dados, não sendo possível realizar o teste de ANOVA.

Portanto, dentro das condições estudadas, não foi possível estabelecer um modelo preditivo em função das variáveis estudadas ao nível de 10% de significância para a resposta diferença de cor *ΔE** dos biscoitos.

Alguns estudos também reportaram a obtenção de produtos de panificação mais escuros (pontos máximos nos valores de a*, b* e ΔE*) quando as condições do processo foram mais severas, com temperaturas maiores que 150ºC e conteúdos de umidade menores que 25% e sugerem a ocorrência de reação de *Maillard* nesse biscoitos (CESPEDES, 1999; MARQUES, 1992; BADRIE & MELLOWES, 1991).

De igual modo, pode-se atribuir o escurecimento dos biscoitos em estudo (diminuição da luminosidade (L*), o aumento do tom vermelho (+a*), diminuição do tom amarelo (+b*) e maiores valores no ΔE*) possivelmente à reação de *Maillard*, uma vez que o isolado protéico e a fibra de soja estudados apresentam teores suficientes de açúcares totais e proteínas. Estas proteínas reagiriam com os açúcares redutores, favorecidos pelas condições de processamento, resultando na formação de compostos escuros.

5.4.6.5. Croma (C*)

Ao determinar os valores dos parâmetros a* e b* da cor, obtém-se a cromaticidade do produto, e com a interação entre esses parâmetros é possível determinar o valor C* (Croma), que representa a saturação da cor, onde maiores valores de C* correspondem a cores mais saturadas (MINOLTA, 2006).

A Tabela 17 apresenta os resultados para resposta de *croma (C*)* para os 12 ensaios do delineamento, e para o biscoito controle com 100% de farinha de trigo.

Como pode ser observado, o parâmetro *croma (C*)* da cor dos biscoitos para os 12 ensaios apresentou valores inferiores ao ensaio controle (8,46), com exceção do ensaio 7 (8,82). Pelos resultados, verifica-se que a adição de

derivados da soja resultou em uma leve diminuição da saturação da cor dos biscoitos.

A análise estatística da resposta *croma (C*)* dos biscoitos não apresentou um modelo de regressão significativo (p<0,10), dentro da faixa estudada (os resultados da análise dos coeficientes de regressão completo e ajustado encontram-se nas Tabelas 48 e 49 do Anexo III).

Analisando-se os coeficientes de regressão (Tabela 49 do Anexo III), pode-se verificar que o único parâmetro que apresentou efeito significativo (p<0,10) na resposta *croma (C*)* foi a variável x_2 (L), indicando que a FS (fibra de soja) teve interferência nesta resposta. No entanto, não foi possível apresentar o modelo matemático e a superfície de resposta, pois ao retirar os efeitos não significativos, o coeficiente de determinação para o modelo ajustado (R^2) foi de 56,12%, um valor inferior a 0,70, não sendo possível estabelecer um modelo preditivo ao nível de 10% de significância.

A FS apresentou um efeito significativo negativo, ou seja, à medida que a concentração de FS aumentou o valor de *croma (C*)* diminuiu, resultando em uma leve diminuição da saturação da cor dos biscoitos.

5.4.6.6. Ângulo de tonalidade (h_{ab})

Ao avaliar a interação entre os parâmetros a* e b* da cor, obtém-se também o ângulo de tonalidade *(h_{ab})*, expresso em graus, que define a coloração dos produtos. De modo geral, neste estudo, o zero graus representa o +a*, ou seja, cor vermelha, e o 90 graus, representa o +b*, ou seja, a cor amarela (MINOLTA, 2006).

A Tabela 17 apresenta os resultados para resposta ângulo de tonalidade *(h_{ab})* para os 12 ensaios do delineamento, e para o biscoito controle com 100% de farinha de trigo.

Como pode ser observado, o parâmetro *(h_{ab})* da cor dos biscoitos apresentou variações de -89,98 a 89,61 para os 12 ensaios. Já, o ensaio controle,

sem adição de isolado protéico de soja e fibra de soja, apresentou valor médio de -84,47 para o parâmetro *(h_{ab})*.

Pelos resultados, verifica-se que a adição de IPS e FS resultou em uma leve alteração na cor dos biscoitos, a maioria dos valores encontram-se próximo a 90º, equivalente a cor amarela *(+b*)*. O valor negativo do *ângulo (h_{ab})* nos ensaios 1, 2, 3 e controle, indica que estes apresentam uma saturação diferente ao dos outros ensaios.

A análise estatística do parâmetro *(h_{ab})* não apresentou um modelo de regressão significativo ($p<0,10$), dentro da faixa estudada (os resultados da análise dos coeficientes de regressão encontram-se na Tabela 50 do Anexo III).

O coeficiente de determinação (R^2) foi de 38,84%, indicando falta de ajuste do modelo aos dados, não sendo possível realizar o teste de ANOVA.

Analisando-se os coeficientes de regressão, pode-se verificar que todos os termos que tiveram influência significativa ($p<0,10$) no parâmetro *(h_{ab}),* o efeito linear e quadrático do IPS (x_1), o efeito linear e quadrático da FS (x_2) e o produto da interação do IPS e FS $(x_1)*(x_2)$. Porém, seu coeficiente de determinação (R^2) foi inferior a 70%.

Portanto, dentro das condições estudadas, não foi possível estabelecer um modelo preditivo em função das variáveis estudadas ao nível de 10% de significância para a resposta *(h_{ab})* dos biscoitos.

5.4.7. Análise sensorial

Os resultados médios obtidos no teste de aceitabilidade dos produtos de *modo global* e, em particular, da *aparência*, *dureza na primeira mordida*, *crocância* e *sabor* são apresentados na Tabela 18.

Tabela 18. Aceitabilidade das amostras de biscoito *cracker* quanto aos atributos avaliados para os ensaios do planejamento

Ensaios	Codificado		Real		Modo Global	Aparência	Dureza 1ª mordida	Crocância	Sabor
	X_1	X_2	IPS (%)*	FS (%)**					
1	-1	-1	6,46	3,88	6,90	6,30	6,90	7,08	6,85
2	1	-1	13,54	3,88	6,00	6,30	5,80	5,66	6,14
3	-1	1	6,46	8,12	5,90	5,70	5,70	5,45	5,90
4	1	1	13,54	8,12	5,50	5,20	5,70	5,27	5,63
5	-1,41	0	5	6	6,70	6,10	7,30	7,44	6,54
6	1,41	0	15	6	6,80	6,50	7,20	7,14	6,37
7	0	-1,41	10	3	7,10	6,50	7,40	7,33	6,73
8	0	1,41	10	9	5,30	5,10	5,40	4,94	4,76
9	0	0	10	6	5,40	5,60	5,20	4,76	5,08
10	0	0	10	6	5,90	5,90	5,90	5,85	5,75
11	0	0	10	6	6,70	6,50	6,90	6,70	6,46
12	0	0	10	6	5,60	5,00	6,30	6,18	5,59
Controle	0	0	0	0	7,60	7,50	7,40	7,57	7,37

* Porcentagem de substituição de farinha de trigo por isolado protéico de soja.
** Porcentagem de substituição de farinha de trigo por fibra de soja.

5.4.7.1. Análise dos DCCRs para as respostas da análise sensorial

A Tabela 18 apresenta os resultados para as respostas *modo global*, *aparência*, *dureza na 1ª mordida*, *crocância* e *sabor* para os biscoitos adicionados de isolado protéico de soja e fibra de soja de acordo com o planejamento experimental, e para o biscoito controle com 100% de farinha de trigo.

As análises estatísticas destas 5 respostas não apresentaram um modelo de regressão significativo ($p<0,10$), dentro da faixa estudada (os resultados da análise de coeficientes de regressão encontram-se na Tabela 51 do Anexo III).

Os coeficientes de determinação (R^2) foram de 63,52%, 60,59%, 53,34%, 64,15% e 46,79% para as respostas *modo global*, *aparência*, *dureza na 1ª mordida*, *crocância* e *sabor* (modelo ajustado), respectivamente, indicando falta de ajuste do modelo aos dados, não sendo possível realizar o teste de ANOVA.

Para a resposta *sabor*, o modelo completo apresentou (R^2) de 70,72%, no entanto, não foi possível apresentar o modelo matemático e a superfície de resposta, pois ao retirar os efeitos não significativos, o coeficiente de determinação para o modelo ajustado (R^2) foi de 46,79%, um valor inferior a 0,70, não sendo possível estabelecer um modelo preditivo ao nível de 10% de significância.

Analisando-se os coeficientes de regressão (Tabelas 51 a 56), pode-se verificar que o termo que teve influência significativa ($p<0,10$) nas respostas *modo global, crocância* e *sabor* foi a variável x_2 (L), indicando que a FS (fibra de soja) teve interferência nessas respostas. Porém, seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) foram inferiores a 70%.

Portanto, dentro das condições estudadas, não foi possível estabelecer um modelo preditivo em função das variáveis estudadas ao nível de 10% de significância para as respostas *modo global*, *aparência*, *dureza na 1ª mordida*, *crocância* e *sabor* dos biscoitos.

5.4.7.2. Comparação das amostras do planejamento experimental e da amostra controle quanto aos atributos sensoriais

A Tabela 19 apresenta as respostas dos provadores, quanto ao teste de aceitabilidade, para cada um dos atributos avaliados.

Tabela 19. Resultados obtidos no teste para avaliação da aceitabilidade dos produtos de modo global e, em particular, da aparência, dureza na primeira mordida, crocância e sabor das amostras de biscoito *cracker*

Ensaios	Aceitabilidade				
	Modo global	Aparência	Dureza na 1ª mordida	Crocância	Sabor
1	6,9 ± 1,1	6,3 ± 1,5	6,9 ± 1,2	7,1 ± 1,4	6,8 ± 1,3
2	6,0 ± 1,3	6,3 ± 1,4	5,8 ± 1,4	5,7 ± 1,5	6,1 ± 1,4
3	5,9 ± 1,6	5,7 ± 1,7	5,7 ± 1,4	5,4 ± 1,7	5,9 ± 1,5
4	5,5 ± 1,8	5,2 ± 2,1	5,7 ± 1,8	5,3 ± 2,0	5,6 ± 2,0
5	6,7 ± 1,6	6,1 ± 1,6	7,3 ± 1,0	7,4 ± 1,1	6,5 ± 1,5
6	6,8 ± 1,2	6,5 ± 1,7	7,2 ± 1,2	7,1 ± 1,2	6,4 ± 1,5
7	7,1 ± 0,9	6,5 ± 1,5	7,4 ± 0,9	7,3 ± 0,9	6,7 ± 1,3
8	5,3 ± 1,6	5,1 ± 1,8	5,4 ± 1,7	4,9 ± 1,8	4,8 ± 1,8
9	5,4 ± 1,6	5,6 ± 1,6	5,2 ± 1,7	4,8 ± 1,7	5,1 ± 1,6
10	5,9 ± 1,5	5,9 ± 1,6	5,9 ± 1,7	5,8 ± 1,6	5,7 ± 1,7
11	6,7 ± 1,1	6,5 ± 1,3	6,9 ± 1,0	6,7 ± 1,2	6,5 ± 1,2
12	5,6 ± 1,8	5,0 ± 2,1	6,3 ± 1,5	6,2 ± 1,5	5,6 ± 1,7
Controle	7,6 ± 0,8	7,5 ± 1,0	7,4 ± 1,1	7,6 ± 1,0	7,4 ± 1,0

Resultados expressos como média ± desvio-padrão.

Os resultados médios obtidos no teste de aceitabilidade dos produtos de modo global e, em particular da aparência, dureza na primeira mordida, crocância

e sabor são mostrados na Tabela 19. Para todos os atributos avaliados, a amostra controle obteve médias situadas entre “gostei” e “gostei muito”. As amostras 1, 5, 6, 7 e 11 obtiveram médias próximas de 7, correspondentes a “gostei”, para a maioria dos atributos, tendo sido as amostras melhor avaliadas pelos consumidores. As menores médias (próximas de 5 e correspondentes a “nem gostei, nem desgostei”) foram obtidas pelas amostras 8 e 9, enquanto que as demais se situaram entre esses dois grupos e apresentaram médias próximas de 6, o que corresponde a “gostei pouco” na escala empregada na avaliação (MEILGAARD *et al.,* 2006).

Os gostos e desgostos descritos pelos consumidores são apresentados nas Tabelas 20 e 21, respectivamente. As maiores freqüências de menções positivas referiram-se à crocância e foram obtidas pelas amostras 1, 5, 6 e 7. As amostras 11, 12 e controle apresentaram freqüências similares de menções positivas referentes a esse atributo, enquanto que as amostras 1 e 7 apresentaram freqüências similares ao controle quanto ao sabor.

A aparência das amostras 1, 4, 6, 8 e principalmente 12 foi a principal razão de desagrado em relação à essas amostras, com diversas menções específicas quanto à aparência de queimado e à presença de farinha na superfície dos biscoitos. Houve também uma elevada freqüência de menções negativas quanto ao sabor das amostras 4, 8 e 11 e à crocância da amostra 9.

Tabela 20. Gostos descritos pelos consumidores em relação às amostras de biscoito *cracker* (números indicam a freqüência com que foram citados)

Amostra	**Gostos mencionados referentes ao atributo:**			
	Aparência	**Dureza**	**Crocância**	**Sabor**
1	6	5	33	25
2	18	1	8	16
3	14	4	8	12
4	7	5	8	17
5	4	4	36	10
6	6	4	34	14
7	7	6	33	22
8	6	2	9	12
9	13	-	4	8
10	11	2	19	15
11	12	7	22	16
12	5	3	23	10
Controle	23	2	23	21

Tabela 21. Desgostos descritos pelos consumidores em relação às amostras de biscoito *cracker* (números indicam a freqüência com que foram citados)

Amostra	Desgostos mencionados referentes ao atributo:			
	Aparência*	**Dureza**	**Crocância**	**Sabor**
1	23	2	5	15
2	10	9	17	14
3	11	11	19	15
4	22	4	15	20
5	19	2	1	18
6	22	3	4	15
7	15	-	-	17
8	20	5	17	27
9	10	9	31	13
10	19	8	13	18
11	9	8	12	22
12	43	6	5	13
Controle	7	8	4	8

*Com diversas menções específicas quanto à aparência de queimado e à presença de farinha na superfície dos biscoitos.

5.5. Escolha das condições de ensaio para validação dos modelos

Dentre as respostas avaliadas no experimento, nas faixas de estudo das variáveis: (i) isolado protéico de soja e (ii) fibra de soja, os parâmetros *firmeza* e *fraturabilidade* foram os que apresentaram modelos matemáticos.

A partir do planejamento experimental, o tratamento com as proporções 5,0% IPS e 6,0% FS (Ensaio 5) deu origem a biscoito com *firmeza* próxima da apresentada pela amostra controle. Quanto à *fraturabilidade*, o tratamento que conferiu resultado similar ao controle foi aquele com as proporções de 6,46% IPS e 3,88% FS (Ensaio 1).

Pelos resultados da análise sensorial, os tratamentos com 6,46% IPS e 3,88% FS (Ensaio 1), com 5,0% IPS e 6,0% FS (Ensaio 5), com 15,0% IPS e 6,0% FS (Ensaio 6) e com 10,0% IPS e 3,0% FS (Ensaio 7) não diferiram significativamente da amostra controle ($p \leq 0,05$) em relação a pelo menos 3 dos atributos *modo global, aparência, dureza na 1ª mordida, crocância* e *sabor*, e, portanto, foram selecionados como os melhores tratamentos para comparação com o controle na seqüência do trabalho.

A escolha desses ensaios para a validação dos modelos matemáticos foi baseada ainda nos resultados instrumentais de *firmeza* e *fraturabilidade,* que normalmente confirmam as constatações feitas pelos consumidores obtidas nas avaliações sensoriais.

