



**UFSC – UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CTC – CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA E
ENGENHARIA DE ALIMENTOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE
ALIMENTOS**

EDUARDO HUBER

**DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS CÁRNEOS
REESTRUTURADOS DE FRANGO (HAMBÚRGUER E
EMPANADO) COM ADIÇÃO DE FIBRAS VEGETAIS COMO
SUBSTITUTOS TOTAIS DE GORDURA**

FLORIANÓPOLIS (SC)

2012

EDUARDO HUBER

**DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS CÁRNEOS
REESTRUTURADOS DE FRANGO (HAMBÚRGUER E
EMSPANADO) COM ADIÇÃO DE FIBRAS VEGETAIS COMO
SUBSTITUTOS TOTAIS DE GORDURA**

Tese submetida ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Engenharia de Alimentos.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Sandra Regina Salvador Ferreira

**FLORIANÓPOLIS (SC)
2012**

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Huber, Eduardo

Desenvolvimento de produtos cárneos reestruturados de frango (hambúrguer e empanado) com adição de fibras vegetais como substitutos totais de gordura [tese] /

Eduardo Huber ; orientadora, Sandra Regina Salvador Ferreira - Florianópolis, SC, 2012.

221 p. ; 21cm

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos.

Inclui referências

1. Engenharia de Alimentos. 2. Fibras vegetais. 3. Produtos cárneos. 4. Desenvolvimento de novos produtos. I. Ferreira, Sandra Regina Salvador. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos. III. Título.

**“DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS
CÁRNEOS REESTRUTURADOS DE FRANGO
(HAMBÚRGUER E EMPANADO) COM ADIÇÃO
DE FIBRAS VEGETAIS COMO SUBSTITUTOS
TOTAIS DE GORDURA.”**

Por

Eduardo Huber

Tese julgada para obtenção do título de **Doutor em Engenharia Alimentos**, área de Concentração de **Desenvolvimento de Processos da Indústria de Alimentos**, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Santa Catarina.

Prof^ª Dr^a Sandra Regina Salvador Ferreira
Orientadora

Prof. Dr. João Borges Laurindo
Coordenador

Banca Examinadora:

Prof^ª Dr^a Sandra Regina Salvador
Ferreira

Prof^ª Dr^a Lisiane de Marsillac Terra

Dr^a Vivian Feddern

Prof. Dr. Pedro Luiz Manique Barreto

Prof^ª Dr^a Gláucia Maria Falcão de
Aragão

Prof. Dr. José Carlos Cunha Petrus

Florianópolis, 22 de junho de 2012.

“A vida é o maior ganho e a maior perda que um ser humano pode ter.”

Dedico este trabalho à minha filha Carolina, meu maior ganho, e ao meu pai Nelson, minha maior perda.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus através da minha fé! Esta conquista é resultado Dele ter me feito um ser perseverante e me dado forças para vencer todos os desafios que me foram oferecidos. *“O Senhor é meu Pastor e nada me faltará.”*

À Vanessa, minha esposa e companheira, pela compreensão da ausência e da inquietação e por todo amor e carinho recebidos ao longo da nossa união. À minha filha Carolina, que com o seu nascimento tornou a fase de execução deste trabalho muito mais alegre e motivadora. À minha família, que mesmo com a perda de nosso grande referencial, manteve o equilíbrio, a união e o constante apoio.

À minha orientadora, professora Sandra Ferreira, por proporcionar total liberdade na tomada de decisões, pela confiança, pelos incentivos, pelos questionamentos e orientações e principalmente pela amizade.

Aos membros da banca examinadora, por contribuírem para a finalização deste trabalho através de comentários e sugestões.

Aos meus colegas e amigos do Instituto Federal Catarinense, campus Concórdia, pelo incentivo e auxílio sempre quando necessário. Valeu Carina, Cris, Edimar, Gini, Jô, Juca, Manu, Mario, Nei, Neiva e Nelsi!

Aos meus bolsistas, Diego e Karine, agradeço às ajudas, tentativas, elaborações dos produtos e análises que juntos realizamos neste trabalho.

Aos amigos que colaboraram na obtenção dos ingredientes utilizados neste estudo: Marcos (Brasil Foods), Luiz Fernando (JRS), Márcio (Kerry) e Fátima (Kraki). Sem a ajuda de vocês tudo teria sido muito mais complicado!

Aos que tornaram possível a realização das muitas análises laboratoriais deste trabalho: Fabiana, Sheila, Andréia, Silvani e Aline, do IFC; Cibele, Carla, Renata, Juciane e Dirlei, da Brasil Foods; Vicky, da Embrapa Suínos e Aves; e Gisele e professora Alícia, do LABCAL da UFSC. Agradeço também à Patrícia, do LATESC, e à Raquel do CPGEA, pela paciência e auxílio na resolução dos problemas que surgiram até finalizar esta jornada.

A todos, ofereço minha gratidão e meu muito obrigado!

RESUMO

Produtos derivados de carnes tornaram-se objetos constantes de estudos científicos, principalmente na busca de estratégias e formulações que os tornem saudáveis em relação à sua composição nutricional. O emprego de substitutos de gordura, como as fibras vegetais, é uma das alternativas que as indústrias podem buscar para conseguir este apelo diante dos consumidores. Diante da inexistência no mercado de produtos cárneos reestruturados com remoção total da gordura adicionada e do limitado conhecimento científico sobre a aplicação de substitutos de gordura em produtos de carne de frango, o objetivo deste trabalho foi estudar os efeitos da adição de fibras vegetais como substitutos de gordura nas características físico-químicas, microbiológicas, sensoriais e tecnológicas de produtos elaborados com este tipo de carne (hambúrguer e empanado). Inicialmente foram caracterizadas seis fibras vegetais comerciais (aveia, bambu, batata, ervilha, maçã e trigo) para essa aplicação. Todas as fibras apresentaram bom desempenho diante das análises realizadas, porém as fibras de bambu, de ervilha e de trigo apresentaram melhores resultados para as propriedades higroscópicas (capacidade de retenção de água e intumescimento), boa atividade e estabilidade emulsificante, coloração compatível para aplicação em produtos de carne de frango e distribuição granulométrica semelhante. Em uma segunda etapa foram desenvolvidas 15 diferentes formulações de hambúrguer de frango, diferenciadas pelas quantidades de fibras vegetais de bambu, de ervilha e de trigo adicionadas como substitutos totais da gordura adicionada através de pele de frango, caracterizando uma formulação controle. Pela metodologia de superfície de resposta foi possível obter modelos matemáticos para as variáveis percentuais de rendimento e encolhimento, dureza e mastigabilidade dos produtos cárneos. As amostras de produtos de todas as formulações resultaram em boa aceitação sensorial na avaliação dos atributos aparência, sabor, textura, odor e aceitabilidade geral. As três amostras com melhor desempenho sensorial e de cozimento foram analisadas quanto à composição proximal, conteúdo de fibra alimentar, coloração e estabilidade às reações oxidativas e crescimento microbiano. Os resultados indicaram que todas as amostras apresentaram comportamento satisfatório, porém a formulação contendo 0,4% de fibra de bambu, 1,6% de fibra de trigo e 1,6% de fibra de ervilha apresentou maiores percentuais de fibra alimentar total, melhor estabilidade à oxidação e bons resultados nas avaliações sensoriais e microbiológicas, podendo ainda receber na

rotulagem o termo “*light*”. Em uma terceira etapa, esta formulação foi aplicada no desenvolvimento de um produto empanado. Quando comparada com uma amostra controle (sem fibras e com gordura), o experimento apresentou melhor estabilidade às reações oxidativas (teste TBA), maior percentual de rendimento no cozimento e mesma aceitabilidade sensorial. A amostra teste poderia receber na rotulagem o termo “fonte de fibras” devido ao alto conteúdo deste componente. Os resultados mostraram uma excelente oportunidade para as indústrias de alimentos de aliar produtos considerados como pouco saudáveis a ingredientes funcionais e com apelo diante dos consumidores.