Os valores de *índice de expansão*, *volume específico* e *atividade de água* estão dentro de uma faixa aceitável para produção dos biscoitos, e os parâmetros de *cor instrumental* apresentaram valores que não restringem nenhuma das formulações possíveis de serem estudadas.

A Tabela 22 apresenta a média dos resultados obtidos na validação, com seus respectivos desvios, os valores que foram preditos pelos modelos obtidos e o desvio relativo entre o resultado obtido e o predito.

Tabela 22. Média dos resultados da validação e seus respectivos desvios relativos

Resposta	Ensaios da Validação	Valor predito	Valor experimental	Desvio relativo
Firmeza (N)	**1**	7,03	10,58	34%
	5	8,31	7,94	-5%
	6	6,26	7,55	17%
	7	5,33	12,39	57%
Fraturabilidade (mm)	**1**	1,53	1,89	19%
	5	1,48	1,46	-2%
	6	1,38	1,45	5%
	7	1,18	1,47	20%

Desvios relativos com variação ao redor de ± 10%, revelam valores bem aceitáveis para o processo utilizado e validam os modelos matemáticos obtidos no estudo, como pode ser observado para a resposta *firmeza* no ensaio 5 e para a resposta *fraturabilidade* nos ensaios 5 e 6.

Mesmo a análise estatística tendo sido realizada a $p < 0,10$ e a ANOVA sendo válida, tem-se desvios que chegam a até 57% como é o caso do ensaio 7 na resposta *firmeza*, que tem a maior resposta (12,39 N) em relação ao ensaio controle (6,91), que de acordo com Rodrigues e Iemma (2005) isso normalmente ocorre quando uma pequena diferença na resposta prevista em relação ao experimental, fornece um desvio maior.

Tabela 23. Desvio das respostas da validação em relação ao ensaio controle da validação

Resposta	Ensaios da Validação	Valor Experimental	Controle na Validação	Desvio em relação ao controle
Firmeza (N)	**1**	10,58	6,91	53,1%
	5	7,94		14,9%
	6	7,55		9,3%
	7	12,39		79,3%
Fraturabilidade (mm)	**1**	1,89	2,09	-9,6%
	5	1,46		-30,1%
	6	1,45		-30,6%
	7	1,47		-29,7%

Na comparação com o ensaio controle (padrão) com 100% de farinha de trigo (TABELA 23) e as respostas *firmeza* e *fraturabilidade*, as maiores variações ocorreram nos ensaios 1 e 7 para a *firmeza* (com 3,67 N e 5,48 N a mais que o padrão, respectivamente) e nos ensaios 5, 6 e 7 para a *fraturabilidade* (com 0,63 mm, 0,64 mm, 0,62 mm a mais que o padrão).

5.6. Caracterização dos biscoitos utilizados na validação dos modelos matemáticos

Os ensaios (1, 5, 6 e 7) selecionados para a validação dos modelos matemáticos com base nas respostas de *aceitação sensorial* e resultados instrumentais de *firmeza e fraturabilidade*, foram caracterizados quanto a sua composição centesimal, teor de fibras, teor de aminoácidos, teor de isoflavonas, além das análises físicas e sensoriais, cujos valores serão apresentados a seguir.

5.6.1. Composição centesimal e teor de fibra alimentar solúvel e insolúvel

Segundo Vitti, Gouveia e Oliveira (1988), biscoitos *crackers* produzidos em laboratório pelo processo convencional apresentaram teor de umidade próximo da faixa normalmente encontrada industrialmente (até 6%). O conteúdo de umidade tem importante efeito na vida de prateleira do *cracker*, e em alguns tipos de biscoitos poderá influenciar na ocorrência espontânea de fratura ou *checking (*WADE, 1988). Com exceção do ensaio 6 (Tabela 24), os demais encontram-se em uma faixa de umidade aceitável.

Tabela 24. Composição centesimal dos ensaios da validação e da amostra controle

Determinações	Biscoitos crackers (g/ 100 g de amostra)				
	1	**5**	**6**	**7**	**Controle**
Proteína* (Nx6,25)	13,02 ± 0,19^{c}	11,98 ± 0,03^{d}	17,43 ± 0,03^{a}	15,23 ± 0,04^{b}	9,41± 0,24^{e}
Umidade*	6,59 ± 0,03^{bc}	6,71 ± 0,06^{b}	8,25 ± 0,04^{a}	6,49 ± 0,05^{bc}	6,38 ± 0,10^{c}
Lipídios*	13,90 ± 0,15^{a}	13,95 ± 0,06^{a}	13,55 ± 0,05^{b}	13,72 ± 0,05^{ab}	13,90 ± 0,04^{a}
Cinzas*	2,53 ± 0,01^{c}	2,57 ± 0,01^{c}	2,84 ± 0,02^{a}	2,62 ± 0,01^{b}	2,22 ± 0,01^{d}
FAT*	5,00 ± 0,11^{c}	5,30 ± 0,06^{c}	7,04 ± 0,13^{a}	5,87 ± 0,16^{b}	1,63 ± 0,01^{d}
FAI*	4,09 ± 0,13^{c}	4,82 ± 0,05^{b}	5,54 ± 0,11^{a}	4,01 ± 0,11^{c}	1,63 ± 0,01^{d}
FAS*	0,91± 0,03^{c}	0,49 ± 0,01^{d}	1,50 ± 0,02^{d}	1,86 ± 0,06^{a}	ND < 0,10
Carboidratos**	58,96	59,49	50,89	56,74	66,46
Calorias*** (kcal/ 100 g)	413	411	395	409	429

*Resultados expressos como média ± desvio padrão das análises em duplicata. Médias seguidas por uma mesma letra na mesma linha não diferem significantemente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); **Calculados por diferença:100 – (proteína + umidade + lipídeos + cinzas + Fibra alimentar total); ***Calculada pela soma das porcentagens de proteína e carboidratos multiplicado pelo fator 4 (kcal/g) somado ao teor de lipídeos totais multiplicado pelo fator 9 (kcal/g). FAT: Fibra Alimentar Total, FAI: Fibra Alimentar Insolúvel, FAS: Fibra Alimentar Solúvel. ND: Não Detectado.

Observa-se que houve um aumento nos teores de proteínas, cinzas e fibras totais e uma redução nos teores de carboidratos, proporcional ao aumento da adição de isolado protéico de soja e fibra de soja nos biscoitos. O mesmo foi observado por Dhingra e Jood (2002). Os ensaios que apresentaram teores de lipídios maiores não diferiram significativamente do ensaio controle (com maior valor) e estão dentro de uma faixa aceitável. Os ensaios apresentaram teores de lipídios muito próximos, estando dentro da faixa praticada no mercado. Do mesmo modo, os ensaios adicionados de IPS e FS apresentaram valores calóricos próximos e inferiores ao ensaio controle. O ensaio controle apresentou valor calórico próximo da faixa encontrada no mercado para a categoria de biscoito *cracker* (em média 433 kcal), considerando-se os valores de 417 kcal, 450 kcal e 433 kcal, referentes às marcas A, B e C, respectivamente.

Os ensaios que apresentam menor teor de carboidratos e maior teor protéico e de fibras proporcionarão a obtenção de biscoitos *cracker* com melhores propriedades nutricionais e potencialmente funcionais. Com base nos resultados das análises físico-químicas, observa-se que o ensaio 6 apresentou maior teor protéico e maior teor de fibra alimentar total, e na seqüência o ensaio 7.

A Portaria n^{o} 27 de 13 de janeiro de 1998 (BRASIL, 1998) estabelece que para um alimento ser classificado como fonte de fibras, ele deve possuir uma quantidade mínima de 3 gramas de fibras em 100 gramas do alimento e, para ser classificado como alto teor de fibras, 6 gramas de fibras em 100 gramas do alimento.

Portanto, os biscoitos produzidos (referentes aos ensaios 1, 5 e 7) podem ser classificadas como fontes de fibras, segundo a legislação Brasileira, por apresentarem teores superiores a 3 g/ 100 g de fibras alimentares, e o biscoito referente ao ensaio 6 poder ser classificado como alto teor de fibras, com 7,04 g/ 100g de fibras (BRASIL, 2005a).

A fibra da soja, de acordo com inúmeras pesquisas fornece importantes benefícios à saúde, associados geralmente com a fibra alimentar (SLAVIN, 1991).

5.6.2. Teor de Aminoácidos

A composição detalhada dos aminoácidos nos ensaios 1, 5, 6, 7 e controle encontra-se na Tabela 25.

Tabela 25. Composição em aminoácidos dos biscoitos

Aminoácidos Totais* (g / 100 g amostra)	**1**	**5**	**6**	**7**	**Controle**
Ácido aspártico	1,02 ± 0,014	0,90 ± 0,021	1,61 ± 0,007	1,28 ± 0,007	0,41 ± 0,01
Ácido glutâmico	4,58 ± 0,064	4,25 ± 0,057	5,20 ± 0,000	4,91 ± 0,000	3,79 ± 0,05
Serina	0,74 ± 0,014	0,65 ± 0,014	0,93 ± 0,007	0,87 ± 0,007	0,48 ± 0,01
Glicina	0,62 ± 0,042	0,55 ± 0,042	0,82 ± 0,007	0,69 ± 0,007	0,38 ± 0,02
Histidina	0,32 ± 0,014	0,33 ± 0,014	0,38 ± 0,007	0,37 ± 0,007	0,23 ± 0,01
Arginina	0,76 ± 0,007	0,66 ± 0,007	1,19 ± 0,000	0,97 ± 0,007	0,38 ± 0,00
Treonina	0,48 ± 0,007	0,44 ± 0,028	0,63 ± 0,007	0,54 ± 0,007	0,33 ± 0,01
Alanina	0,52 ± 0,007	0,47 ± 0,007	0,76 ± 0,000	0,63 ± 0,000	0,31 ± 0,01
Prolina	1,49 ± 0,064	1,30 ± 0,021	1,58 ± 0,007	1,52 ± 0,007	1,23 ± 0,07
Tirosina	0,53 ± 0,014	0,47 ± 0,014	0,77 ± 0,007	0,65 ± 0,007	0,33 ± 0,01
Valina	0,64 ± 0,007	0,70 ± 0,014	0,97 ± 0,007	0,74 ± 0,000	0,47 ± 0,06
Metionina	0,23 ± 0,014	0,17 ± 0,014	0,33 ± 0,000	0,30 ± 0,007	0,18 ± 0,01
Cistina	0,29 ± 0,014	0,24 ± 0,049	0,29 ± 0,042	0,30 ± 0,006	0,15 ± 0,01
Isoleucina	0,59 ± 0,021	0,60 ± 0,007	1,10 ± 0,000	0,84 ± 0,007	0,43 ± 0,02
Leucina	1,05 ± 0,007	1,00 ± 0,021	1,51 ± 0,007	1,28 ± 0,000	0,74 ± 0,01
Fenilalanina	0,81 ± 0,014	0,75 ± 0,007	1,08 ± 0,007	0,94 ± 0,000	0,56 ± 0,01
Lisina	0,47 ± 0,007	0,43 ± 0,007	0,82 ± 0,000	0,62 ± 0,007	0,20 ± 0,01
Total**	15,10 ± 0,078^{c}	13,87 ± 0,035^{d}	19,92 ± 0,000^{a}	17,40 ± 0,023^{b}	10,54 ± 0,01^{e}

*Resultados expressos como média ± desvio padrão das análises em duplicata.
**Médias seguidas por uma mesma letra na mesma linha não diferem significantemente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Embora todos os ensaios tenham diferido significativamente entre si ($p < 0,05$), o ensaio controle apresentou o menor teor médio de aminoácidos em comparação com os demais ensaios.

Como pode ser observado, os valores dos aminoácidos nos ensaios 6 e 7 são superiores aos ensaios 1 e 5, uma vez que os ensaios 6 e 7 possuem maiores

adições de IPS, em 15% e 10%, respectivamente. Cabe ressaltar que a fração protéica está concentrada em aproximadamente 90% no IPS e 10% no FS.

Em todas as categorias de aminoácidos, o ensaio controle apresentou valores inferiores aos encontrados para todos os demais ensaios, confirmando o aumento do teor protéico e do perfil de aminoácidos de um modo geral, nos biscoitos adicionados de derivados da soja. Um destaque merece ser dado à fração considerável de lisina observada nos biscoitos que foram adicionados de derivados da soja, em especial os ensaios 6 e 7 com maiores adições de 15 e 10% de IPS, respectivamente.

Sabe-se que a proteína de soja contém maiores quantidades dos aminoácidos anabólicos, arginina e glutamina, além de apresentar grandes quantidades de lisina e aminoácidos de cadeia ramificada (isoleucina, leucina e valina) em relação ao padrão de requerimento de aminoácidos recomendado pela *National Academy of Sciences and World Healt Organization* (FDA, 1999).

Já, na farinha de trigo, destacam-se a metionina e a cisteína (aminoácidos sulfurados) e ácido glutâmico, porém com deficiência em lisina (GERBRAS, 2007).

Por possuir elevado teor de lisina (fator que distingue a proteína da soja da maioria das proteínas vegetais) (RIBEIRO, 2006), a soja utilizada em combinação com cereais (neste estudo, a farinha de trigo), revela-se uma importante alternativa para equilibrar a demanda do perfil de aminoácidos nos produtos derivados da farinha de trigo.

Conforme já observado anteriormente, o IPS proporcionou a obtenção de biscoitos com maior teor de aminoácidos e com melhores propriedades nutricionais, uma vez que os aminoácidos da soja são considerados de alto valor biológico.

5.6.3. Teor de Isoflavonas

Como pode ser observado, a Tabela 26 apresenta a quantidade média de isoflavonas totais presente nos ensaios 1, 5, 6 e 7. O ensaio controle não foi analisado, pois não possui isoflavonas em sua composição.

Tabela 26. Teor médio de isoflavonas nos ensaios da validação

Ensaios	**Isoflavonas Totais** (mg/ 100 g de amostra)
1	$8,921 \pm 0,249^{c}$
5	$8,022 \pm 0,093^{c}$
6	$19,883 \pm 0,167^{a}$
7	$13,306 \pm 0,704^{b}$

Resultados expressos como média ± desvio-padrão. Médias seguidas por uma mesma letra não diferem significantemente entre si pelo teste de Tukey.

Sabe-se que as isoflavonas podem ser encontradas em derivados da soja, ou em produtos que tenham sido adicionados dela, como é o caso, por exemplo, do biscoito *cracker* referentes aos ensaios 1, 5, 6 e 7 em estudo, mas não do ensaio controle (sem adição de derivados da soja).

Embora a maioria dos ensaios tenham apresentado diferença significativa entre si, os ensaios 1 (8,92 mg/ 100 g) e 5 (8,02 mg/ 100 g) não diferiram significativamente entre si, fato que pode ser explicado pelo percentual de adição de derivados da soja em aproximadamente 11% para ambos.

A determinação detalhada da quantidade de isoflavonas presente nos ensaios 1, 5, 6, 7 e controle encontra-se na Tabela 27.

Tabela 27. Determinação da quantidade de isoflavonas dos ensaios 1, 5, 6 e 7

Isoflavona (mg/ 100 g de amostra)	**1**	**5**	**6**	**7**
Daidzina	ND < 0,3	ND < 0,3	ND < 0,3	ND < 0,3
Malonil daidzina	ND < 0,3	ND < 0,3	0,184 ± 0,027	ND < 0,3
Acetil daidzina	ND < 0,3	ND < 0,3	ND < 0,3	ND < 0,3
Daidzeína	0,694 ± 0,027	0,397 ± 0,038	1,687 ± 0,017	1,295 ± 0,047
Glicitina	ND < 0,3	ND < 0,3	0,122 ± 0,021	0,000 ± 0,000
malonil glicitina	ND < 0,3	ND < 0,3	0,207 ± 0,017	0,000 ± 0,000
Acetil Glicitina	0,557 ± 0,103	0,519 ± 0,039	0,414 ± 0,018	0,667 ± 0,031
Gliciteína	0,297 ± 0,103	0,241 ± 0,003	0,531 ± 0,043	0,484 ± 0,006
Genistina	2,068 ± 0,081	1,988 ± 0,044	3,662 ± 0,048	2,489 ± 0,022
Malonil genistina	2,365 ± 0,141	2,772 ± 0,138	6,209 ± 0,094	2,805 ± 0,028
Acetil genistina	1,762 ± 0,011	1,763 ± 0,091	2,228 ± 0,039	2,115 ± 0,031
Genisteína	4,030 ± 0,054	2,884 ± 0,016	5,810 ± 0,036	5,706 ± 0,006
Coumestrol	ND < 0,3	ND < 0,3	ND < 0,3	ND < 0,3
Sissotrin	0,000 ± 0,001	ND < 0,3	ND < 0,3	ND < 0,3
Biochanina A	0,000 ± 0,002	ND < 0,3	ND < 0,3	ND < 0,3
Total	8,921 ± 0,249^{c}	8,002 ± 0,093^{c}	19,883 ± 0,167^{a}	13,306 ± 0,704^{b}

Resultados expressos como média ± desvio padrão das análises em duplicata.
ND: Não Detectado.

Como pode ser observado, o valor total das isoflavonas nos ensaios 6 e 7 são muito superiores aos ensaios 1 e 5, uma vez que os ensaios 6 e 7 possuem maiores adições de IPS em suas combinações, em 15% e 10%, respectivamente. Cabe ressaltar que a fração protéica está concentrada em aproximadamente 90% no IPS e 10% no FS.

Do mesmo modo, as formas mais bioativas, as agliconas (Daidzeína, Genisteína e Gliciteína), também estão em maiores concentrações nos ensaios 6 (8,03 mg/ 100 g) e 7 (7,49 mg/ 100 g), em comparação aos ensaios 1 (5,02 mg/ 100 g) e 5 (3,52 mg/ 100 g), uma vez que o IPS se destaca nas frações agliconas.

Geralmente, no processamento de grãos de soja para produtos manufaturados, há aumento nas hidrólises das isoflavonas glucosídicas, resultando em maior concentração de agliconas (MUNRO *et al*., 2003). Partindo-se desse princípio, o processamento dos biscoitos poderia influenciar positivamente no aumento da conversão das isoflavonas glucosídicas em isoflavonas agliconas (formas mais bioativas).

Além da soja ser uma fonte rica em proteínas, apresenta substâncias fitoquímicas biologicamente ativas consideradas importantes na prevenção de certas doenças. Por este motivo, a soja e seus derivados apresentam grande potencial no mercado de alimentos funcionais, especialmente devido à presença das isoflavonas (PEREIRA; OLIVEIRA, 2004).

Em janeiro de 2005, a Anvisa aprovou a rotulagem dos produtos à base de soja com o apelo de que “o consumo diário de no mínimo 25 g de proteína de soja pode ajudar a reduzir o colesterol, devendo estar associado a uma dieta equilibrada e hábitos de vida saudáveis” (BRASIL, 2005a).

5.6.4. Análises Físicas

As amostras de biscoito *cracker*, referentes aos ensaios 1, 5, 6, 7 e controle (100% farinha de trigo) foram avaliadas quanto aos parâmetros índice de expansão, volume específico, atividade de água, firmeza, fraturabilidade, e cor instrumental (L*, a*, b* e ΔE*), apresentadas nas tabelas a seguir.

Tabela 28. Valores médios das respostas índice de expansão, volume específico e atividade de água

Ensaios	Índice de expansão	Volume específico (L/kg)	AW
1	9,78 ± 0,17 [a]	3,25 ± 0,03 [b]	0,432 ± 0,002 [b]
5	9,78 ± 0,22 [a]	3,47 ± 0,19 [a b]	0,425 ± 0,002 [c]
6	9,81 ± 0,26 [a]	3,33 ± 0,05 [b]	0,480 ± 0,001 [a]
7	9,41 ± 0,10 [a]	3,14 ± 0,12 [b]	0,413 ± 0,002 [d]
Controle	8,78 ± 0,07 [b]	3,82 ± 0,23 [a]	0,376 ± 0,008 [e]

Resultados expressos como média ± desvio-padrão. Médias seguidas por uma mesma letra na mesma coluna não diferem significantemente entre si pelo teste de Tukey.

Na avaliação do índice de expansão, não houve diferença significativa dos ensaios entre si, mas estes diferiram significativamente do ensaio controle (8,78) que apresentou valor inferior aos demais. Para o parâmetro volume específico, os ensaios não apresentaram diferença significativa entre si, e foram significativamente diferentes do ensaio controle. No entanto, o ensaio 5 (3,47 L/kg) não diferiu significativamente do controle (3,82 L/kg). Tanto para o índice de expansão quanto para o volume específico, os valores estão próximos e não comprometem a qualidade dos biscoitos, com valores dentro da faixa aceitável. Na análise de atividade de água, todos os resultados diferiram significativamente entre si, mas os valores estão próximos e abaixo de 0,6 (limite considerado microbiologicamente estável) e a atividade de água do ensaio controle (0,376) foi inferior aos demais como esperado.

Tabela 29. Valores médios das respostas firmeza e fraturabilidade

Ensaios	Firmeza	Fraturabilidade
1	10,58 ± 1,73^{b}	1,89 ± 0,50^{a}
5	7,94 ± 1,30^{c}	1,46 ± 0,42^{b}
6	7,55 ± 0,95^{cd}	1,45 ± 0,38^{b}
7	12,39 ± 1,33^{a}	1,47 ± 0,27^{b}
Controle	6,91 ± 1,38^{d}	2,09 ± 0,55^{a}

Resultados expressos como média ± desvio-padrão. Em cada coluna, valores seguidos de letras iguais não diferem estatisticamente entre si ao nível de erro de 5% pelo Teste de Tukey.

Na análise do parâmetro firmeza, o ensaio 7 foi o que apresentou maior valor (12,39 N), diferindo significativamente dos demais ensaios. Os ensaios 5 (7,94 N) e 6 (7,55 N) não diferiram significativamente entre si, mas diferiram do ensaio 1 que apresentou valor superior a estes (10,58 N). Entretanto, o ensaio 6 e o controle não apresentaram diferença significativa entre si, com valores de firmeza de (7,55 N) e (6,91 N), respectivamente. Para o parâmetro fraturabilidade, os ensaios 5, 6 e 7 não diferiram significativamente entre si, mas diferiram do ensaio 1 que apresentou valor superior a estes (1,89 mm) e não diferiu estatisticamente do ensaio controle que apresentou valores superiores à todos os ensaios (2,09 mm) demonstrando menor crocância.

Tabela 30. Valores médios das respostas L*, a*, b* e ΔE*

Ensaios	L*	a*	b*	ΔE*
1	63,64 ± 1,66 ^{b}	7,31 ± 0,96 ^{a}	29,57 ± 0,72 ^{b}	3,39 ± 1,66 ^{a}
5	64,59 ± 1,48 ^{b}	6,36 ± 0,92 ^{b}	28,55 ± 0,81 ^{c}	2,47 ± 1,32^{a}
6	66,86 ± 0,87 ^{a}	5,17 ± 0,74 ^{c}	28,61 ± 0,92 ^{c}	1,43 ± 0,95 ^{bc}
7	64,98 ± 1,40 ^{b}	7,86 ± 1,02 ^{a}	31,72 ± 0,75 ^{a}	3,33 ± 1,44 ^{ab}
Controle	66,88 ± 1,64 ^{a}	6,32 ± 0,96 ^{b}	29,46 ± 0,97 ^{b}	

Resultados expressos como média ± desvio-padrão. Em cada coluna, valores seguidos de letras iguais não diferem estatisticamente entre si ao nível de erro de 5% pelo Teste de Tukey.

Na análise das respostas para a cor instrumental, de acordo com o parâmetro diferença de cor ΔE*, os ensaios 5 e 6 foram os que apresentaram menor valor (menor diferença de cor) em relação ao ensaio controle nos parâmetros L*, a* e b*. De uma maneira geral, os parâmetros da cor apresentaram valores que não restringem a qualidade e aceitação dos biscoitos *cracker*.

5.6.5. Análise Sensorial dos ensaios selecionados

5.6.5.1. Caracterização do grupo de consumidores

Dos 70 consumidores recrutados, havia 52 mulheres e 18 homens. As características do grupo quanto à faixa etária, classe social, marcas consumidas e freqüência de consumo de biscoitos *cream cracker* são apresentadas na Figura 10.

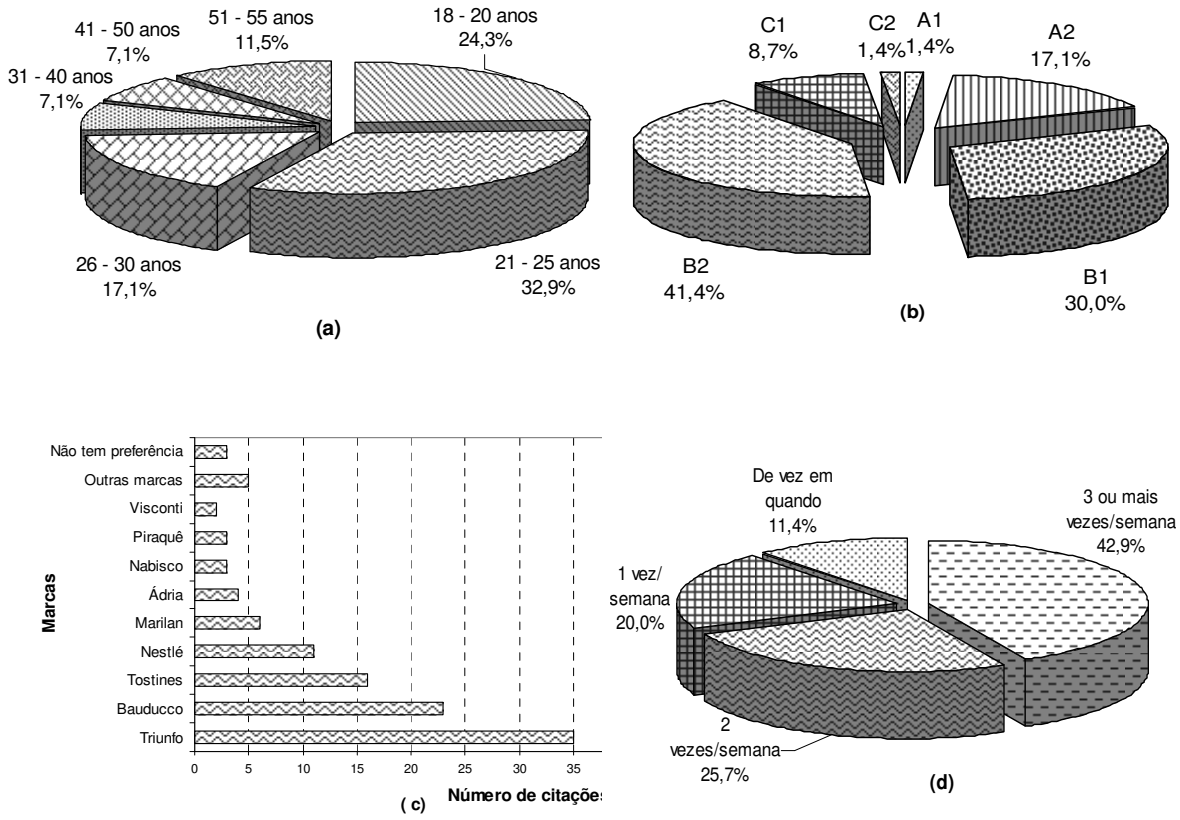


Figura 10. Faixa etária (a), classe social (b), marcas (c) e freqüência de consumo de biscoitos cream cracker (d) citados pelo grupo de consumidores que avaliou as amostras

O perfil dos consumidores participantes da análise sensorial dos biscoitos cracker foi bastante adequado para o estudo em questão. Pode-se verificar que eles tinham idades bem distintas, com maior concentração entre 18 e 30 anos (74,3%). Todos são consumidores de biscoitos cream cracker, a grande maioria (68,6%) deles consome biscoitos cream cracker duas vezes por semana ou mais.

5.6.5.2. Teste de aceitabilidade e intenção de compra

Os resultados médios obtidos nos testes de aceitabilidade para as amostras 1, 5, 6, 7 e controle são mostrados na Tabela 31. Na Tabela 32, são apresentadas as porcentagens de aceitação, indiferença e rejeição, associadas às amostras por meio das escalas hedônicas utilizadas, correspondentes às porcentagens de valores da escala de 9 a 6 (acima do ponto médio), 5 (ponto médio) e de 4 a 1 (abaixo do ponto médio), respectivamente, atribuídos pelos consumidores consultados, bem como as porcentagens de intenção positiva de compra (valores 5 e 4 da escala), incerteza (valor 3) e intenção negativa de compra (valores 2 e 1 da escala). Os gostos e desgostos descritos pelos consumidores são apresentados nas Tabelas 33 e 34.

Nas Figuras 11 a 13, são apresentadas as distribuições em freqüência dos valores das escalas atribuídos pelo grupo de consumidores aos produtos quanto à aceitabilidade dos atributos avaliados e quanto à intenção de compra.

Na avaliação da aceitabilidade da aparência, a amostra do ensaio 7, com média correspondente a “gostei” não diferiu significativamente ($p < 0,05$) da amostra controle e nem das amostras dos ensaios 1 e 5, que obtiveram médias situadas entre “gostei” e “gostei pouco” e não diferiram entre si ($p < 0,05$). A amostra do ensaio 6, com média correspondente a “gostei pouco”, não diferiu significativamente do ensaio 5.

Na avaliação do aroma, sabor e produto de modo global, a amostra do ensaio 1, com média próxima de “gostei”, não diferiu da amostra controle e nem dos ensaios 5 e 7, que obtiveram médias situadas entre “gostei” e “gostei pouco”. A amostra do ensaio 6 foi a menos aceita, tendo obtido média correspondente a “gostei pouco” para o aroma e entre “gostei pouco” e “não gostei nem desgostei” para o sabor e produto de modo global.

Com médias situadas entre “gostei” e “gostei pouco”, não houve diferença significativa ($p< 0,05$) entre as amostras dos ensaios 1, 5, 7 e controle quanto aos

atributos de textura avaliados (dureza na primeira mordida e crocância). A amostra do ensaio 6 obteve médias entre “gostei pouco” e “não gostei nem desgostei” e diferiu significativamente das demais.

Quanto à intenção de compra, as amostras dos ensaios 1, 5, 7 e controle, com médias próximas de “talvez comprasse, talvez não comprasse” também não diferiram significativamente entre si e diferiram da amostra 6, que apresentou média próxima de “provavelmente não compraria”.

Além do controle, a amostra nas condições do ensaio 1 foi a que apresentou as maiores freqüências de aceitação (superiores a 80% para todos os atributos avaliados). A amostra 6 foi a que apresentou as maiores freqüências de rejeição para todos os atributos avaliados, sendo superior a 20% para aparência, dureza na primeira mordida, crocância, sabor e produto de modo global, com intenção negativa de compra de 60%.

Quanto aos gostos e desgostos descritos pelos consumidores (Tabelas 33 e 34), verifica-se que a amostra do ensaio 6 obteve uma frequência de menções negativas superior às demais amostras, em especial, no que se refere ao sabor e textura.