Palavras-chave: substitutos de gordura, fibras, hambúrguer, empanado.

ABSTRACT

Meat products have become constant objects of scientific studies, mainly in search of strategies and formulations that make them healthy in relation to their nutritional composition. The use of fat substitutes such as vegetable fibers, is one of the alternatives that the meat industry may search to achieve this claim for consumers. Due to the lack of restructured meat products with total removal of fat available for consumers and the limited knowledge about fat replacers in poultry meat products, the objective of this research was to study the effects of the addition of vegetable fibers as fat substitutes in the physical-chemical, microbiological, sensory and technological characteristics of products made with this type of meat (hamburger, nuggets). Initially, six commercial vegetable fibers (oat, bamboo, potato, pea, apple and wheat) were characterized for this application. All fibers showed good performance in the analyzes performed, but the bamboo, pea and wheat fibers showed better results in terms of hygroscopic properties (water holding capacity and swelling), good emulsifying activity and stability, color compatible for use in chicken meat products and similar particle size distribution. In a second phase, fifteen chicken burger formulations were developed, differentiated by the quantities of bamboo, pea and wheat fibers added as total fat substitute of a control formulation (with chicken skin). By response surface methodology, mathematical models were obtained considering the variables yield, shrinking, hardness and chewiness of the meat products. Samples from all formulations resulted in good sensory acceptance in the evaluation of the attributes of appearance, flavor, texture, odor and overall acceptability. The three samples with better cooking and sensory performance were analyzed for proximate composition, dietary fiber content, color and stability to oxidative reactions and microbial growth. The results indicated that all samples showed satisfactory behavior, but the formulation containing 0.4% bamboo fiber, 1.6% of wheat fiber and 1.6% pea fiber had the highest percentage of total dietary fiber, the better oxidation stability and good results in sensory and microbiological. In this case, the "light" term could be use for labeling. In a third step, this formulation was applied in the development of a breaded meat product. When compared with a control sample (without fiber and with fat), the experiment showed better stability to oxidative reactions (TBARS test), higher percentage of cooking yield and sensory acceptability. The test sample could have labeling using the term "source of fiber" due to the high content of this component. The results showed an excellent opportunity

for food manufacturers to combine products deemed unhealthy with functional ingredients and with appeal for consumers.

Keywords: fat substitutes, fibers, hamburger, breaded.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1 – Fibras: tipos, fontes e ações	45
Quadro 2 – Fontes naturais dos diferentes componentes da fibra alimentar.....	50
Quadro 3 – Algumas fibras sintéticas e modificadas.....	54
Figura 1 – Estruturas químicas dos principais componentes das fibras alimentares.....	51
Figura 2 – Estrutura do grão inteiro	53
Figura 3 – Fluxograma esquemático da abordagem ao estudo do emprego de fibras vegetais em produtos cárneos	73
Figura 4 – Simulação da cor das fibras vegetais comerciais avaliadas, de acordo com as coordenadas do sistema CIE-Lab. A: aveia, B: bambu, C: batata, D: ervilha, E: maçã, F: trigo.....	110
Figura 5 – Micrografias de varredura eletrônica de diferentes fibras comerciais (ampliação de 100x). A: aveia, B: bambu, C: trigo, D: ervilha, E: maçã, F: batata	113
Figura 6 – a) Superfícies de resposta e curvas de contorno mostrando o efeito dos percentuais de fibras vegetais adicionadas sobre o percentual de rendimento, para o percentual de fibra de ervilha fixo no ponto central (1,0%); b) Superfícies de resposta e curvas de contorno mostrando o efeito dos percentuais de fibras vegetais adicionadas sobre o percentual de rendimento, para o percentual de fibra de trigo fixo no ponto central (1,0%); c) Superfícies de resposta e curvas de contorno mostrando o efeito dos percentuais de fibras vegetais adicionadas sobre o percentual de rendimento, para o percentual de fibra de bambu fixo no ponto central (1,0%)	130
Figura 7 – a) Superfícies de resposta e curvas de contorno mostrando o efeito dos percentuais de fibras vegetais adicionadas sobre o percentual de encolhimento, para o percentual de fibra de ervilha fixo no ponto central (1,0%); b) Superfícies de resposta e curvas de contorno mostrando o efeito dos percentuais de fibras vegetais adicionadas sobre o percentual de encolhimento, para o percentual de fibra de trigo fixo no ponto central (1,0%); c) Superfícies de resposta e curvas de contorno mostrando o efeito dos percentuais de fibras vegetais adicionadas sobre o percentual de encolhimento, para o percentual de fibra de bambu fixo no ponto central (1,0%)	132
Figura 8 – a) Superfícies de resposta e curvas de contorno	

mostrando o efeito dos percentuais de fibras vegetais adicionadas sobre a avaliação instrumental de dureza, para o percentual de fibra de ervilha fixo no ponto central (1,0%); b) Superfícies de resposta e curvas de contorno mostrando o efeito dos percentuais de fibras vegetais adicionadas sobre a avaliação instrumental de dureza, para o percentual de fibra de trigo fixo no ponto central (1,0%); c) Superfícies de resposta e curvas de contorno mostrando o efeito dos percentuais de fibras vegetais adicionadas sobre a avaliação instrumental de dureza, para o percentual de fibra de bambu fixo no ponto central (1,0%)	137
Figura 9 – a) Superfícies de resposta e curvas de contorno mostrando o efeito dos percentuais de fibras vegetais adicionadas sobre a avaliação instrumental de mastigabilidade, para o percentual de fibra de ervilha fixo no ponto central (1,0%); b) Superfícies de resposta e curvas de contorno mostrando o efeito dos percentuais de fibras vegetais adicionadas sobre a avaliação instrumental de mastigabilidade, para o percentual de fibra de trigo fixo no ponto central (1,0%); c) Superfícies de resposta e curvas de contorno mostrando o efeito dos percentuais de fibras vegetais adicionadas sobre a avaliação instrumental de mastigabilidade, para o percentual de fibra de bambu fixo no ponto central (1,0%)	139
Figura 10 – Análise dos componentes principais: a) Plano fatorial da representação dos atributos para a análise dos componentes principais das formulações de hambúrgueres desenvolvidas; b) Plano fatorial da representação das amostras para a análise dos componentes principais das formulações de hambúrgueres desenvolvidas	149
Figura 11 – Mapa de preferência interno das formulações de hambúrgueres desenvolvidas em relação ao atributo aceitabilidade geral.....	152
Figura 12 – Aparência externa dos hambúrgueres selecionados antes do preparo	155
Figura 13 – Aparência externa dos hambúrgueres selecionados após o preparo	157
Figura 14 – Evolução temporal da quantidade de malonaldeído (mg) por quilograma de amostra (Teste TBA) durante os 60 dias de vida de prateleira avaliados para os hambúrgueres selecionados (estocagem sob congelamento)	165
Figura 15 – Evolução temporal da quantidade de malonaldeído (mg) por quilograma de amostra (Teste TBA) durante os 60 dias	

de vida de prateleira avaliados para os empanados desenvolvidos.	172
Figura 16 – Aparência dos empanados de frango desenvolvidos:	
a) Externa antes do cozimento; b) Externa após o cozimento; c)	
Interna após o cozimento	177