Tabela 31. Valores médios das respostas da análise de aceitabilidade e intenção de compra das amostras de biscoito *cracker*

Aceitabilidade	**Amostras**					**D.M.S.**
	Controle	**1**	**5**	**6**	**7**	
Aparência	7,3 ± 0,9 [a]	6,7 ± 1,3 [b]	6,4 ± 1,5 [bc]	6,0 ± 1,8 [c]	6,9 ± 1,2 [ab]	0,56
Aroma	7,2 ± 0,9 [a]	7,0 ± 0,9 [ab]	6,7 ± 1,3 [b]	6,2 ± 1,5 [c]	6,8 ± 1,0 [b]	0,38
Dureza na 1ª mordida	6,7 ± 1,4 [a]	6,5 ± 1,5 [a]	6,2 ± 1,8 [a]	5,2 ± 1,8 [b]	6,1 ± 1,8 [a]	0,63
Crocância	6,2 ± 1,6 [a]	6,7 ± 1,4 [a]	6,6 ± 1,5 [a]	5,5 ± 1,9 [b]	6,5 ± 1,5 [a]	0,59
Sabor	7,1 ± 1,2 [a]	6,8 ± 1,1 [ab]	6,4 ± 1,7 [b]	5,5 ± 1,9 [c]	6,4 ± 1,6 [b]	0,60
Produto de modo global	7,0 ± 1,1 [a]	6,7 ± 1,2 [ab]	6,3 ± 1,6 [b]	5,3 ± 1,9 [c]	6,2 ± 1,7 [b]	0,56
Intenção de compra	3,5 ± 1,1 [a]	3,3 ± 1,0 [a]	3,2 ± 1,2 [a]	2,3 ± 1,2 [b]	3,1 ± 1,3 [a]	0,45

Resultados expressos como média ± desvio-padrão. D.M.S.: diferença mínima significativa ao nível de erro de 5% pelo Teste de Tukey. Em cada linha, valores seguidos de letras iguais não diferem estatisticamente entre si ao nível de erro de 5%.

Tabela 32. Frequências de aceitação, indiferença e rejeição à aparência, aroma, dureza na primeira mordida, crocância, sabor e produto de modo global e freqüências de intenção positiva de compra, incerteza e intenção negativa de compra das amostras de biscoito *cracker*

Aceitabilidade / Intenção de compra		**Amostras**				
		Controle	**1**	**5**	**6**	**7**
Aparência	Aceitação (%)	**98,6**	**88,6**	78,6	67,2	**92,9**
	Indiferença (%)	1,4	1,4	2,9	11,4	2,9
	Rejeição (%)	0,0	10,0	18,5	**21,4**	4,2
Aroma	Aceitação (%)	**97,2**	**90,1**	**84,3**	74,3	**85,8**
	Indiferença (%)	2,9	8,6	10,0	8,6	11,4
	Rejeição (%)	0,0	1,4	5,7	17,1	2,9
Dureza na primeira mordida	Aceitação (%)	**82,9**	**88,6**	78,5	54,3	77,1
	Indiferença (%)	10,0	2,9	2,9	4,3	2,9
	Rejeição (%)	7,2	8,5	18,6	**41,4**	20,0
Crocância	Aceitação (%)	74,3	**85,7**	**87,1**	62,8	**84,2**
	Indiferença (%)	4,3	5,7	1,4	5,7	4,3
	Rejeição (%)	21,4	8,6	11,5	**31,4**	11,5
Sabor	Aceitação (%)	**95,7**	**91,5**	77,1	61,5	**80,0**
	Indiferença (%)	0,0	4,3	7,1	11,4	10,0
	Rejeição (%)	4,2	4,3	15,6	**27,1**	10,1
Produto de modo Global	Aceitação (%)	**95,7**	**88,6**	**82,8**	60,0	78,6
	Indiferença (%)	1,4	4,3	1,4	7,1	2,9
	Rejeição (%)	2,8	7,1	15,7	**32,8**	18,6
Intenção De Compra	Positiva (%)	50,0	42,8	50,0	20,0	38,5
	Incerteza (%)	30,0	34,3	21,4	20,0	21,4
	Negativa (%)	20,0	22,8	28,6	**60,0**	**40,0**

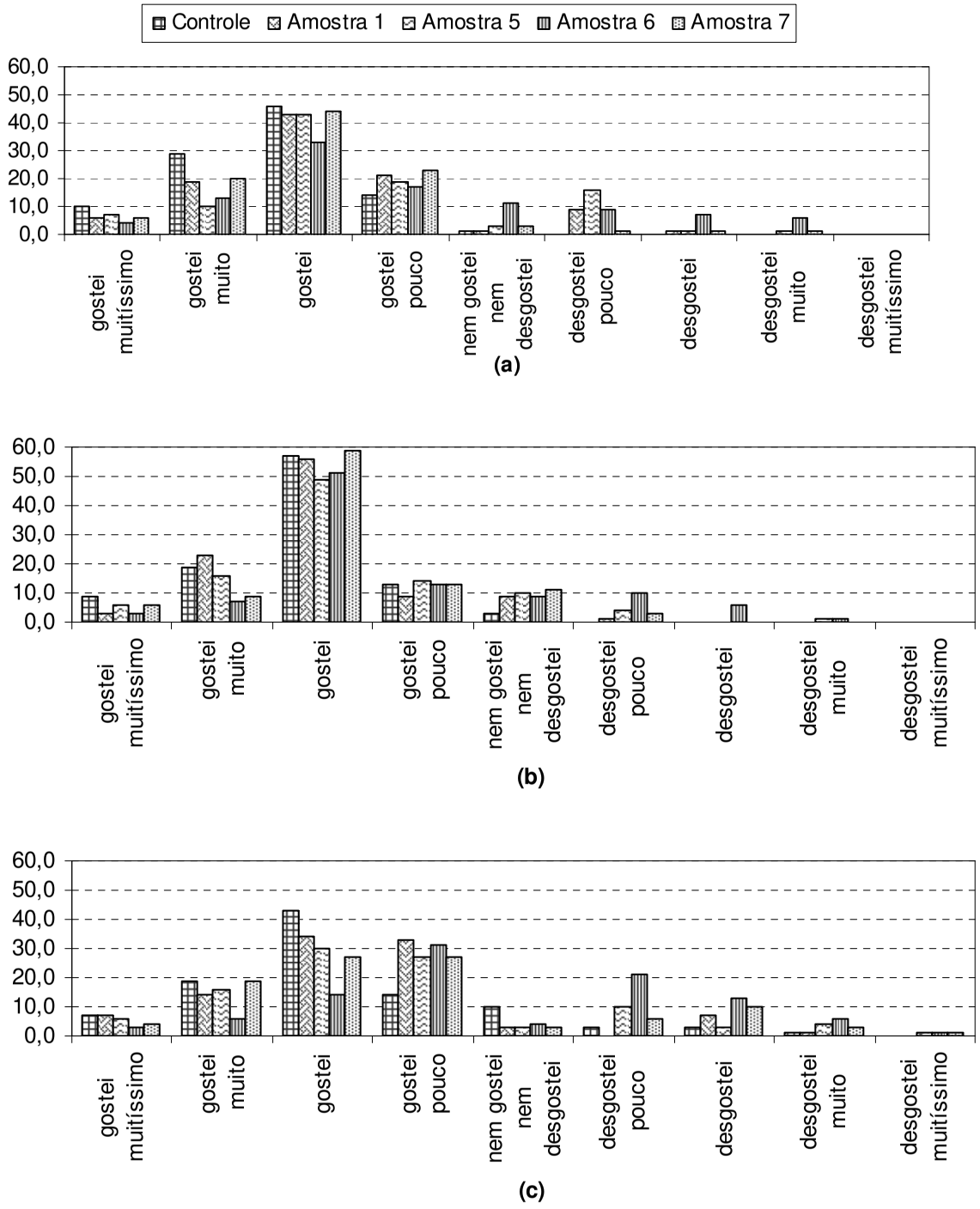


Figura 11. Distribuição em freqüência dos valores da escala atribuídos para a aceitabilidade da aparência (a), do aroma (b) e da dureza na primeira mordida (c) para as amostras de biscoitos *cracker*

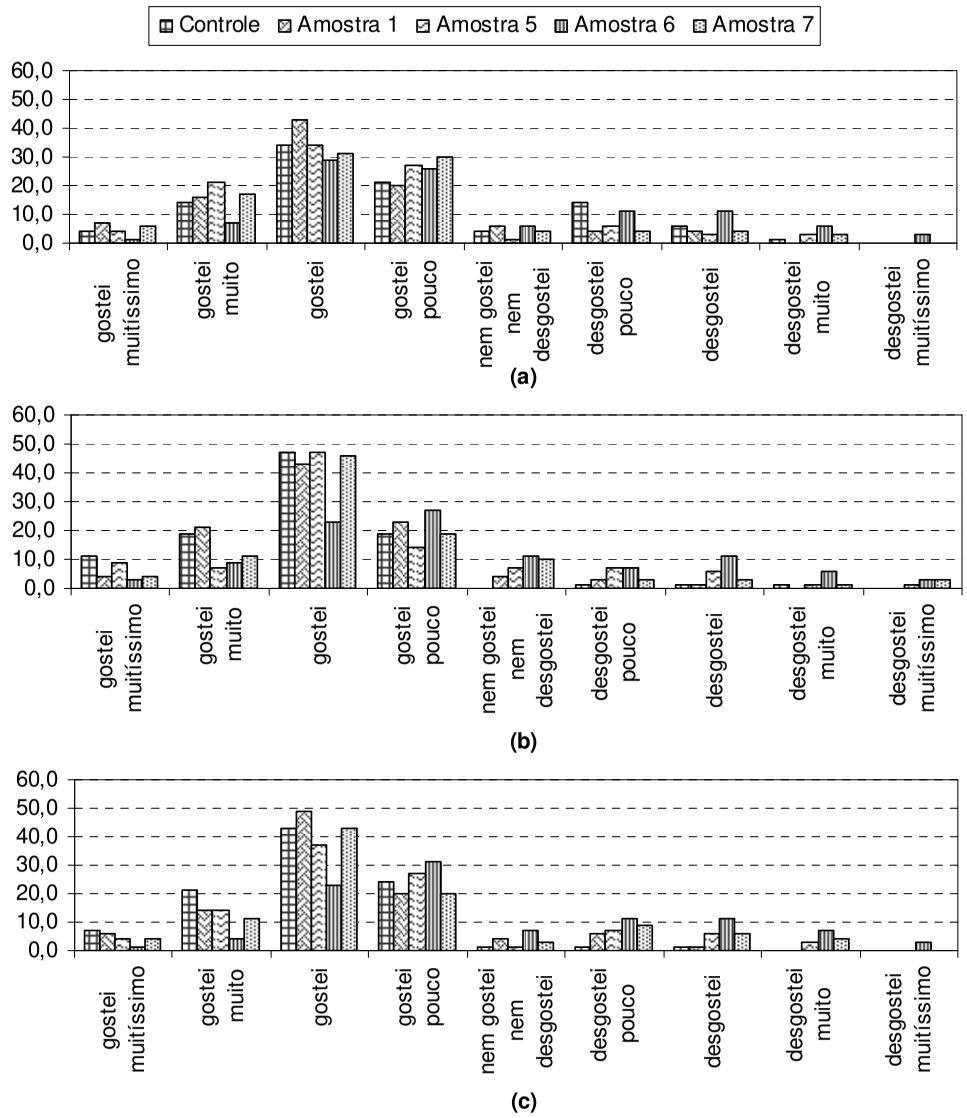


Figura 12. Distribuição em freqüência dos valores da escala atribuídos para a aceitabilidade da crocância (a), do sabor (b) e do produto de modo global (c) para as amostras de biscoitos *cracker*

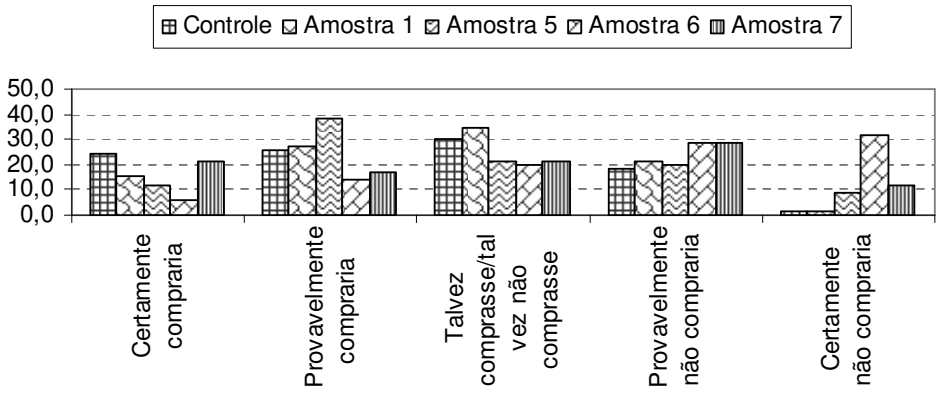


Figura 13. Distribuição em freqüência dos valores da escala atribuídos para a intenção de compra das amostras de biscoito *cracker*

Tabela 33. Gostos descritos pelo grupo de consumidores que avaliou as amostras de biscoito *cracker* (números indicam a freqüência com que foram citados)

Gostos	**Amostras**				
	Controle	**1**	**5**	**6**	**7**
Aparência	19	14	8	16	19
Cor	5	2	2	3	1
Total de menções positivas sobre a aparência	**24**	**16**	**10**	**19**	**20**
Total de menções positivas sobre o aroma	**6**	**10**	**5**	**9**	**4**
Total de menções positivas sobre o sabor	**33**	**27**	**28**	**15**	**27**
Textura	9	3	4	0	4
Crocância	17	28	30	14	26
Total de menções positivas sobre a textura	**26**	**31**	**34**	**14**	**30**
Gostou de tudo	**1**	**1**	**3**	**1**	**1**
Total de menções positivas	**90**	**85**	**80**	**58**	**82**
Nada, Não gostou	**1**	**3**	**1**	**13**	**4**

Tabela 34. Desgostos descritos pelo grupo de consumidores que avaliou as amostras de biscoito *cracker* (números indicam a freqüência com que foram citados)

Desgostos	**Amostras**				
	Controle	**1**	**5**	**6**	**7**
Aparência	7	10	16	7	5
Cor	3	7	3	4	5
Total de menções negativas sobre a aparência	**10**	**17**	**19**	**11**	**10**
Total de menções negativas sobre o aroma	**5**	**4**	**5**	**5**	**3**
Total de menções negativas sobre o sabor	**9**	**14**	**16**	**27**	**16**
Textura	9	18	15	33	27
Crocância	28	15	9	17	10
Total de menções negativas sobre a textura	**37**	**33**	**24**	**50**	**37**
Total de menções negativas	**61**	**68**	**64**	**93**	**66**

Na Figura 14, são apresentados os biscoitos controle e os referentes aos ensaios 1, 5, 6 e 7.

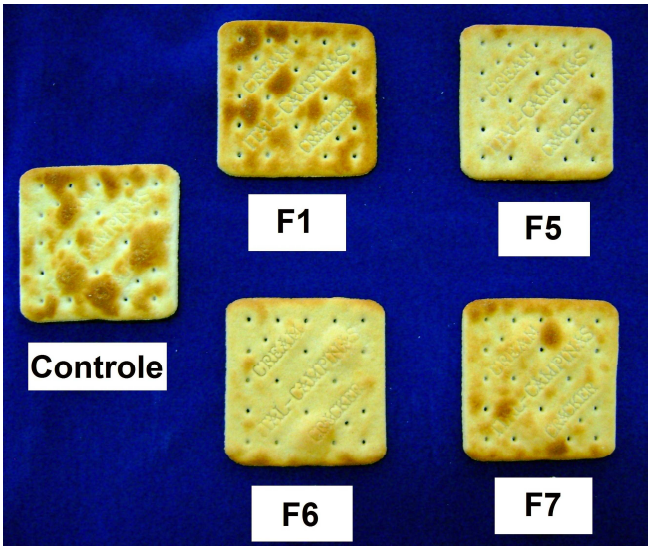


Figura 14. Biscoitos selecionados para a validação dos modelos matemáticos obtidos

6. CONCLUSÕES

Na produção dos biscoitos salgados tipo *cracker*, seguindo-se o delineamento experimental utilizado, as variáveis isolado protéico de soja (IPS) e fibra de soja (FS) possibilitaram tecnologicamente a obtenção de biscoitos salgados tipo *cracker*, e os parâmetros *firmeza* e *fraturabilidade* foram os que apresentaram modelos matemáticos. No entanto, essas variáveis (IPS e FS) apresentaram algum efeito significativo ($p<0,10$) para a maioria das respostas avaliadas, como *volume específico, atividade de água*, *cor instrumental e aceitabilidade sensorial*, exercendo influência sobre estes parâmetros. Porém, para alguns ensaios, a influência da IPS e FS não comprometeu a qualidade e aceitação dos biscoitos.

Do ponto de vista tecnológico, com base nas melhores respostas de aceitação sensorial e textura instrumental (firmeza e fraturabilidade), foram selecionados 4 tratamentos, a partir do delineamento experimental, os tratamentos com 6,46% IPS e 3,88% FS (Formulação 1), com 5,0% IPS e 6,0% FS (Formulação 5), com 15,0% IPS e 6,0% FS (Formulação 6) e com 10,0% IPS e 3,0% FS (Formulação 7).

Para essas quatro formulações selecionadas do delineamento experimental, os valores de *índice de expansão, volume específico* e *atividade de água* estão próximos e dentro de uma faixa aceitável para produção dos biscoitos. Apesar da incorporação de IPS e FS contribuir para o escurecimento dos biscoitos os *parâmetros da cor* apresentaram valores que não restringem a qualidade e aceitação dos biscoitos *cracker*.

Observa-se que a adição de IPS e FS aumentou a *fraturabilidade* instrumental dos biscoitos. Ou seja, os biscoitos suplementados com os derivados da soja (IPS e FS) apresentaram maior crocância.

A análise sensorial mostrou que os biscoitos produzidos com o isolado protéico de soja e a fibra de soja apresentaram boa aceitação entre os

consumidores para as formulações 1 (6,46% IPS e 3,88% FS), 5 (5,0% IPS e 6,0% FS) e 7 (10,0% IPS e 3,0% FS).

De um modo geral, considerando-se todos os parâmetros tecnológicos avaliados, a formulação 1 (6,46% IPS e 3,88% FS) foi considerada adequada tecnologicamente e sensorialmente aceitável. Como segunda opção, ficaram as formulações 5 e 7, na porcentagem de substituição pelos derivados da soja de 11% e 13%, respectivamente, com bom desempenho tecnológico e com nível de substituição que o consumidor também aprova.

Do ponto de vista nutricional, para as quatro formulações selecionadas do delineamento, a incorporação de isolado protéico de soja e fibra de soja pode proporcionar benefícios à saúde, pois com base nos resultados das análises físico-químicas promoveu uma diminuição nos teores de carboidratos e calorias e um aumento nos teores de proteínas e fibras alimentares, nas devidas proporções adicionadas. As formulações 1, 5 e 7 apresentaram teores de fibra alimentar superiores a 3 g/100 g de biscoito, sendo consideradas fontes de fibra pela legislação brasileira, e a formulação 6 apresentou teor de fibra de 7,04 g/ 100 g de biscoito, considerada de alto teor de fibra.

A adição de isolado protéico de soja proporcionou a obtenção de biscoitos com maior teor de aminoácidos e com melhores propriedades nutricionais, uma vez que os aminoácidos da soja são considerados de alto valor biológico, além de consideráveis teores de isoflavonas, principalmente na forma aglicona, conferindo propriedades funcionais aos biscoitos.

De um modo geral, pode-se concluir que o biscoito salgado tipo *cracker*, adicionado de IPS e FS, apresentou características tecnológicas adequadas e boa aceitação junto aos consumidores. Além do incremento no teor protéico e de fibras, a adição de IPS e FS proporcionou a obtenção de biscoitos *cracker* com alto valor agregado e potencialmente funcionais.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AACC. AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. **Approved Methods**, 11th ed., St. Paul: AACC, 2009.

AAFCO. Association of American Feed Control Officials. Disponível em: <http://aafco.org/> Acesso em: 1 nov. 2010.

ABIMA. **Associação Brasileira das Indústrias de Massas Alimentícias**. Disponível em: <http://www.abima.com.br>. Acesso em: 5 nov. 2010.

ABIOVE. **Associação Brasileira das Industrias de Óleos Vegetais**. Alimentos funcionais e nutracêuticos: definições, legislação e benefícios à saúde. Produção Responsável no Agronegócio Soja [abr. 2007]. Disponível em: <http://www.abiove.com.br/palestras/sustenta_agronegocio_soja_br.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2010.

ABITRIGO. **Associação Brasileira da Indústria de Trigo**. Disponível em: <http://www.abitrigo.com.br>. Acesso em: 8 nov. 2010.

AMARAL, V.M.G., **A Importância da Soja Como Alimento Funcional para a Qualidade de Vida e Saúde**. 2006. 69 p. Trabalho de Mestrado Profissional – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

ANIB. **Associação Nacional das Indústrias de Biscoito**. Disponível em: <http://www.anib.com.br/releases_integra.asp?id=2> Acesso em: 21 out. 2010.

BADRIE, N.; MELLOWES, W.A. Effect of extrusion variables on cassava extrudates. **Journal of Food Science**, v. 5, n. 5, 1334-1337, 1991.

BARBOSA, A.C.L.; HASSIMOTTO, N.M.A.; LAJOLO, F.M.; GENOVESE M.I. Teores de isoflavonas e capacidade antioxidante da soja e produtos derivados. **Ciência & Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 4, 921-926, 2006.

BARNES, S.; KIM, H.; XU, J. Soy in the prevention and treatment of chronic diseases. In: **Congresso Brasileiro de Soja**. Foz do Iguaçu: Anais. Londrina: Embrapa, p.295-308, 2002.

BERGMAN, A.C.M. Soja: o que mostram as evidências. **Qualidade em Alimentação e Nutrição**, n. 12, 2002.

BERHOW, M.A. Modern analytical techniques for flavonoid determination. In: BUSLIG, B.S.; MANTHEY, J.A. (Ed.). **Flavonoids in the living cell**. New York: Klusher Academic, p. 61-76, 2002.

BOBBIO, F.O. **Introdução a química dos alimentos**. 3ª Ed. São Paulo: Varela, 2003, 238 p.

BOCCHINI, D.A. Application of thermostable xylanase from bacillus licheniformis 77-2 to the eucalyptus Kraft pulp. **World Journal of Microbiology & Biotechnology**, v. 19, 139-144, 2003.

BOOKWALTER, G.N. et al. Fortification of dry soybean: based foods with DL-methionine. **Journal of Food Science,** v. 40, n. 2, 266-270, 1975.

BRASIL. **Agência Nacional de Vigilância Sanitária**. Alimentos com Alegações de Propriedades Funcionais e ou de Saúde, Novos Alimentos/Ingredientes, Substâncias Bioativas e Probióticos: IX - Lista de alegações de propriedade funcional aprovadas, 2005a. Disponível em: <www.anvisa.gov.br/alimentos/comissoes/tecno_lista_alega.htm>. Acesso em: 11 fev. 2009.

BRASIL. **Agência Nacional de Vigilância Sanitária**. Resolução CNNPA nº 38 de 12 de Outubro de 1977. Aprova como coadjuvantes da tecnologia de fabricação as substâncias constantes dos anexos I, II, III e IV, destinadas ao fabrico de produtos forneados, tais como: pão, broa, biscoito, bolacha, bolo, torta e demais produtos afins de confeitaria. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/38_77.htm>. Acesso em: 18 nov. 2010.

BRASIL. **Agência Nacional de Vigilância Sanitária**. Portaria nº 27, de 13 de Janeiro de 1998. Aprova o Regulamento Técnico referente à Informação Nutricional Complementar (declarações relacionadas ao conteúdo de nutrientes). Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br>. Acesso: em 11 jan. 2007.

BRASIL. **Agência Nacional de Vigilância Sanitária**. Resolução RDC nº 18, de 30 de abril de 1999. Aprova o Regulamento Técnico que Estabelece as Diretrizes Básicas para Análise e Comprovação de Propriedades Funcionais e ou de Saúde Alegadas em Rotulagem de Alimentos. Disponível em: < http://www.anvisa.gov.br.>. Acesso em: 1 nov. 2010.

BRASIL. **Agência Nacional de Vigilância Sanitária**. Resolução RDC nº 263, de 22 de Setembro de 2005b. Aprova o Regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br>. Acesso em: 23 out. 2009.

BRASIL. **Agência Nacional de Vigilância Sanitária**. Resolução RDC nº 268, de 22 de setembro de 2005c. Estabelece o Padrão de Identidade e Qualidade para Farinha Desengordurada de Soja, Proteína Texturizada de Soja, Proteína Concentrada de Soja, Proteína Isolada de Soja e Extrato de Soja. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/268_05.htm>. Acesso em: 9 nov. 2010.

BRASIL. **Agência Nacional de Vigilância Sanitária**. Resolução RDC nº 269 de 22 de setembro de 2005d. Aprova o regulamento técnico sobre a ingestão diária recomendada (IDR) de proteína, vitaminas e sais minerais. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/269_05.htm>. Acesso em: 9 nov. 2010.

BRAZILIAN BISCUIT. Disponível em: <http://www.brazilianbiscuit.com.br>. Acesso em: 5 nov. 2010.

BRUNO, M.E.C. **Utilização de proteases de origem bacteriana e fúngica na produção de biscoitos semidoces duros.** 1989. 123 p. Dissertação (Mestre em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1989.

BUENO, R.O.G. **Características de Qualidade de Biscoitos e Barras de Cereais Ricos em Fibra Alimentar a partir de Farinha de Semente de Polpa de Nêspera**. 2005. 118 p. Dissertação (Mestre em Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2005.

CAMARGO, C.R.O. **Enriquecimento protéico do Pão de Farinha Desengordurada de Soja: Efeito nas Propriedades Reológicas da Massa e na Qualidade do Pão**. 1977. 147 p. Dissertação (Mestre em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1977.

CARRÃO-PANIZZI, M.C.; BELÉIA, A.P.; KITAMURA, K.; OLIVEIRA, M.C.N. Effects of genetics and enviroment on isoflavone content of soybean from different regions of Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 10, 1999.

CARRÃO-PANIZZI, M.C.; MANDARINO, J.M.G. Soja: potencial de uso na dieta brasileira. **Embrapa-CNPSo**, Documento 113. Londrina, 1998.

CAUVAIN, S.; YOUNG, L. **Technology of breadmaking**. 2nd Ed. New York: Springer, 2007.

CÉSPEDES, M.A.L. **Otimização do processo de extrusão da polpa de laranja : modificação das propriedades funcionais e sua aplicação como fonte de fibra alimentar,** 1999. 163p. Tese (Doutor em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999.

CHEFTEL, J.C.; CUQ, J.L.; LORIENT, D. **Proteínas Alimentarias – Bioquimica, propriedades funcionales, valor nutricional, modificaciones químicas**. Editorial Acribia S. A., Zaragoza, Espanha, 1989, 346 p.

CHEN, H. RUBENTHALER, G.L.; LEUNG, H.K.; BARANOWSKI, J.D. Chemical, physical and baking properties of apple fiber compared with wheat and oat bran. **Cereal Chemistry**, v. 65, n. 3, 244-247, 1988.

COLUGNATI, P.G.; NETTO, F.M.; JARDIM, D.C.P. Dispersibilidade de produtos instantaneizados à base de proteína isolada de soja e soro de leite. In: XVIII Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2002, Porto Alegre-RS. **Anais do XVIII Congresso de Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 1. p. 3068-3072, 2002.

CONAB. **Companhia Nacional de Abastecimento**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acesso em: 7 dez. 2010.

COWARD, L.; SMITH, M.; KIRK, M.; BARNES, S. Chemical modification of isoflavones in soy foods during cooking and processing. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 68, 1486s-1491s, 1998.

CREIGHTON, D.W.; HOSENEY, R.C. Use of a kramer shear cell to measure c*racker* dough properties. **Cereal Chemistry**, v. 67, n. 2, 107-111, 1990.

DELCOUR, J.A.; HOSENEY, R.C. **Principles of cereal science and technology**. St. Paul, Minnesota. AACC International, Inc., 3rd ed, 2010.

DEMONTY, I.; LAMARCHE, B.; DESHAIRES, Y.; JACQUES, H. Role of isoflavones in the hypotriglyceridemic effects of soy protein in the rat. **Journal of Nutritional Biochemistry**, n. 13, 671-67, 2002.

DHINGRA, S.; JOOD, S. Organoleptic and nutritional evaluation of wheat breads supplemented with soybean and barley flour. **Food Chemistry**, v. 77, n. 4, 479-488, 2002.

DINIZ, A.C.P. **Geleificação a Frio de Isolados Proteicos de Soja**, 2007. 122 p. Dissertação (Mestre em Ciência dos Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

DOESCHER, L.C.; HOSENEY, R.C. Saltine crackers changes in cracker sponge rheology and modification of a cracker-baking procedure. **Cereal Chemistry**, v. 62, n. 3, 158-162, 1985.

EL-DASH, A.; CABRAL, L.C.; GERMANI, R. Uso de farinha mista de trigo e soja na produção de pães. In: EMBRAPA**. Coleção Tecnologia de Farinhas Mistas**. Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, v. 3, 1994.

EL-DASH, A.A; CAMARGO, C.O.; DIAZ, N.A.M. **Fundamentos da Tecnologia de Panificação**. São Paulo: Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia, p.80 - 84,1982.

ELDRIDGE, A.C.; KWOLEK, W.F. Soybean isoflavones: effects os enviroment and variety on composition. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 31, n. 2, 394-396, 1983.

EMBRAPA. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.** Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br>. Acesso em: 5 nov. 2010.

ESTEVES, E.A.; MONTEIRO, J.B.R. Efeitos benéficos das isoflavonas de soja em doenças crônicas. **Revista de Nutrição**, v. 14, n. 1, p. 43-52, 2001.

EUFRÁSIO, M.R. Efeito de diferentes tipos de fibras sobre frações lipídicas do sangue e fígado de ratos wistar. **Ciência & Agrotecnologia,** v. 33, n. 6, 2009.

FAO. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. **FAOSTAT**. Disponível em: <http://faostat.fao.org/>. Acesso em: 19 nov. 2010.

FDA. **Food and Drug Administration**. Food labeling: health claims; Soy protein and coronary heart disease. Federal Register; 64: 57699-733. October, 1999.

FERRARI, R.A.; DEMIATE, I.M. Isoflavonas de soja - Uma breve revisão, UEPG Publication: **Biological and Health Sciences**, v. 7, n. 1, 39-46, 2001.

FIELDS; M.L.; VARRIANO-MARSTON. Microbiology of *cracker* sponge fermentation. **Cereal Chemistry**. v. 59, n. 1, 23-26, 1982.

FIETZ, V.; SALGADO, J.M. Efeito da pectina e da celulose nos níveis séricos de colesterol e triglicerídeos em ratos hiperlipidêmicos. **Ciência & Tecnologia de Alimentos**, v. 19, 318-321, 1999.

FIRESTONE, D. *(Ed.).* **Official method and recommended pratices of the American Oil Chemist´s Society**. AOCS, 5th Edition, 2nd Printing. Official Method Bc 2-49, Champaign, Illinois, 2005-2006.

FREITAS, S.M. de; BARBOSA, M.Z.; FRANCA, T.J.F. Cadeia de produção de soja no Brasil: o caso do óleo. **Informações Econômicas**, v. 30, n. 12, 30-40, 2000.

FREITAS, D.G.C. **Desenvolvimento e Estudo da Estabilidade de Barras de Cereais de Elevado Teor Protéico e Vitamínico.** 2005. 161 p. Dissertação (Doutor em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

FRIEDMAN, M.; BRANDON, D.L. Nutritional and health benefits of soy proteins. Journal of **Agricultural and Food Chemistry**, v. 49, n. 3, 1069-1086, 2001.