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Variáveis independentes e níveis de variação do planejamento 2 ³	87
Tabela 2 – Delineamento fatorial completo para as três variáveis independentes	88
Tabela 3 – Formulação controle e experimentos do delineamento fatorial completo (quantidades em percentual)	89
Tabela 4 – Formulação controle (C) e teste (T) dos empanados de frango (quantidades em percentual)	98
Tabela 5 – Composição química aproximada de fibras alimentares comerciais de diferentes fontes (g/100 g de amostra)..	103
Tabela 6 – Composição de fibra alimentar das fibras vegetais comerciais avaliadas (g/100 g de amostra em base seca)	105
Tabela 7 – Valores de pH e atividade de água (a _w) das fibras vegetais comerciais avaliadas	106
Tabela 8 – Parâmetros da medição de cor das fibras vegetais comerciais avaliadas (Sistema CIE-Lab)	109
Tabela 9 – Distribuição granulométrica das fibras vegetais comerciais avaliadas (% retido)	112
Tabela 10 – Capacidade de retenção de água (CRA), volume de intumescimento, capacidade de retenção de óleo (CRO) e densidade aparente (<i>bulk</i>) das fibras vegetais comerciais avaliadas.	114
Tabela 11 – Atividade emulsionante e estabilidade da emulsão das fibras vegetais comerciais avaliadas	119
Tabela 12 – Contagem total de micro-organismos mesófilos e de bolores e leveduras das fibras vegetais comerciais avaliadas	121
Tabela 13 Quantidades de amido resistente, frutooligosacarídeos e β-glucanas 1,3-1,6 nas fibras selecionadas (g/100 g de base eca).	124
Tabela 14 – Rendimento (%), encolhimento (%), redução de diâmetro (%) e retenção de umidade (%) dos hambúrgueres desenvolvidos	126
Tabela 15 – Perfil instrumental de textura dos hambúrgueres desenvolvidos: dureza (kgf), adesividade (kgf.s), elasticidade (mm), coesividade e mastigabilidade (kgf.mm).....	134
Tabela 16 – Notas da avaliação sensorial, com provadores, dos hambúrgueres desenvolvidos	142
Tabela 17 – Percentuais de aceitabilidade (% A), de indiferença (% I) e de rejeição (% R) obtidos pelas notas da avaliação	

sensorial, com provadores, dos hambúrgueres desenvolvidos	145
Tabela 18 – Parâmetros da medição da cor externa dos hambúrgueres selecionados crus (Sistema CIE-Lab)	153
Tabela 19 – Parâmetros da medição da cor interna e externa dos hambúrgueres selecionados cozidos (Sistema CIE-Lab)	156
Tabela 20 – Composição proximal dos hambúrgueres selecionados crus (%)	159
Tabela 21 – Composição proximal dos hambúrgueres selecionados cozidos (%)	160
Tabela 22 – Fibra alimentar solúvel (FAS), fibra alimentar insolúvel (FAI) e fibra alimentar total (FAT) dos hambúrgueres selecionados crus e cozidos (%)	162
Tabela 23 – Valores de atividade de água (a_w) e pH dos hambúrgueres selecionados, antes do preparo	163
Tabela 24 – Quantidade (mg) de malonaldeído por quilograma de amostra durante os 60 dias de vida de prateleira avaliados para os hambúrgueres selecionados (estocagem sob congelamento)	166
Tabela 25 – Contagem de coliformes a 45°C (UFC/g), estafilococcus coagulase positiva (UFC/g), <i>Salmonella</i> sp. (em 25 gramas) e clostrídios sulfito redutores (UFC/g) dos hambúrgueres selecionados após 0, 30 e 60 dias de elaboração	168
Tabela 26 – Composição proximal dos empanados de frango desenvolvidos crus e cozidos (%)	169
Tabela 27 – Fibra alimentar solúvel (FAS), fibra alimentar insolúvel (FAI) e fibra alimentar total (FAT) dos empanados de frango crus e cozidos (%)	170
Tabela 28 – Valores de atividade de água (a_w) e pH dos empanados de frango desenvolvidos, antes do preparo	171
Tabela 29 – Quantidade (mg) de malonaldeído por quilograma de amostra durante os 60 dias de vida de prateleira avaliados para os empanados desenvolvidos	173
Tabela 30 – Contagem de coliformes a 45°C (UFC/g), estafilococcus coagulase positiva (UFC/g), <i>Salmonella</i> sp. (em 25 gramas) e clostrídios sulfito redutores (UFC/g) dos empanados de frango após 0, 30 e 60 dias de elaboração	174
Tabela 31 – Parâmetros da medição da cor dos empanados de frango desenvolvidos (Sistema CIE-Lab)	176
Tabela 32 – Médias das notas da avaliação sensorial, com provadores, dos empanados de frango desenvolvidos	178

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AACC – Associação Americana de Químicos de Cereais
AFSSA – Agência Francesa de Segurança Sanitária dos Alimentos
ANOVA – Análise de variância
ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária
AOAC – Associação de Analistas Químicos Oficiais
APHA – Associação Americana de Saúde Pública
BHI – Caldo infusão cérebro coração
BPLS – Ágar verde brilhante vermelho de fenol lactose sacarose
CEPSH – Comitê de Ética em Pesquisas com Seres Humanos
CIE – Comissão Internacional de Iluminação
CPGEA – Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos
CRA – Capacidade de retenção de água
CRO – Capacidade de retenção de óleo
DCCR – Delineamento composto central rotacional
FAI – Fibra alimentar insolúvel
FAO – Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação
FAZ – Fibra alimentar solúvel
FAT – Fibra alimentar total
GOD-POD – Reagente glicose oxidase/peroxidase
HCN – Conselho de Saúde da Holanda
HPMC – Hidróxi propil metil celulose
IOM – Instituto de Medicina dos Estados Unidos
KIA – Ágar Kligler
MEV – Microscopia eletrônica de varredura
OMS – Organização Mundial da Saúde
PCA – Ágar padrão para contagem
PTS – Proteína texturizada de soja
RTIQ – Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade
TBARS – Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico
TSC – Ágar triptose sulfito cicloserina
TSI – Ágar tríplice açúcar ferro
XLD – Ágar xilose lisina desoxicolato