GERBRAS. **Aminoácidos.** Disponível em: <www.gerbras.com.br/acervo/amino_principais.asp>. Acesso em: 13 jul. 2007.

GORDON, D.T.; KUBOMURA, K. Beverages as delivery systems for nutraceuticals. In: FOSTER, T.; PURNENDU, V.C. **Beverage Quality and Safety**, cap. 3, 15-59, 2003.

GOUVEIA, F. Indústria de alimentos: no caminho da inovação e de novos produtos. **Inovação Uniemp,** v. 2, n. 5, 2006.

HAGEN, S.R.; FROST, B.; AUGUSTIN, J. Pré-column Phenylisothiocyanate Derivatization and Liquid-Chromatography of Aminoacids in Food. **Journal of the Association of Official Analytical Chemists** v. 72, n. 6, 912-916, 1989.

HAMED-FARIDI. Shot-time saltine cracker. **Bakers Digest**. v. 54, n. 1, 32-35, 1980.

HERNÁNDEZ, T.; HERNÁNDEZ, A.; MARTÍNEZ, C. Fibra Alimentaria. Concepto, propriedades y metodos de analisis. **Alimentaria,** v. 261, 19-30, 1995.

HETTIARACHCHY, N; KALAPATHY, U. Soybean Protein Products. In: LIU K. **Soybeans: Chemistry, Technology, and Utilization**, New York: Chapman & Hall, Cap.8, 378-411, 1997.

HILL, J.E.; BREIDENBACH, R.W. Proteins of soybean seeds. II. Accumulation of the major protein components during seed development and maturation. **Plant Physiology**, v. 53, 747-751, 1974.

HOJJAT, P. ZABIK, M.E. Sugar-snap cookies prepared with wheat-navy bean-sesame seeds flour blends. **Cereal Chemistry**. v. 61, n. 1, 41-44, 1984.

HOLMES, J.T.; HOSENEY, R.C. Chemical leavening: effect of *pH* and certain ions on breadmaking properties. **Cereal Chemistry**. v. 64, n. 4, p.343-348, 1987.

HORWITZ, W. (Ed.) **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists – AOAC International** 18th ed. Gaithersburg, Maryland: AOAC, 2005. Current through Revision 1, 2006.

HOSENEY, R.C. **Principles of Cereal Science and Technology**. St. Paul, Minessota: American Association of Cereal Chemists, Inc., 2nd Edition, 1998, 273p.

HOSENEY, R.C. **Principles of cereal science and tecnology**, Zaragoza: Editorial Acribia, S.A, 1991, 321p.

HOSENEY, R.C.; ROGERS, D.E. The formation and properties of wheat flour doughs. **Food Science and Nutrition**, v. 26, n. 2, 73-93, 1990.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=1512&id_pagina=1>. Acesso em: 1 nov. 2010.

IZUMI, T.; OSAWA, S.; OBATA, A.; TOBE, K.; SAITO, M. Soy isoflavone aglycones are absorbed faster and in high amounts than their glucosides in humans. **Journal of Nutrition**, v. 130, n. 6, 1695-1699, 2000.

JELTEMA, M.A.; ZABIK, M.E.; THIEL, L.J. Prediction of cookie quality from dietary fiber components. **Cereal Chemistry**., v. 60, n. 3, 227-230, 1983.

KAJISHIMA, S.; PUMAR, M.; GERMANI, R. Elaboração de pão francês com farinha enriquecida de sulfato de cálcio. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, v. 19, n. 10, 2001.

KALIL, A. **Manual Básico de Nutrição**. São Paulo: Instituto de Saúde, 1975.

KAWAKAMI, Y.; TSURUGASAKI, W.; NAKAMURA, S.; OSADA, K. Comparison of regulate functions between dietary soy isoflavones aglycone and glucoside on lipid metabolism in rats fed cholesterol. **Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 16, n. 4, 205-212, 2005.

KOKELAAR, J. J.; GARRITSEN, J. A.; PRINS, A. Surface rheological properties of sodium stearoyl-2-lactylate (SSL) and diacetyl tartaric esters of mono (and di) glyceride (DATEM) surfactants ater a mechanical surface treatment in relation to their bread improving abilities. **Colloids and Surfaces: Physicochemical and Engineering Aspects**. Amsterdam, v. 95, n. 1, 69-77, 1995.

KURZER, M. Hormonal effects of soy in premenopausal women and men. **The Journal of Nutrition**, v. 132, 570-573, 2002.

LAJOIE, M.S.; THOMAS, M.C. Sodium bicarbonate particle size and neutralization in sponge-dough systems. **Cereal Foods World**. v. 39, n. 9, 684-687, 1994.

LAJOLO, F.M; SAURA-CALIXTO, F. **Obtención, caracterización, efecto fisiológico y aplicacion em alimentos**. Fibra Dietética em Iberoamérica: Tecnologia y salúd. Varela Editora e Livraria Ltda, São Paulo, 2001, 469p.

LIMA, M.S. **Estratégias de comunicação e desenvolvimento de produtos lácteos funcionais: estudos de caso em pequenas e médias agroindústrias na região sul do Brasil**, 2007. 146 p. Dissertação (Mestre em Agronegócios) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

LIMA, D.P. **Estudo comparativo do efeito da adição de proteases fúngica e bacteriana nas características reológicas da massa e na qualidade do**

biscoito tipo cracker, 1998. 85 p. Tese (Doutor em Engenharia de Alimentos), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1998.

LINDE, G.A.; MACHADO, R.P. Fibra de soja: Benefícios a saúde e aplicações. **Food Ingredients**, n. 11, 25-26, 2001.

LIU, G.; XIONG, Y.L; BUTTERFIELD, D. Chemical, Physical and Gel-forming Properties of Oxidized Myofibrils and Whey- and Soy-protein Isolates. **Food Chemistry and Toxicology.** Washington, v. 65, n. 5, 811-818, 2000.

LIU, K. **Soybeans – Chemistry, Technology and Utilization. Aspen Publishers, Inc.** Gaithersburg, Maryland, 1999.

LUI, M.C.Y. **Estudo do balanço de massa e do perfil de isoflavonas no processamento de isolado protéico e concentrados protéicos de soja**, 2004. 146 p. Dissertação (Mestre em Ciência de Alimentos). Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

LUI, M.C.Y.; AGUIAR, C.L.; ALENCAR, S.M.; SCAMPARINI, A.R.P.; PARK, Y.K. Isoflavonas em isolados e concentrados protéicos de soja. **Ciência & Tecnologia de Alimentos**, V. 23, 206-212, 2003.

MAGNONI, D. A importância socioeconômica da soja. **Revista Qualidade em Alimentação e Nutrição**, n. 9, 2001.

MAHAN, L.K.; ESCOTT-STUMP, S. **Alimentos, nutrição e dietoterapia**. 11ª Ed. Editorial Roca, São Paulo, 2005.

MAILHOT, W.C.; PATTON J.C. Criteria of flour quality. In: POMERANZ, Y. **Wheat Chemistry and Technology**. 3. ed. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, v. 2, p. 69-88, 1988.

MANLEY, D. **Biscuit, Cracker and Cookie recipes for the food industry.** Woodhead Publishing Limited, 2001, 172p.

MANLEY, D. **Technology of biscuits, crackers and cookies.** Woodhead Publishing Limited, 3th Edition, Cambridge, England, 2000, 191p.

MANLEY, D. **Biscuit, Cookie and Cracker Manufacturing Manuals – Manual 1 - Ingredients.** Woodhead Publishing Ltd: Dhead Publishing Limited, 1998a, 80p.

MANLEY, D. **Biscuit, Cookie and Cracker Manufacturing Manuals – Manual 2 – Biscuit Dough.** Woodhead Publishing Ltd: Dhead Publishing Limited, 1998b, 65p.

MANLEY, D. **Biscuit, Cookie and Cracker Manufacturing Manuals – Manual 3 - Biscuit Dough Piece Forming.** Woodhead Publishing Ltd: Dhead Publishing Limited, 1998c, 88p.

MANLEY, D. **Biscuit, Cookie and Cracker Manufacturing Manuals – Manual 4 – Baking and cooling of biscuits**. Woodhead Publishing Ltd: Dhead Publishing Limited, 1998d, 81p.

MARQUES, L.M.R. **Efeito da temperatura de extrusão, umidade da matéria-prima, teor de amido e sacarose nas características tecnológicas e nutricionais de produtos extrusados de germe de trigo**, 1992. 192 p. Dissertação (Mestre em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1992.

MASHAYEKH, M.; MAHMOODI, M.R.; ENTEZAR, M.H. Effect of fortification of defeated soy flour on sensory and rheological properties of wheat bread. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 43, n. 9, 1693-1698, 2008.

MATTOS, L.L.; MARTINS I.S. Consumo de fibras alimentares em população adulta**, Revista de Saúde Pública,** v. 34, 50-55, 2000.

MATZ, S.A. **Cookie and Cracker Technology.** The Avi Publishing Company, Inc. Westport, Connecticut, 1968, 320p.

MAZUR, W.M.; DUKE, J.A.; WAHALA, K.; RASKU, S.; ADLERCREUTZ, H. Isoflavonoids and lignans in legumes: nutritional and health aspects in humans. **The Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 9, 193-200, 1988.

McKELLAR, R.C.; MODLER, H.W.; YAGUCHI, M. Bifidobacteria and bifidogenic factor. **The International Journal of Food Science & Technology**, v. 23, 29-41, 1990.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G.V.; CARR, B.T. **Sensory evaluation techniques**, 4th edition, CRC Press, Inc., Boca Raton, FL, 448p., 2006.

MELO, L.L.M.M. **Síntese enzimática dos ésteres de aroma butirato e valerato de citronelila por lipase de *Rhisopus sp***., 2004. 94 p. Dissertação (Mestre em Ciência dos Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

MELO, M.P.; LIMA, D.P., PINHEIRO, P.R. Modelos em programação matemática para o processamento do biscoito tipo *cracker*. **Ciênc. Tecnol. Aliment**., v.24, n.3, p. 363-368, 2004.

MENDES, W.S.; SILVA, I.J.; FONTES, D.O.; RODRIGUES, N.M.; MARINHO, P. C.; SILVA. F.O.; AROUCA, C.L.C. SILVA, F.C.O. Composição química e valor nutritivo da soja crua e submetida a diferentes processamentos térmicos para suínos em crescimento. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 56, n. 2, 207-213, 2004.

MENRAD, K.; Market and marketing of functional food in Europe. **Journal of Food Engineering**, v. 56, 181-188, 2003.

MESSINA, M.; PERSKY, V; SETCHELL, K.D.R.; BARNES, S. Soy intake and cancer risk: a review of in vitro and in vivo data. **Nutrition and Cancer**, v. 21, 113-131, 1994.

MINOLTA. **User Manual: Chroma Meter Modelo CR 410**. New Jersey: Konica Minolta, 2002.

MIRA, G. S.; GRAF, H. Visão retrospectiva em fibras alimentares com ênfase em beta-glucanas no tratamento do diabetes. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences,** v. 45, n. 1, 2009.

MORAES, F.P.; COLLA, L.M. Alimentos funcionais e nutracêuticos: definições, legislação e benefícios à saúde. **Revista Eletrônica de Farmácia**, v. 3, n. 2, 99-112, 2006. Disponível em: <http://www.revistas.ufg.br/index.php/REF/article/viewArticle/2082>. Acesso em: 17 jun. 2007.

MORAES, R.M.A.; JOSÉ I.C.; RAMOS, F.G.; BARROS E.G.; MOREIRA M.A. Caracterização bioquímica de linhagens de soja com alto teor de proteína. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 5, 725-729, 2006.

MORAIS, A.A.C.; SILVA, A.L. **Soja: suas aplicações**. Rio de Janeiro: Editora Médica e Científica, p.259, 1996.

MORTENSEN, A.; KULLING, S.E.; SCHWARTZ, H.; ROWLAND, I.; RUEFER, C.E.; RIMBACH, G.; CASSIDY, A.; MAGEE, P.; MILLAR, J.; HALL, W.L.; BIRKVED, F.K.; SORESEN, I.K.; SONTAG, G. Analytical and compositional aspects of isoflavones in food and their biological effects. **Molecular Nutrition and Food Research**, v. 53, 2009.
Disponível em: <http://www3.interscience.wiley.com/cgi-bin/fulltext/121644804/PDFSTART>. Acesso em: 18 nov. 2010.

MUNRO, I.C.; HARWOOD, M.; HLYWKA, J.J.; STEPHEN, A.M. Soy isoflavones: a safety review. **Nutrition Reviews**, v. 61, n. 1, 1-33, 2003.

MURPHY, P.A.; BARUA, C. HAUCK, C.C. Solvent extraction selection in the determination of isoflavones in soy foods**. Journal of Chomatography**, v. 777, 129-138, 2002.

MYERS, D.J. Industrial Applications for soy protein and potencial for increased utilization. **Cereal Foods World**, v. 38, n. 5, 355-360, 1993.

NELSON, A.L. Higher-fiber Ingredients. **American Association of Cereal Chemists**, St. Paul, Minnesota, 2001.

NETO, J.E. **Efeito do Polissacarídeo da Soja sobre o Aparelho Digestivo: Avaliação da Produção de Hidrogênio e da Permeabilidade Intestinal à Lactulose**, 1992. 74 p. Dissertação (Mestre em Pediatria) – Faculdade de Ciências Médicas, Universidade Estadual de Caminas, Campinas, 1992.

NIMAN, S. Cargill Foods-Salt Products. **Cereal Foods World**, v. 41, n. 9, 729-731, 1996.

OHR, L.M. Fortifying with fiber. **Food Technology**. v. 58, n. 2, 71-75, 2004.

OLIVEIRA, S.P. **Avaliação química e nutricional de fibra de milho e sua aplicação em biscoitos**, 1988. 122 p. Dissertação (Mestre em Ciência de Alimentos). Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP. Campinas, 1988.

PACHECO, M.T.B.; SGARBIERI, V.C. Alimentos funcionais: conceituação e importância na saúde humana. In: **EMBRAPA. I Simpósio Brasileiro sobre benefícios da soja para saúde humana**. Londrina: Embrapa Soja, Out., 2001.

PANORAMA BRASIL. Soja. Disponível em: <http://br.news.yahoo.com/030228/13/atpa.html>. Acesso em: 11 fev. 2009.

PASCUAL-TERESA, S., HALLUND J., TALBOT D, J., WILLIAMS C.M., BUGEL S., CASSIDY A. Absorption of isoflavones in humans: effects of food matrix and processinf. **Journal of Nutritional Biochemistry**, v.17, 257-264, 2006.

PASSMORE, R.; NICOL, B.M.; RAO, M.N. **Manual Sobre Necessidades Nutricionales del Hombre**. Ginebre: O.M.S., 1975 (Série de Monografia, 61).

PEREIRA, C.A.S.; OLIVEIRA, F.B. **Soja, alimento e saúde: valor nutricional e preparo**. Viçosa: Editora UFV, 2004.

PEREZ, P.M.P., GERMANI, R. Elaboração de biscoitos tipo salgado, com alto teor de fibra alimentar, utilizando farinha de berinjela (*Solanum melongena, L.*). **Ciênc. Tecnol. Aliment**., Campinas, v. 27, n. 1, p.186-192, 2007.

PIZZINATTO, A.; MAGNO, C.P.R.S.; CAMPAGNOLLI, D.M.F., VITTI, P.; LEITÃO, R.F.F. **Avaliação tecnológica de produtos derivados de farinha de trigo (Pão, Macarrão, Biscoito)**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, ITAL, 41-54, 1993.

PIZZINATTO, A.; HOSENEY, R.C. Rheological changes in cracker sponges during fermentation. **Cereal Chemistry**, v. 57, n. 3, 185-188, 1980.

PIZZINATTO, A. **Qualidade da Farinha de Trigo:** Conceito, Fatores Determinantes e Parâmetros de Avaliação e Controle. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1999. 72 p.

POMERANZ, Y. **Functional Properties of food components**. 2nd Edition. San Diego, California: Academic Press, Inc. 1991.

POMERANZ, Y. **Wheat - Chemistry and Technology**. 3rd Edition. v. II. Saint Paul: American Association of Cereal Chemists, 1988, 514p.

POMERANZ, Y.; SHOGREN, M.D.; FINNEY, K.F.; BETCHEL, D.B. Fibra in breadmaking effects on functional properties. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, Minnesota, v. 54, n. 1 p. 25, 1977.

PROSCKY, L.; ASP, N-G.; FURDA, I.; DEVRIES, J.W.; SCHWEIZER, T.F. Determination of insoluble and soluble dietary fibers in foods and food products. **Journal Association of Official Analytical Chemists,** v. 75, n. 2, 360-367, 1992.

PROSCKY, L.; ASP, N-G.; FURDA, I.; DEVRIES, J.W.; SCHWEIZER, T.F.; HARLAND, B.F. Determination of total dietary fiber in foods, foods products and total diets: Interlaboratorial Study. **Journal Association of Official Analytical Chemists,** v. 67, n. 6, 1044-1052, 1984.

QUAGLIA, G. **Ciencia y Tecnologia de la Panificación**. Editorial Acribia S. A., Zaragoza, España, 1991.

RAUD, C. Os alimentos funcionais: a nova fronteira da indústria alimentar análise das estratégias da Danone e da Nestlé no mercado brasileiro de iogurtes. **Revista de Sociologia e Politica**, v. 16, n. 31, 85-100, 2008.

RENZO, D.J. **Baker products yeast leavened**. London: Noyes Data Corporation, p.147-421, 1975.

RIBEIRO, V.A. **Aproveitamento do Resíduo do Extrato de Soja na Elaboração de um produto tipo Paçoca,** 2006. 75 p. Dissertação (Mestre em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

RIBOTTA, P.D., ARNULPHI, S., LEÓN, A.E., AÑÓN, N.C. Effect of soybean addition on the rheological properties and breadmaking quality of wheat four. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 85, n.11, 1889-1896, 2005.

RIBOTTA, P.D. Effect of emulsifier and guar gum on micro structural, rheological and baking performance of frozen bread dough. **Food Hydrocolloids**, v. 18, n. 2, 305-313, 2004.

RODRIGUES, M.I.; IEMMA, A.F. **Planejamento de experimentos e otimização de processos: uma estratégia sequencial de planejamentos.** Campinas: Casa do Pão, 326p. 2005.

RODRIGUES, R.A.I.; PARTICELLI; SNOW, J.; GOMES, R.A.R; DALBEN, O. Mapeamento da evolução tecnológica de alimentos funcionais a base de soja. *In*: **XIII Seminário de Iniciação Cientifica PIBIC CNPq - ITAL**, 2006.

ROGERS, D.E.; HOSENEY, R.C. Effects of fermentation in saltine cracker production. **Cereal Chemistry**. v. 66, n. 1, 6-10, 1989.

SANTOS, J.R.U. **Desenvolvimento de Pão de Queijo Funcional pela Incorporação de Isolado Protéico de Soja e Polidextrose**, 2006. 279 p. Dissertação (Mestre em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Capinas, 2006.

SANTOS, L.C. ; COSTA, S.I. ; ARCKOLL, D.B. ; VITALI, A.A. . Produção de concentrados e isolados protéicos de soja. **Coletânea do Instituto de Tecnologia em Alimentos, ITAL**, v. 9, 85-103, 1978.

SHNEEMAN B.O. Building scientific consensus: the importance of dietary fiber. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 69, n. 1, 1, 1999.

SILVA, C.B. **Efeito da adição de xilanase, glicose oxidase e ácido ascórbico na qualidade do pão de forma de farinha de trigo de grão inteiro**, 2007. 149 p. Dissertação (Mestre em Tecnologia e Alimentos) – Faculade de Engenharia de Alimentos, Universidade estadual de Campinas, Campinas, 2007.

SILVA, M.R.; BORGES, S.; MARTINS K.A. Avaliação Química, Física e Sensorial de Biscoitos Enriquecidos com Farinha de Jatobá-do-cerrado e de Jatobá-da-mata como Fonte de Fibra Alimentar. **Brazilian Journal of Food Technology**, n. 4, 163-170, 2001.

SIMABESP. **Sindicato da Indústria de Massas Alimentícias e Biscoitos no estado de São Paulo**. Disponível em: <http://www.simabesp.org.br/estat.asp>. Acesso em: 18 nov. 2010.

SINGH, M.; MOHAMED, A. Influence of gluten–soy protein blends on the quality of

reduced carbohydrates cookies. **Food Science and Technology**, v. 40, n. 2, 353-360, 2005.

SLAVIN, J.L., New Spin on an Old Story: Fiber (soy and other) in the Diet. **The soy connection**, v. 13, n. 1, 2005.

SLAVIN, J.L. **Nutritional benefits of soy protein and soy fiber**. Department of Food Science and Nutrition, University of Minnesota, St Paul, v. 91, n. 7, 816-819, 1991.

SLUIMER, P. **Principles of breadmaking: functionality of raw materials and process steps.** American Association of Cereal Chemists Inc., St. Paul, Minessota, 2005.

SMITH, W.H. **Biscuits, *crackers*, cookies: tecnology, production and management**. v. 1. Applied Science Publishers Ltd, London, 1972.

SOUZA, A.P. **Efeito do Tratamento Térmico nas Características de Isolados Protéicos de Soja e de seus Hidrolisados Enzimáticos**. Dissertação (Mestre em Tecnologia de Alimentos). Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadal de Campinas, UNICAMP. Campinas, 2000.

SOUZA, A.S. **Efeitos da irradiação na composição e propriedades funcionais da soja**, 2006. 99 p. Tese (Doutor em Alimentos e Nutrição) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

SOUZA, G.; VALLE, J. L.E.; MORENO, I. Efeitos dos componentes da soja e seus derivados na alimentação humana. **Boletim da SBCTA**, Campinas, v. 34, n. 2, p. 61-69, 2000.

ŠRAMKOVÁ, Z. Chemical composition and nutritional quality of wheat grain. **Acta Chimica Slovaca**, v. 2, n. 1, 115-138, 2009.

STABLE MICRO SYSTEMS. User Manual. Texture Analyser TA-XT2i, Godalming, version 6.10 and 7.10. Fasdfafas: **Stable Micro Systems**, 1997.

STATISTICA for windows – Release 7.0 A. **StatSoft, Inc.** Tulsa, OK, USA, 2007.

STONE, H.J.; SIDEL, J.L. **Sensory evaluation practices.** London: Academic Press, London. 1993. Cap.6, p.202-226.

STRINGHETA, P.C. Políticas de saúde e alegações de propriedades funcionais e de saúde para alimentos no Brasil. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 43, n. 2, 181-194, 2007.

TAKEITI, C.Y. **Influência do Tratamento Térmico nas Propriedades Funcionais de Isolados Protéicos de Soja e de seus Hidrolisados Enzimáticos**, 2002, 102 p. Dissertação (Mestre em Alimentos e Nutrição). Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

TANILLI, V.H. Characteristics of wheat for cookie and *cracker* production. **Cereal Foods World**. v. 21, n. 12, 624-644, 1976.

THAM, D.M.; GARDNER, C.D.; HASKELL, W.L. Potential health benefits of dietary phytoestrogens: a review of the clinical, epidemiological, and mechanistic evidence. **Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism**, v. 83, 2223-2235, 1998.

THE BISCUIT AND CRACKER MANUFACTURES' ASSOCIATION. **Biscuit and cracker handbook**. Washington: B & CMA, 1981.

TIWARI, B.K.; MUTHUKUMARAPPAN, K.; O'DONNELL, C.P.; CHENCHAIAH, M.; CULLEN, P.J. Effect of ozonization on the rheological and colour characteristics of hydrocolloid dispersions. **Food Research International**, v. 41, n. 10, 1035-1043, 2008.

TODD, P.A.; Guar gum. A review of its pharmacological properties and use as a dietary adjunct in hypercholesterolemia. Drugs, v. 39, 97-928, 1990.

TOMIKAWA, M. M. **Desenvolvimento de uma sobremesa a base de soja tipo Petit Suisse enriquecido com cálcio e alto teor protéico**. 2009. 96 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

TROWELL, H.C. Definition of fibre. **The Lancet**, v. 303, 503, 1974.

TSEN, C.C.; EYESTONE, W.; WEBER, J.L. Evaluation of quality of cookies suplemented with destiller dried grain flours. **Journal of Food Science,** v. 47, 684 -685, 1982.

TSUKAMOTO, C.; KUDOU, S.; KIKUCHI, A.; CARRÃO-PANIZZI, M.C.; ONO, T.; KITAMURA, K.; OKUBO, K. Isoflavones in soybean products: composition, concentration and physiological effects. In: **Simpósio Brasileiro sobre Benefícios da Soja para a Saúde Humana**, Embrapa Soja, Circular 169, p. 9-14, Londrina, 2001.

TUNGLAND, B.C.; MEYER, D. Nondigestible oligo- and polysaccharides (Dietary Fiber): Their physiology and role in human health and food. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 1, 73-77, 2002.

USDA. **United States Department of Agriculture**. **Composition of Foods**. Agriculture Handbook nº 8, Washington: USDA, 1963.

USDA. **United States Department of Agriculture**. Disponível em: <http://www.usda.gov>. Acesso em: 5 nov.2010.

VALLE-JONES, J.C. An open study of oat bran meal biscuits (Lejfibre) in the treatment of constipation in the elderly. **Current Medical Research and Opinion**, 9, 716-720, 1985.

VIEIRA, C.L.; CABRAL, L.C.; PAULA, A.C.O. Composicao centesimal e conteúdo de aminoácidos, ácidos graxos e minerais de seis cultivares de soja destinada a alimentação humana. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 43, n. 7, 1277-1283, 1999.

VITALI, D. Effects of incorporation of integral raw materials and dietary fibre on the selected nutritional and functional properties of biscuits. **Food Chemistry**, v. 114, 1462-1469, 2008.

VITTADINI, E. VODOVOTZ, Y. Changes in the physicochemical properties of wheat and soy-containing breads during storage as studied by thermal analyses. **Journal of Food Science**, v. 68, n. 6, 2022-2029, 2003.

VITTI, P.; GARCIA, E.E.C.; OLIVEIRA, L.M. **Tecnologia de biscoitos. Manual Técnico nº 1.** Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, ITAL. 1988, 86p.

VITTI, P. Avaliação tecnológica dos produtos elaborados com farinha de trigo (pão, macarrão e biscoito). **Instituto de Tecnologia de Alimentos, ITAL**. Campinas, 1992, 42p.

VORAGEN, A.G.J. Technological aspects of functional food-related carbohydrates. **Trends in Food Science & Technology**, v. 9, n. 8, 328-335, 1998.

WADE, P. Flour properties and the manufacture of cream *cracker*. **Journal of Food Science and Agriculture,** v. 23, 1221-1228, 1972.

WADE, P. **Biscuits, cookies and crackers. The principles of the craft**. New York: Elsevier Applied Science, v. 1, 1988, 176p.

WAGGLE, D. H.; POTTER, S.M. Soy protein and health. **Food Australia**, v. 52, n. 1, 31-36, 2000.

WALSH, K.R; HAAK, S.J.; BOHN, T.; TIAN, Q. SCHWARTZ, S.J.; FAILLA, M.L. Isoflavonoid glucosides are deconjugated and absorbed in the small intestine of human subjects with ileostomies. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 85, n. 4, 1050-1056, 2007.

WANG, X.; GIBSON, G.R. Effects of the in vitro fermentation of oligofructose and inulin by bacteria growing in the human large intestine. **Journal of Applied Bacteriology**, v. 74, n. 4, 373-380, 1993.

WANG, H.; MURPHY, P.A. Isoflavone content in commercial soybean foods. **Journal of Agricultural and Food Chemistry.** v. 42, 1666-1673, 1994.

WHITE, J.A.; HART, R.J.; FRY, J.C. An evaluation of the waters Pico-Tag System for the aminoacids analysis of food materials. **Journal of Automatic Chemistry**, v. 8, n. 4, 170-177, 1986.

WHITEHURST, R.J; LAW, B.A. **Enzymes in food technology**. Sheffield; Boca Raton: Sheffield Academic, 2002, 255p.

WHITELEY, P.R. Biscuit manufacture fundamentals of *in line* production. London: Elsevier Publish Company LTD, p. 1-196, 1971.

WRIGLEY, C.W. **Wheat: A unique grain for the world. Wheat – Chemistry and Technology**, AACC International. 4th Edition. St. Paul, Minnesota, 1-17, 2009.

YAMABE, S.; KOBAYASHI-HATTORI, K.; KANEKO, K.; ENDO, H.; TAKITA, T. Effect of soybean varieties on the content and composition of isoflavone in rice-koji miso. **Food Chemistry,** v. 100, n. 1, 369-374, 2007.

YUN, J.M. Fructooligossaccharides: occurrence, preparation and applications. **Enzymes and Microbial Technology**. Kyungbug, v. 19, 107-117, 1996.

ZANGELMI, A.C.B. **Produtos de Soja: leite, farinha e outros**. Governo do Estado de São Paulo. v. 10, 1982, 157p.

ZUBIK, L.; MEYDANI, M.. Bioavailability of soybean isofl avones from aglycone and glucoside forms in American women. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 77, p. 1459-1465, 2003.

ANEXO I

Tabela 35. Umidade e Farinografia para os ensaios de 1 ao 12 e controle

Ensaios	X_1*[1]	X_2*[2]	Umidade (%)	ABS (%)	TC (min)	TDM (min)	TS (min)	EST (min)	ITM (UF)
1	6,46	3,88	12,0	65,9	1,6	5,8	13,9	12,3	26,7
2	13,54	3,88	11,6	74,5	5,1	10,7	18,8	13,7	26,7
3	6,46	8,12	12,1	69,7	4,5	8,0	15,0	10,5	25,0
4	13,54	8,12	11,6	74,8	5,4	10,5	17,1	11,7	26,7
5	5	6	12,3	65,7	1,5	7,3	15,2	13,7	25,0
6	15	6	11,7	75,5	5,9	14,2	21,3	15,3	26,7
7	10	3	12,2	70,9	3,1	7,3	14,5	11,4	30,0
8	10	9	12,0	74,5	6,4	11,2	15,5	9,1	36,7
9	10	6	11,7	70,5	3,5	8,3	15,5	12,0	28,3
10	10	6	11,75	71,2	2,5	8,0	16,0	13,5	27,6
11	10	6	11,78	71,3	4,0	8,5	16,5	12,5	29,0
12	10	6	11,86	71,5	5,0	8,6	17,6	12,6	28,7
Trigo*[3]	0	0	13,0	57,8	1,2	11,7	20,5	19,3	20,0

*[1] Porcentagem de substituição de farinha de trigo por isolado protéico de soja.
*[2] Porcentagem de substituição de farinha de trigo por fibra de soja.
*[3] Amostra 100% farinha de trigo.

ANEXO II

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Projeto de Pesquisa: **Desenvolvimento e avaliação de biscoito tipo cracker adicionado de proteínas e de fibras pela incorporação de derivados de soja.**

Responsável pela pesquisa: Cristiane Rodrigues Gomes Ruffi

Esse trabalho tem como objetivo o estudo do desempenho tecnológico de misturas de farinha de trigo e derivados da soja (proteína e fibra de soja) na obtenção de biscoito salgado tipo cracker, visando a melhoria nutricional (proteínas e fibras).