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	27
1.1 ABORDAGEM DO TEMA	29
2 REVISÃO DE LITERATURA	33
2.1 SUBSTITUIÇÃO DE GORDURA EM ALIMENTOS	33
2.1.1 As funções da gordura nos alimentos	33
2.1.2 Terminologia e classificação dos substitutos de gordura .	35
2.1.3 Estratégias para o emprego dos substitutos de gordura ..	38
2.1.4 Considerações para o desenvolvimento de produtos com redução de gordura	39
2.2 FIBRAS ALIMENTARES	41
2.2.1 Histórico e definições	41
2.2.2 Composição e tipos de fibra alimentar	46
2.2.2.1 Celulose	46
2.2.2.2 Hemicelulose	47
2.2.2.3 Pectinas	47
2.2.2.4 β -glucanas	47
2.2.2.5 Amido resistente	48
2.2.2.6 Oligossacarídeos não digeríveis	48
2.2.2.7 Outros compostos sintéticos de carboidratos	49
2.2.2.8 Gomas e mucilagens	49
2.2.2.9 Lignina	49
2.2.3 Fontes alimentares	50
2.3 BENEFÍCIOS À SAÚDE	54
2.3.1 Funcionamento intestinal e constipação	55
2.3.2 Diverticulose	56
2.3.3 Câncer colorretal e outros tipos de câncer	56
2.3.4 Doenças Coronarianas	57
2.3.5 Diabetes mellitus tipo 2 e fatores relacionados	58
2.3.6 Saciedade e peso corporal	59
2.3.7 Absorção de minerais	59
2.4 EFEITOS ADVERSOS À SAÚDE	60
2.4.1 Comprometimento da ingestão calórica	60
2.4.2 Desconforto gastrointestinal	60
2.5 AS FIBRAS ALIMENTARES EM PRODUTOS CÁRNEOS.	61
2.5.1 Novas estratégias no desenvolvimento de produtos cárneos	61
2.5.2 Incorporação de fibras vegetais em produtos cárneos	61
2.6 PRODUTOS CÁRNEOS REESTRUTURADOS	68

3 MATERIAL E MÉTODOS	73
3.1 ETAPA 1: CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DAS FIBRAS ALIMENTARES	74
3.1.1 Determinação do percentual de umidade	75
3.1.2 Determinação do percentual de proteína	75
3.1.3 Determinação do percentual de gordura	76
3.1.4 Determinação do percentual de cinzas	77
3.1.5 Determinação do percentual de carboidratos totais	77
3.1.6 Determinação dos percentuais de fibra alimentar solúvel e insolúvel	78
3.1.7 Determinação do pH	78
3.1.8 Determinação de atividade de água	78
3.1.9 Medição de cor	79
3.1.10 Análise granulométrica	79
3.1.11 Microscopia eletrônica de varredura	79
3.1.12 Determinação do volume de intumescimento	80
3.1.13 Determinação da capacidade de retenção de água	80
3.1.14 Determinação da capacidade de retenção de óleo	81
3.1.15 Determinação da densidade aparente (<i>bulk</i>)	81
3.1.16 Determinação da atividade emulsionante e estabilidade de emulsão	81
3.1.17 Avaliação microbiológica	82
3.1.18 Determinação de contaminantes inorgânicos (chumbo e cádmio)	83
3.1.19 Análise de amido resistente, frutooligossacarídeos e β -glucanas	83
3.1.20 Avaliação estatística	85
3.2 ETAPA 2: DESENVOLVIMENTO DE UM HAMBÚRGUER DE FRANGO COM A ADIÇÃO DE FIBRAS ALIMENTARES COMO SUBSTITUTO DE GORDURA	85
3.2.1 Desenvolvimento da formulação básica do hambúrguer de frango	85
3.2.2 Desenvolvimento das diferentes formulações de hambúrguer de frango com fibras vegetais	86
3.2.3 Avaliações de desempenho de cozimento	90
3.2.3.1 Determinação do rendimento de cozimento	91
3.2.3.2 Determinação do percentual de retenção de água	91
3.2.3.3 Determinação dos percentuais de redução de diâmetro e de encolhimento	91
3.2.4 Análises instrumentais e sensoriais	91

3.2.4.1	Análise instrumental de textura	91
3.2.4.2	Análise sensorial com provadores	92
3.2.4.3	Análise instrumental de cor	93
3.2.5	Avaliações físico-químicas e microbiológicas	94
3.2.5.1	Avaliação da composição proximal	94
3.2.5.2	Determinação de fibra alimentar solúvel e insolúvel	95
3.2.5.3	Determinação do pH e da atividade de água (a_w)	95
3.2.5.4	Avaliação da estabilidade à oxidação lipídica	96
3.2.5.5	Avaliação microbiológica	96
3.3	ETAPA 3: DESENVOLVIMENTO DE UM PRODUTO EMPANADO DE FRANGO COM A ADIÇÃO DE FIBRAS ALIMENTARES COMO SUBSTITUTO DE GORDURA	98
3.3.1	Desenvolvimento da formulação do produto empanado de frango	98
3.3.2	Avaliações físico-químicas e microbiológicas	100
3.3.3	Avaliações de rendimento de cozimento	101
3.3.4	Análises instrumentais e sensoriais	101
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	103
4.1	CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DAS FIBRAS AL...	103
4.1.1	Composição proximal e fibra alimentar	103
4.1.2	Avaliação de pH e atividade de água	106
4.1.3	Avaliação de cor	108
4.1.4	Distribuição granulométrica e microscopia eletrônica de varredura	111
4.1.5	Propriedades de absorção de água e óleo e densidade das fibras	114
4.1.6	Avaliação das propriedades emulsionantes	118
4.1.7	Análises microbiológicas	120
4.1.8	Determinação contaminantes inorgânicos (chumbo e cádmio)	122
4.1.9	Seleção das fibras avaliadas para emprego em produtos cárneos	122
4.1.10	Análises complementares das fibras selecionadas	124
4.2	DESENVOLVIMENTO DE UM HAMBÚRGUER DE FRANGO COM A ADIÇÃO DE FIBRAS ALIMENTARES COMO SUBSTITUTO DE GORDURA	125
4.2.1	Avaliações de desempenho de cozimento	125
4.2.2	Análises instrumentais e sensoriais	133
4.2.2.1	Análise instrumental de textura	133
4.2.2.2	Análise sensorial com provadores	141

4.2.2.3 Análise instrumental de cor	153
4.2.3 Avaliações físico-químicas e microbiológicas	159
4.2.3.1 Avaliação da composição proximal e do conteúdo de fibra alimentar solúvel, insolúvel e total	159
4.2.3.2 Determinação do pH e da atividade de água (a_w)	163
4.2.3.3 Avaliação da estabilidade à oxidação lipídica	164
4.2.3.4 Avaliação microbiológica	167
4.3 DESENVOLVIMENTO DE UM PRODUTO EMPANADO DE FRANGO COM A ADIÇÃO DE FIBRAS ALIMENTARES COMO SUBSTITUTO DE GORDURA	169
4.3.1 Avaliações físico-químicas e microbiológicas	169
4.3.2 Avaliações de rendimento de cozimento	175
4.3.3 Análises instrumentais e sensoriais	175
5 CONCLUSÕES	181
6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	185
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	187
APÊNDICE A – CURVAS DE CALIBRAÇÃO PARA OS TERMOPARES UTILIZADOS NOS PROCESSOS DE COZIMENTO E PRÉ-FRITURA DESTE TRABALHO	211
APÊNDICE B – AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA E FICHA DE AVALIAÇÃO SENSORIAL DOS HAMBÚRGUERES DESENVOLVIDOS COM E SEM FIBRAS VEGETAIS ADICIONADAS COMO SUBSTITUTO DE GORDURA	213
APÊNDICE C – FICHA DE AVALIAÇÃO SENSORIAL DOS EMPANADOS DESENVOLVIDOS COM E SEM FIBRAS VEGETAIS ADICIONADAS COMO SUBSTITUTO DE GORDURA	215
APÊNDICE D – ANÁLISES ESTATÍSTICAS REALIZADAS PARA A OBTENÇÃO DOS MODELOS MATEMÁTICOS APRESENTADOS NESTE TRABALHO ..	217
ANEXO A – CERTIFICADO DE APROVAÇÃO DO PROJETO DESTE ESTUDO PELO COMITÊ DE ÉTICA DE PESQUISA COM SERES HUMANOS (CEPSH) DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA	221

1 INTRODUÇÃO

Quando comparados com as gerações anteriores, os consumidores de hoje têm mais opções de alimentos, maior variedade oferecida e uma melhor qualidade no que comem. Têm também um maior poder de escolha, mais informações sobre os produtos e, por terem grande mobilidade, podem conhecer diferentes ingredientes e sabores. Esta mobilidade e a maior concentração de pessoas nas cidades resultaram no rápido desenvolvimento das indústrias de alimentos e também dos pontos de vendas. Os consumidores de hoje exigem menor tempo de preparo, controle das porções, produtos que possam ser estocados para consumo posterior e alimentos que possuam apelo saudável (WEISS et al., 2010).

Dentre as opções existentes, a carne é um alimento versátil. Ela é uma das principais fontes de proteínas com alto valor biológico e uma excelente fonte de vitaminas do complexo B e de minerais como o ferro e o zinco. Alguns dos nutrientes presentes na carne, como o ferro, a vitamina B₁₂ e o ácido fólico, são escassos em outros alimentos (ARIHARA, 2006). Porém, ela ainda enfrenta preconceito por alguns grupos de consumidores e pesquisadores ativistas, como sendo negativa para a saúde (OLIVO; OLIVO, 2005). Uma das principais razões de críticas à carne é a presença de gorduras saturadas, considerada um fator de risco associado a casos de doenças coronárias e cânceres. Estas e outras preocupações, como as relacionadas com a segurança dos alimentos, têm levado a uma redução no consumo de carnes em algumas regiões, como na União Europeia (RAMOS; GOMIDE, 2007).

Embora um grande número de produtos cárneos com baixo teor de gordura tenha sido desenvolvido em diversos países, muitas indústrias de alimentos ainda têm sido cautelosas em adotar a tendência da funcionalidade e introduzir ingredientes com propriedades fisiologicamente funcionais em seus produtos. Porém, a utilização de ingredientes promotores de benefícios à saúde é um caminho para o desenvolvimento de alimentos funcionais. Estes ingredientes incluem as proteínas vegetais, as fibras, os antioxidantes naturais, os probióticos e os prebióticos (JIMÉNEZ-COLMENERO; CARBALLO; COFRADES, 2001).

Os tópicos de modificações de produtos cárneos que podem levá-los à funcionalidade e que têm sido assunto de diversos estudos são: modificações dos níveis de ácidos graxos e colesterol da carne, adição de óleos vegetais, adição de soja, adição de extratos naturais com propriedades antioxidantes, controle de cloreto de sódio, adição de óleos

de pescado, adição de produtos vegetais e adição de fibras vegetais (RODRÍGUEZ-CARPENA; MORCUENDE; ESTÉVEZ, 2011; GANHÃO; MORCUENDE; ESTÉVEZ, 2010; VELIOGLU et al., 2010; ARIHARA, 2006; FERNÁNDEZ-GINÉS et al., 2005).

As fibras vegetais são aplicáveis para adição em produtos cárneos e o seu emprego tem sido estudado em formulações de produtos cozidos para aumento do rendimento de cozimento e melhoria da textura. Vários tipos de fibra têm sido avaliados individualmente ou combinados com outros ingredientes em formulações de produtos cárneos com gordura reduzida, como produtos reestruturados e emulsionados (WEISS et al., 2010). Este tipo de aplicação poderia promover, indiretamente, uma maior ingestão de fibras pelos consumidores, que mesmo conhecendo os efeitos benéficos alcançados por este tipo de alimento ainda não o incorporaram em seus hábitos alimentares. No Brasil, o consumo de fibras alimentares vem diminuindo consideravelmente nas últimas décadas. Enquanto que na década de 70 o consumo de fibra alimentar por pessoa era de 19,3 gramas/dia, na década de 80 passou para 16,0 gramas/dia e na década de 90 caiu para 12,4 gramas/dia (LAJOLO; MENEZES, 2001). Mudanças no estilo de vida e, por consequência, dos hábitos alimentares das pessoas, tornam cada vez mais distantes estes valores da ingestão diária recomendada para um adulto ou adolescente que é superior a 20 gramas/dia.

O desenvolvimento de produtos cárneos funcionais, com a adição de fibras alimentares, preservando principalmente as propriedades sensoriais características, como a cor e a textura, pode ser um estímulo ao incremento de itens saudáveis na dieta dos consumidores. Alimentos de preparo rápido e de grande abrangência popular, como produtos cárneos reestruturados, vêm se tornando interessantes objetos de estudo nesta área (VERMA; SHARMA; BANERJEE, 2010; GARCÍA; CALVO; SELGAS, 2009). Porém, estudos que avaliem o impacto de fibras vegetais, de frutas e de legumes, nas propriedades físico-químicas, sensoriais e tecnológicas de produtos de conveniência, como hambúrgueres, almôndegas e empanados de carne de frango, ainda não foram relatados na literatura, sendo os mesmos restritos a poucos tipos de fibras e à sua aplicação em produtos de carne bovina e suína.

Diante disto, a redução do teor de gordura e a adição de ingredientes funcionais (fibras vegetais) em produtos cárneos reestruturados amplamente consumidos (como hambúrgueres e empanados) apresentam-se como tendências no desenvolvimento de

produtos na indústria de carnes. No entanto, no Brasil, ainda não existem opções comerciais de produtos cárneos reestruturados com adição de fibras vegetais para consumo em geral, podendo tornar os resultados deste estudo um referencial de interesse para as indústrias frigoríficas.

Neste contexto, o objetivo geral deste trabalho foi estudar os efeitos da adição de fibras vegetais como substitutos de gordura nas características físico-químicas, microbiológicas, sensoriais e tecnológicas de produtos cárneos reestruturados de frango (hambúrguer e produto empanado). Para atingir este objetivo geral, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- caracterizar e selecionar fibras vegetais comerciais com possibilidade de aplicação na indústria cárnea através de avaliações físico-químicas, microbiológicas e de interesse tecnológico (propriedades higroscópicas e emulsionantes, coloração e granulometria);
- desenvolver formulações de produtos reestruturados de carne de frango (hambúrguer) com reduzido teor de gordura e adição de fibras vegetais;
- gerar modelos matemáticos preditivos para variáveis de interesse industrial e dos consumidores (percentual de rendimento e encolhimento, dureza e mastigabilidade) através da metodologia de superfícies de resposta;
- avaliar a qualidade global dos hambúrgueres desenvolvidos, compreendendo: análises físico-químicas, microbiológicas e sensorial (instrumental (textura e cor) e com provadores (aceitação e metodologia de mapa de preferência)).
- desenvolver formulações de produtos empanados de carne de frango (tipo *nuggets*) com reduzido teor de gordura (adição de fibras vegetais);
- avaliar a qualidade global dos produtos empanados desenvolvidos, compreendendo: análises físico-químicas, microbiológicas e sensorial (instrumental (textura e cor) e com provadores).