O projeto proposto realizará análises sensoriais para a definição de possíveis alterações entre os biscoitos salgados tipo *cracker* produzidos com farinha de trigo e derivados da soja, através do teste de aceitação e intenção de compra com consumidores desse tipo de produto. Os provadores analisarão os produtos quanto aos atributos: aparência global, cor, aroma, sabor e textura. Serão 3 sessões com duração de 15 minutos, em dias distintos, contendo 4 amostras de biscoitos cada, sendo que cada biscoito corresponde à uma das 12 formulações, ou seja, uma amostra é diferente da outra. Será avaliado apenas 1 biscoito (7,0 g) por formulação.

Os biscoitos salgados tipo *cracker* produzidos com proteína de soja e fibra de soja não oferecem riscos previsíveis de danos à saúde e integridade dos sujeitos envolvidos na pesquisa, pois, todos os produtos envolvidos no teste serão produzidos e manipulados de acordo com as boas práticas de fabricação (BPF). Como todo produto que contém glúten, eles apenas não são recomendados para o consumo por celíacos, intolerantes a essa proteína. Do mesmo modo, como todo produto que contém soja, eles não são recomendados para pessoas intolerantes à soja.

O pesquisador garante fornecer respostas a quaisquer perguntas ou esclarecimentos que julgue necessário sobre os procedimentos, riscos, benefícios e outros relacionados com a pesquisa realizada. Está consciente, também que a participação do sujeito da pesquisa é voluntária, podendo se retirar a qualquer momento da análise sem qualquer conseqüência para o mesmo. Não haverá nenhum tipo de ressarcimento financeiro ou ajuda de custo aos provadores durante a participação na pesquisa. Haverá apenas gratificações em forma de brindes (confeitos e bombons) no final dos testes.

Os resultados obtidos neste trabalho serão tornados públicos em publicações científicas e congressos, sejam eles favoráveis ou não, porém, sem identificação dos participantes.

Caso concorde em participar desta pesquisa, por favor, preencha os dados abaixo, assine e devolva-a à pessoa que estiver presente na coleta. Você receberá uma cópia deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Grato pela sua colaboração,

PARECER DO CEP 311/2009

Membros da Equipe:

Cristiane Rodrigues Gomes Ruffi - cris@ital.sp.gov.br , fone: (19) 3743-1969
Fernanda Paula Collares Queiroz – fernanda@feq.unicamp.br, fone: (19) 3521-3900

Comitê de Ética – Fone: (19) 3521-8936; e-mail: cep@fcm.unicamp.br

---

Declaro aceitar participar da pesquisa de acordo com as condições estabelecidas pela mesma.

Nome: _____ RG: _____
Data: _____ Local: ITAL-CAMPINAS

Assinatura:_____

ANEXO III

Coeficientes de regressão, erro padrão, valores de t e valores de p.

Neste Anexo, são apresentados os coeficientes de regressão para as respostas do planejamento. Os coeficientes em itálico e sublinhados são estatisticamente significativos ($p < 0,10$).

Tabela 36. Coeficientes de regressão para resposta *Índice de expansão*

Variáveis	Coef. de Regressão	Erro padrão	t(6)	p-valor
Média	*10,40075*	*0,277880*	*37,42898*	*0,000042*
x_1 (L)	0,04987	0,196491	0,25383	0,816032
x_1 (Q)	0,06981	0,219683	0,31779	0,771482
x_2 (L)	-0,04661	0,196491	-0,23719	0,827781
x_2 (Q)	0,17881	0,219683	0,81396	0,475273
$(x_1)*(x_1)$	-0,08325	0,277880	-0,29959	0,784047
R^2	12,29%			

Tabela 37. Coeficientes de regressão para resposta *AW*

Variáveis	Coef. de Regressão	Erro padrão	t(6)	p-valor
Média	*0,589500*	*0,006410*	*91,97101*	*0,000003*
x_1 (L)	*0,014404*	*0,004532*	*3,17804*	*0,050169*
x_1 (Q)	-0,011188	0,005067	-2,20780	0,114336
x_2 (L)	*0,021073*	*0,004532*	*4,64957*	*0,018761*
x_2 (Q)	*-0,020938*	*0,005067*	*-4,13192*	*0,025719*
$(x_1)*(x_1)$	-0,012000	0,006410	-1,87218	0,157912
R^2	44,39%			

Tabela 38. Coeficientes de regressão para resposta *Volume específico*

Variáveis	Coef. de Regressão	Erro padrão	t(6)	p-valor
Média	*3,294500*	*0,019530*	*168,6901*	*0,000000*
x_1 (L)	*-0,036883*	*0,013810*	*-2,6708*	*0,075638*
x_1 (Q)	0,016500	0,015440	1,0687	0,363570
x_2 (L)	0,018696	0,013810	1,3539	0,268745
x_2 (Q)	*0,232000*	*0,015440*	*15,0262*	*0,000640*
$(x_1)*(x_1)$	*-0,055500*	*0,019530*	*-2,8418*	*0,065550*
R^2	59,87%			

Tabela 39. Coeficientes de regressão para resposta *Firmeza*

Variáveis	Coef. de Regressão	Erro padrão	t(6)	p-valor
Média	*7,42350*	*0,209644*	*35,40997*	*0,000050*
x_1 (L)	*-0,72451*	*0,148241*	*-4,88741*	*0,016382*
x_1 (Q)	-0,17275	0,165738	-1,04231	0,373877
x_2 (L)	-0,18741	0,148241	-1,26425	0,295435
x_2 (Q)	*-1,01625*	*0,165738*	*-6,13165*	*0,008723*
$(x_1)*(x_1)$	0,17150	0,209644	0,81805	0,473256
R^2	93,61%			

Tabela 40. Coeficientes de regressão *significativos* para resposta *Firmeza*

Variáveis	Coef. de Regressão	Erro padrão	t(9)	p-valor
Média	*7,285300*	*0,162390*	*44,86304*	*0,000024*
x_1 (L)	*-0,724515*	*0,148241*	*-4,88741*	*0,016382*
x_2 (Q)	*-0,981700*	*0,162390*	*-6,04533*	*0,009078*
R^2	88,69%			

Tabela 41. Coeficientes de regressão para resposta *Fraturabilidade*

Variáveis	Coef. de Regressão	Erro padrão	t(6)	p-valor
Média	*1,413500*	*0,017571*	*80,44375*	*0,000004*
x_1 (L)	*-0,035704*	*0,012425*	*-2,87364*	*0,063860*
x_1 (Q)	0,020312	0,013891	1,46224	0,239845
x_2 (L)	*0,032865*	*0,012425*	*2,64516*	*0,077314*
x_2 (Q)	*-0,098688*	*0,013891*	*-7,10426*	*0,005738*
(x_1)*(x_1)	*0,204250*	*0,017571*	*11,62408*	*0,001368*
R^2	88,36%			

Tabela 42. Coeficientes de regressão *significativos* para resposta *Fraturabilidade*

Variáveis	Coef. de Regressão	Erro padrão	t(7)	p-valor
Média	*1,429750*	*0,013611*	*105,0464*	*0,000002*
x_1 (L)	*-0,035704*	*0,012425*	*-2,8736*	*0,063860*
x_2 (L)	*0,032865*	*0,012425*	*2,6452*	*0,077314*
x_2 (Q)	*-0,102750*	*0,013611*	*-7,5492*	*0,004819*
(x_1)*(x_1)	*0,204250*	*0,017571*	*11,6241*	*0,001368*
R^2	87,46%			

Tabela 43. Coeficientes de regressão para resposta *L**

Variáveis	Coef. de Regressão	Erro padrão	t(6)	p-valor
Média	*82,58475*	*0,238049*	*346,9226*	*0,000000*
x_1 (L)	0,15683	0,168326	0,9317	0,420209
x_1 (Q)	0,42137	0,188195	2,2390	0,111061
x_2 (L)	*-0,82909*	*0,168326*	*-4,9255*	*0,016038*
x_2 (Q)	*0,49187*	*0,188195*	*2,6137*	*0,079435*
(x_1)*(x_1)	-0,17250	0,238049	-0,7246	0,521076
R^2	53,26%			

Tabela 44. Coeficientes de regressão para resposta *a**

Variáveis	Coef. de Regressão	Erro padrão	t(6)	p-valor
Média	*0,787000*	*0,155975*	*5,04568*	*0,015013*
x_1 (L)	0,015329	0,110291	0,13899	0,898264
x_1 (Q)	*-0,317750*	*0,123309*	*-2,57686*	*0,082003*
x_2 (L)	0,016515	0,110291	0,14974	0,890469
x_2 (Q)	-0,232250	0,123309	-1,88348	0,156157
(x_1)*(x_1)	0,034500	0,155975	0,22119	0,839145
R^2	37,92%			

Tabela 45. Coeficientes de regressão para resposta *b**

Variáveis	Coef. de Regressão	Erro padrão	t(6)	p-valor
Média	*7,204750*	*0,355145*	*20,28679*	*0,000262*
x_1 (L)	0,093530	0,251125	0,37244	0,734319
x_1 (Q)	0,130563	0,280767	0,46502	0,673590
x_2 (L)	*-0,853741*	*0,251125*	*-3,39966*	*0,042472*
x_2 (Q)	-0,024187	0,280767	-0,08615	0,936776
(x_1)*(x_1)	0,668500	0,355145	1,88233	0,156334
R^2	74,99%			

A resposta *cor (b*)* dos biscoitos não apresentou modelo significativo ao nível de 10% de significância, pois ao retirar os efeitos não significativos, o coeficiente de determinação apresentou um valor menor a 0,70.

Tabela 46. Coeficientes de regressão *significativos* para resposta *b**

Variáveis	Coef. de Regressão	Erro padrão	t(10)	p-valor
Média	*7,275667*	*0,205043*	*35,48361*	*0,000049*
x_2 (L)	*-0,853741*	*0,251125*	*-3,39966*	*0,042472*
R^2	55,96%			

Tabela 47. Coeficientes de regressão para resposta *ΔE**

Variáveis	Coef. de Regressão	Erro padrão	t(6)	p-valor
Média	*4,520129*	*0,326696*	*13,83590*	*0,000817*
x_1 (L)	-0,148380	0,231009	-0,64231	0,566382
x_1 (Q)	-0,483028	0,258276	-1,87021	0,158221
x_2 (L)	*0,952057*	*0,231009*	*4,12130*	*0,025894*
x_2 (Q)	-0,408256	0,258276	-1,58070	0,212081
(x_1)*(x_2)	-0,205282	0,326696	-0,62836	0,574352
R^2	61,49%			

Tabela 48. Coeficientes de regressão para resposta *croma C**

Variáveis	Coef. de Regressão	Erro padrão	t(6)	p-valor
Média	*7,252500*	*0,348362*	*20,81885*	*0,000242*
x_1 (L)	0,095371	0,246329	0,38717	0,724465
x_1 (Q)	0,108750	0,275405	0,39487	0,719336
x_2 (L)	*-0,854405*	*0,246329*	*-3,46855*	*0,040389*
x_2 (Q)	-0,038750	0,275405	-0,14070	0,897021
(x_1)*(x_1)	0,667500	0,348362	1,91611	0,151215
R^2	74,90%			

A resposta *croma (C*)* dos biscoitos não apresentou modelo significativo ao nível de 10% de significância, pois ao retirar os efeitos não significativos, o coeficiente de determinação apresentou um valor menor a 0,70.

Tabela 49. Coeficientes de regressão *significativos* para resposta *croma C**

Variáveis	Coef. de Regressão	Erro padrão	t(10)	p-valor
Média	*7,299167*	*0,201127*	*36,29133*	*0,000046*
x_2 (L)	*-0,854405*	*0,246329*	*-3,46855*	*0,040389*
R^2	56,12%			

Tabela 50. Coeficientes de regressão para resposta h_{ab}

Variáveis	Coef. de Regressão	Erro padrão	t(6)	p-valor
Média	*83,6750*	*1,395723*	*59,9510*	*0,000010*
x_1 (L)	*22,4604*	*0,986925*	*22,7580*	*0,000186*
x_1 (Q)	*-31,1125*	*1,103416*	*-28,1965*	*0,000098*
x_2 (L)	*22,0617*	*0,986925*	*22,3540*	*0,000196*
x_2 (Q)	*-31,8225*	*1,103416*	*-28,8400*	*0,000092*
$(x_1)*(x_1)$	*44,6550*	*1,395723*	*31,9942*	*0,000067*
R^2	38,84%			

Tabela 51. Coeficientes de regressão para resposta *Modo Global*

Variáveis	Coef. de Regressão	Erro padrão	t(6)	p-valor
Média	*5,900000*	*0,285774*	*20,64570*	*0,000248*
x_1 (L)	-0,144822	0,202073	-0,71668	0,525325
x_1 (Q)	0,325000	0,225924	1,43854	0,245867
x_2 (L)	*-0,505698*	*0,202073*	*-2,50256*	*0,087509*
x_2 (Q)	0,050000	0,225924	0,22131	0,839057
$(x_1)*(x_1)$	0,125000	0,285774	0,43741	0,691390
R^2	63,52%			

Tabela 52. Coeficientes de regressão para resposta *Aparência*

Variáveis	Coef. de Regressão	Erro padrão	t(6)	p-valor
Média	*5,750000*	*0,312250*	*18,41474*	*0,000349*
x_1 (L)	0,008211	0,220794	0,03719	0,972672
x_1 (Q)	0,231250	0,246855	0,93678	0,417976
x_2 (L)	-0,459987	0,220794	-2,08333	0,128593
x_2 (Q)	-0,018750	0,246855	-0,07596	0,944236
$(x_1)*(x_1)$	-0,125000	0,312250	-0,40032	0,715723
R^2	60,59%			

Tabela 53. Coeficientes de regressão para resposta *Dureza na 1ª Mordida*

Variáveis	Coef. de Regressão	Erro padrão	t(6)	p-valor
Média	*6,075000*	*0,356780*	*17,02732*	*0,000441*
x_1 (L)	-0,155178	0,252281	-0,61510	0,582001
x_1 (Q)	0,387500	0,282059	1,37383	0,263151
x_2 (L)	-0,516053	0,252281	-2,04555	0,133333
x_2 (Q)	-0,037500	0,282059	-0,13295	0,902649
$(x_1)*(x_1)$	0,275000	0,356780	0,77078	0,496975
R^2	53,34%			

Tabela 54. Coeficientes de regressão para resposta *Crocância*

Variáveis	Coef. De Regressão	Erro padrão	t(6)	p-valor
Média	*5,875000*	*0,402854*	*14,58343*	*0,000699*
x_1 (L)	-0,240533	0,284861	-0,84439	0,460467
x_1 (Q)	0,487500	0,318484	1,53069	0,223346
x_2 (L)	*-0,686764*	*0,284861*	*-2,41087*	*0,094943*
x_2 (Q)	-0,087500	0,318484	-0,27474	0,801351
$(x_1)*(x_1)$	0,325000	0,402854	0,80674	0,478842
R^2	64,15%			

Tabela 55. Coeficientes de regressão para resposta *Sabor*

Variáveis	Coef. De Regressão	Erro padrão	t(6)	p-valor
Média	*5,725000*	*0,289756*	*19,75803*	*0,000283*
x_1 (L)	-0,142678	0,204888	-0,69637	0,536302
x_1 (Q)	0,362500	0,229072	1,58247	0,211694
x_2 (L)	*-0,510876*	*0,204888*	*-2,49344*	*0,088216*
x_2 (Q)	0,012500	0,229072	0,05457	0,959913
$(x_1)*(x_1)$	0,100000	0,289756	0,34512	0,752785
R^2	70,72%			

A resposta *croma (C*)* dos biscoitos não apresentou modelo significativo ao nível de 10% de significância, pois ao retirar os efeitos não significativos, o coeficiente de determinação apresentou um valor menor a 0,70.

Tabela 56. Coeficientes de regressão *significativos* para resposta *Sabor*

Variáveis	Coef. De Regressão	Erro padrão	t(10)	p-valor
Média	*5,975000*	*0,167290*	*35,71631*	*0,000048*
x_2 (L)	*-0,510876*	*0,204888*	*-2,49344*	*0,088216*
R^2	46,79%			