1.1 ABORDAGEM DO TEMA

Este trabalho foi desenvolvido dentro da linha de pesquisa de desenvolvimento de processos e produtos do Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos (CPGEA). Compete ao profissional desta

área atuar em diversas etapas do desenvolvimento de um novo produto, como na pesquisa mercadológica, no desenvolvimento dos protótipos, na implantação ou na adaptação de um processo, na avaliação da viabilidade econômica, no acompanhamento da vida útil, nos processos de rotulagem e registro, no desenvolvimento de embalagens e na produção em larga escala. Porém, algumas destas etapas estão diretamente condicionadas à indústria que possui interesse no novo produto.

A pesquisa de mercado é intimamente ligada à região de atuação, ao público alvo, aos interesses regionais ou internacionais, à política de expansão e ao ramo da empresa. A engenharia dos processos depende dos equipamentos disponíveis na indústria, do interesse de aquisição de novas tecnologias, da adaptação de técnicas e máquinas já utilizadas e do capital financeiro da indústria. A viabilidade econômica está relacionada aos interesses competitivos, aos programas de lançamentos de novas linhas de produtos, à situação financeira da empresa, às estratégias de *marketing* e ao mercado consumidor preferencial. Além disto, produtos alimentícios que possuem um apelo específico junto aos consumidores, como os produtos funcionais, tendem a possuir custo superior aos convencionais, o que torna a avaliação financeira uma propriedade exclusiva da indústria, baseada em seus interesses mercadológicos. Diante disto, este trabalho focou a avaliação técnica do produto desenvolvido, cabendo às demais avaliações (como pesquisa de mercado, avaliação financeira, etc.) a realização de estudos específicos, definidos por futuros interessados nesta pesquisa.

O presente trabalho abordou o emprego de fibras vegetais em produtos cárneos reestruturados sob três linhas de estudo. A primeira delas avaliou seis diferentes tipos de fibras vegetais, disponíveis comercialmente, quanto às suas características físicas, químicas, tecnológicas e aspectos microbiológicos. Através desta análise preliminar, esperou-se comprovar que fibras comercialmente consideradas similares podem apresentar características distintas, gerando diferentes impactos quando aplicadas em produtos cárneos. Baseando-se nos resultados obtidos e também no interesse científico da geração de novos referenciais de literatura, foram selecionadas três fibras para aplicação na segunda linha de estudo. Essas fibras foram selecionadas com base na similaridade das suas características e propriedades físico-químicas (avaliadas neste estudo) e na disponibilidade comercial das mesmas para emprego em larga escala.

A segunda linha focou no desenvolvimento de um novo produto cárneo reestruturado, um hambúrguer de frango com adição de fibras, mediante o emprego das três opções de fibras selecionadas na primeira etapa do trabalho. Partindo de uma formulação base, diferentes quantidades de fibras foram utilizadas como substitutas totais da gordura adicionada, com níveis de adição pré-definidos a partir dos resultados obtidos por meio de um planejamento fatorial completo. Através de análises em laboratório, foram obtidas diferentes respostas que auxiliaram na geração de modelos preditivos para as principais variáveis de interesse no produto.

Tendo por base a formulação de hambúrguer com melhor desempenho de qualidade geral, foi realizado um terceiro estudo. Nessa nova etapa, a combinação de fibras vegetais utilizada no produto anterior foi aplicada como substituto de gordura em um produto empanado de carne de frango (*nugget*). Os resultados das análises físico-químicas, microbiológicas e sensoriais do produto desenvolvido foram comparados estatisticamente com os resultados das mesmas análises de um produto controle, sem a adição de fibras.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Este capítulo apresenta os aspectos teóricos encontrados na literatura que servirão de fundamento às aplicações, às análises, aos desenvolvimentos e às discussões apresentadas neste trabalho. Subdividida em cinco itens, esta revisão aborda os substitutos de gordura, suas funções e aplicações, as fibras alimentares, seus conceitos e composição, seus benefícios e efeitos adversos à saúde, o emprego de fibras alimentares no desenvolvimento de produtos cárneos e, por fim, uma abordagem sobre produtos cárneos reestruturados.

2.1 SUBSTITUIÇÃO DE GORDURA EM ALIMENTOS

2.1.1 As funções da gordura nos alimentos

A relação entre dieta e saúde sempre foi um tópico de interesse entre os profissionais da área de alimentos. Por consequência, uma crescente atenção é dada ao oferecimento de novos produtos que possam vir a provocar mudanças benéficas nos hábitos alimentares dos consumidores (WEISS et al., 2010).

Em países com condições sócio-econômicas favoráveis ao desenvolvimento, os consumidores têm contribuído com o crescimento contínuo das vendas de alimentos considerados como saudáveis sob o ponto de vista nutricional. Tais produtos possuem quantidades limitadas de alguns componentes, como sal, açúcar, cafeína, gordura ou colesterol. Além disto, pesquisas vêm sendo continuamente realizadas com o objetivo de encontrar alternativas para substituir ou reduzir estes componentes presentes nos alimentos (RODRÍGUEZ-CARPENA; MORCUENDE; ESTÉVEZ, 2012; GARRIDO et al., 2011; LÓPEZ-LÓPEZ et al., 2011; AJILA et al., 2010; SARIÇOBAN; YILMAZ; KARAKAYA, 2009; ÖZVURAL; VURAL, 2008; AYO et al., 2007; DESMOND, 2006; RUUSUNEN; PUOLANNE, 2005; RESURRECCION, 2003; JIMÉNEZ-COLMENERO; CARBALLO; COFRADES, 2001).

A gordura aparece como um dos constituintes dos alimentos mais estudados em pesquisas científicas, pois é de conhecimento geral a sua associação como fator de incidência de problemas cardiovasculares, obesidade e certos tipos de câncer (TOKUSOGLU; ÜNAL, 2003; AKOH, 1998). Dois fatores têm basicamente reforçado esta visão negativa: primeiro, os “padrões” de aparência física e, em segundo, a

necessidade de reduzir o consumo de alimentos altamente energéticos devido ao estilo de vida cada vez mais sedentário das pessoas (JIMÉNEZ-COLMENERO, 1996).

Fisiologicamente, as gorduras têm três funções básicas nos alimentos: agem como fonte de ácidos graxos essenciais (ácidos linolênico e linoleico); atuam no transporte de vitaminas lipossolúveis (A, D, E e K); e são importante fonte de energia. Do ponto de vista nutricional, apenas as duas primeiras funções podem ser consideradas como essenciais, uma vez que outros nutrientes, ou seja, carboidratos e proteínas, podem agir como fontes de energia. Normalmente, até mesmo as dietas muito baixas em gordura podem satisfazer essas exigências (PINHEIRO; PENNA, 2004; CREHAN, et al., 2000; ROLLER; JONES, 1996).

A função nutricional da gordura em alimentos não estaria completa sem mencionar o seu aspecto fisiológico/psicológico, principalmente quanto ao papel da mesma na obtenção da saciedade. Pesquisas têm demonstrado que o consumo de gordura está associado a um estado subsequente de saciedade, de tal forma que, implicitamente, a redução de gordura poderia conduzir a uma compensação de energia e ao aumento do consumo de alimentos. Porém, deve-se salientar que a maioria dos estudos sobre saciedade foi realizada utilizando substitutos de gordura não calóricos e não absorvíveis, como poliésteres de sacarose, por exemplo. Tais substitutos não foram aprovados para uso em alimentos e, conseqüentemente, esses estudos não retratam a realidade atual do mercado, onde são usadas gorduras miméticas para reduzir o conteúdo de gordura dos produtos alimentícios (ADITIVOS & INGREDIENTES, 2008).

As funções físicas e químicas da gordura em produtos alimentícios podem ser agrupadas, uma vez que a natureza química das gorduras determina, mais ou menos, suas propriedades físicas. Assim, o comprimento da cadeia de carbono de ácidos graxos esterificados com o glicerol, o seu grau de insaturação, a sua distribuição dos ácidos graxos e a sua configuração molecular (se estiverem na forma de isômeros *cis* ou *trans*), bem como o estado polimórfico da gordura, afetam as propriedades físicas dos alimentos, como por exemplo, viscosidade, ponto e características de derretimento, cristalinidade e espalhabilidade (ROLLER; JONES, 1996).

Como a gordura afeta as propriedades físicas e químicas dos produtos, conseqüentemente, seu uso pode apresentar algumas implicações práticas. As implicações mais importantes do emprego de gordura em alimentos são alguns comportamentos indesejáveis que o

produto alimentício pode apresentar durante o processamento (instabilidade ao calor, alterações de viscosidade, cristalização e aeração indesejáveis), algumas características de pós-processamento (sensibilidade à quebra/corte, gomosidade, migração e dispersão) e uma instabilidade de armazenamento, que pode incluir instabilidade física (desemulsificação, migração ou separação de gordura), instabilidade química (rancidez ou oxidação) e instabilidade microbiológica (alterações de atividade de água e risco à segurança) (ROLLER; JONES, 1996).

As gorduras têm uma função importante na determinação de quatro importantes características sensoriais de produtos alimentícios: a aparência, a textura, o sabor e o *mouthfeel* (derretimento, cremosidade, lubricidade e espessura) (CARRAPISO, 2007; JIMÉNEZ-COLMENERO, 2000; AKOH, 1998). Assim, a redução de gordura em produtos alimentícios deve levar em consideração o seu papel multifuncional, particularmente, sua presença na matriz do alimento. Este papel é fator determinante de suas propriedades químicas, físicas e sensoriais, bem como de suas características de processamento.

A importância relativa das diferentes funções da gordura no alimento varia de acordo com cada produto alimentício e do tipo de gordura usado. Quanto maior o número das características de qualidade determinadas pela gordura, mais acentuado será seu efeito, e mais complexa se tornará a abordagem requerida quando uma parte significativa da mesma for substituída.

2.1.2 Terminologia e classificação dos substitutos de gordura

Durante anos, diferentes termos têm sido utilizados para ingredientes desenvolvidos especificamente para substituição de gorduras em alimentos (AKOH, 1998; ROLLER; JONES, 1996). Inicialmente, o termo substituto de gordura foi usado para todos os ingredientes, indiferentemente da extensão na qual o ingrediente era capaz de substituir a gordura e dos princípios que determinam a sua funcionalidade.

Segundo Roller e Jones (1996), o principal interesse científico estava direcionado para o descobrimento de um ingrediente capaz de substituir completamente a gordura em todos os sistemas alimentícios. O ingrediente ideal precisaria ter a estrutura química e as propriedades físicas semelhantes às da gordura, mas precisaria ainda ser resistente à hidrólise pelas enzimas digestivas.

Na segunda metade dos anos 80, os únicos ingredientes capazes de cumprir com todas essas exigências eram compostos sintéticos. A principal diferença prática entre as combinações sintéticas e outros ingredientes lançados com a finalidade de substituição de gordura, consistia apenas na capacidade das combinações sintéticas em substituir a gordura em uma base peso por peso. Todos os outros ingredientes requeriam água para obter a sua funcionalidade e, sua capacidade em substituir a gordura se baseava no princípio de reproduzir (imitar) algumas características físicas e sensoriais associadas à presença de gordura no alimento. Consequentemente, o termo gordura mimética foi criado para distinguir este grupo de ingredientes (PINHEIRO; PENNA, 2004).

Rapidamente, passaram a ser usados, equivocadamente e de forma intercambiável, os termos em língua inglesa *fat substitute*, *fat replacer*, *fat extender*, *low-calorie fat* e *fat mimetic* (ADITIVOS & INGREDIENTES, 2008; PINHEIRO; PENNA, 2004; ROLLER; JONES, 1996). Em resumo, esses termos poderiam ser definidos da seguinte forma:

Fat replacer (repositor ou substituto de gordura): é um termo genérico para descrever qualquer ingrediente que substitua a gordura;

Fat substitute (substituto de gordura sintético): é um composto sintético projetado para substituir a gordura em igualdade de peso (*weight-by-weight*), apresentando uma estrutura química semelhante à gordura, mas resistente à hidrólise pelas enzimas digestivas;

Fat mimetic (gordura mimética ou imitador de gordura): é um substituto de gordura que necessita de alto conteúdo de água para atingir sua funcionalidade;

Low-calorie fat (gordura de baixa caloria): é um triglicerídeo sintético que combina ácidos graxos não convencionais na cadeia principal de glicerol, resultando em valor calórico reduzido;

Fat extender (extensor de gordura): é um sistema de substituição de gordura que contém uma proporção de gorduras e/ou óleos convencionais, combinados com outros ingredientes.

Uma das principais características dos ingredientes substitutos de gordura é a falta de similaridade entre ambos em termos de estrutura química e física específica. O que eles têm em comum, sob determinadas condições, é a capacidade de substituir a gordura e atender algumas propriedades funcionais associadas à mesma em um determinado produto (PINHEIRO; PENNA, 2004).

Por definição, os substitutos de gordura representam um grupo discrepante de ingredientes para os quais não é fácil prover uma classificação simples. Mesmo porque, alguns grupos incluem subgrupos de ingredientes de estrutura química e propriedades funcionais semelhantes, enquanto outros grupos contêm apenas um ou dois ingredientes desenvolvidos. Em resumo, uma aproximação sistemática baseada em uma única ou mais de uma características não pode ser usada, porque seriam excluídos muitos ingredientes. Assim, existem muitas alternativas disponíveis para substituição ou redução da gordura em alimentos. O conteúdo de gordura de um produto pode ser diminuído substituindo-o, total ou parcialmente, por um componente menos energético. O modo clássico é utilizar agentes espessantes; porém, há o inconveniente destes produtos serem considerados aditivos (ADITIVOS & INGREDIENTES, 2008).

Vários substitutos de gordura têm sido desenvolvidos. Tais produtos devem ter analogia funcional às gorduras que substituem, além de serem livres de efeitos tóxicos e não produzirem metabólitos diferentes daqueles produzidos pela gordura convencional, ou serem completamente eliminados do organismo.

A classificação proposta por Roller e Jones (1996) apresenta uma visão compreensiva das categorias de ingredientes que podem ser consideradas no desenvolvimento de produtos com baixo teor de gordura (incluindo os sintéticos) (ADITIVOS & INGREDIENTES, 2008; PINHEIRO; PENNA, 2004). A lista é baseada parcialmente na composição química e na funcionalidade dos ingredientes e inclui a combinação dos mesmos. São eles:

- a) Substitutos de gordura derivados de amido (como amidos modificados de mandioca, batata, milho e arroz);
- b) Substitutos de gordura baseados em fibras (como celulose microcristalina, hemiceluloses, β -glucanas, inulina e fibras vegetais);
- c) Substitutos de gordura baseados em proteínas (do soro do leite, do ovo e da soja);
- d) Gomas, géis e espessantes (como goma guar, goma xantana e carragena);
- e) Emulsificantes (como mono e diglicerídeos);
- f) Agentes de corpo (*bulking*) (como polialcoois e polidextroses);
- g) Gorduras de baixa caloria (como triglicerídeos de cadeia média);
- h) Extensores de gordura (como emulsões de óleos vegetais);

- i) Substitutos de gordura sintéticos (como polissacarídeos parcialmente esterificados);
- j) Sistemas combinados para substituição de gordura.

2.1.3 Estratégias para o emprego dos substitutos de gordura

Algumas estratégias possuem envolvimento direto no desenvolvimento de produtos alimentícios com redução de gordura. São elas que irão assegurar ou não o bom desempenho sensorial e a garantia da qualidade do produto desenvolvido.

Roller e Jones (1996) relatam que em função das recomendações nutricionais que apareceram no início dos anos 80, a primeira estratégia adotada foi simplesmente remover a gordura do produto padrão, sem qualquer tentativa de mudança sensorial. A indústria de laticínios foi a primeira a adotar tal estratégia, com a introdução do leite semidesnatado e, em sequência, do leite desnatado. Essa estratégia um pouco drástica, que mudou consideravelmente a qualidade sensorial do produto final, fez com que os céticos questionassem a sua aceitabilidade, ou ainda se, passado o período inicial de euforia das recomendações nutricionais, os consumidores não voltariam gradualmente a consumir o leite integral padrão, fazendo com que as variedades com gordura reduzida passassem a pertencer a um pequeno nicho de mercado.

Porém, a história provou o contrário e o consumo de leite com redução de gordura cresceu a uma taxa notável. A estratégia de remoção direta de gordura adotada pela indústria láctea demonstrou ser um sucesso, ganhando a aceitação do consumidor, apesar das mudanças óbvias das características sensoriais do produto.

Processamentos semelhantes ocorreram subsequentemente em outros setores da indústria da alimentação. Assim, as carnes cruas de boi, de suíno e de cordeiro estão disponíveis nos supermercados da maioria dos países desenvolvidos com um conteúdo de gordura que varia de 15% a 10% e, inclusive, abaixo de 5%. Carnes moídas desse tipo também já apareceram nas prateleiras dos supermercados.

Contudo, essa estratégia não é totalmente possível para a maioria dos produtos alimentícios, porque na maioria dos casos, a estabilidade física, as propriedades funcionais e, em muitos casos, a estabilidade microbiológica é adversamente afetada. O mesmo se aplica quando a gordura é substituída apenas pela água. Nesse caso, a remoção direta de gordura sem compensação limita a aplicabilidade, dependendo do tipo de produto e do nível de redução de gordura pretendido. O

número limitado de produtos para os quais esta estratégia pode ser aplicada levou ao desenvolvimento de novos métodos para redução de gordura em alimentos (WYLIE-ROSETT, 2009).

O principal desafio no desenvolvimento de alimentos com redução de gordura é que esta redução mantenha a qualidade do produto tradicional, com gordura, tão próxima quanto possível. Para a maioria dos produtos alimentícios, a redução de gordura é associada ao aumento do conteúdo de água. Sendo assim, a primeira necessidade para igualar-se à qualidade do produto padrão é estruturar a fase de água, pelo uso de ingredientes funcionais, como proteínas, gomas, estabilizantes, agentes de gelificação e outros espessantes, ou aumentando a quantidade dos agentes emulsificantes e das fibras. A escolha dos ingredientes depende do tipo de produto e do nível de redução de gordura desejado, contudo, esta escolha precisa ser equilibrada cuidadosamente contra os seus efeitos na variedade de características do produto. A estratégia requer conhecimento completo dos ingredientes disponíveis e compreensão das relações destes na estrutura da matriz do produto (WYLIE-ROSETT, 2009).

2.1.4 Considerações para o desenvolvimento de produtos com redução de gordura

É desejável que um produto com redução de gordura, quando comparado com o produto padrão, não apresente diferenças de qualidade impactantes sob os pontos de vista das indústrias, dos comerciantes e dos consumidores. As propriedades sensoriais dos produtos com redução de gordura determinam o sucesso ou o fracasso do produto diante dos consumidores. As pessoas terão a escolha entre sacrificar o sabor e a qualidade para reduzir calorias em sua dieta ou continuar consumindo um produto sensorialmente agradável, porém pouco saudável. Esta visão faz com que as indústrias busquem um equilíbrio, ou seja, a produção de alimentos com características nutricionais saudáveis e sensorialmente aceitáveis. O posicionamento de um produto em particular na dieta, em princípio, determinará o nível de redução de gordura requerido através de uma decisão mercadológica (TOKUSOGLU; ÜNAL, 2003).

Um importante fator a ser considerado para o desenvolvimento de produtos com substituição de gordura é o conhecimento do substituto que será empregado. As informações técnicas são fundamentais para que qualquer ajuste nos demais

ingredientes da formulação leve em conta as funcionalidades do substituto.

Implicações microbiológicas também devem ser consideradas no uso de substitutos de gordura. Uma redução do teor de gordura na formulação é usualmente associada com uma simultânea elevação do percentual de umidade, que também pode afetar a estabilidade microbiológica. Entretanto, por esta razão, a avaliação da atividade de água continua sendo um método básico de apuração da estabilidade microbiológica (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2008a).

O custo dos ingredientes utilizados para substituir gordura é outro importante fator no desenvolvimento de produtos com baixo teor de gordura. Embora os custos iniciais dos substitutos de gordura tenham sido considerados elevados, a competitividade e a produção em larga escala têm contribuído na redução dos mesmos. No entanto, para sobreviver ao mercado, um ingrediente necessita ter uma clara vantagem de desempenho sobre as alternativas já existentes. A avaliação isolada do custo não deve ser considerada como um parâmetro de decisão. Muitas vezes, o uso de um substituto de baixo custo implica em uma alteração de algum outro ingrediente da formulação que possa interferir negativamente no custo final do produto.

Ao desenvolver um produto onde a redução de gordura seja obtida pela incorporação de substitutos de gordura, é importante considerar ou estabelecer, primeiro, as características físicas e químicas dos ingredientes funcionais usados; em segundo, o que as possíveis interações com outros componentes alimentícios podem causar; e, em terceiro, as consequências no processo, ou ainda, que mudanças de processamento serão necessárias para alcançar a máxima funcionalidade (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2008a).

Nos últimos anos, dentre os diferentes substitutos de gordura existentes no mercado, as fibras alimentares têm sido objeto de estudo de uma diversidade de pesquisas na área de alimentos, incluindo a produção de produtos cárneos (DECKER; PARK, 2010; ZHANG et al., 2010). Opções de diferentes fontes vegetais, diferentes faixas de granulometria, funcionalidades variadas e um custo relativamente inferior a alguns substitutos de gordura tornam as fibras uma interessante alternativa para a substituição de gordura dos alimentos industrializados. Além disto, a fibra pode ser considerada como o ingrediente mais utilizado na elaboração de alimentos funcionais, representando mais de 50% do total de ingredientes do mercado (SAURA-CALIXTO, 2006).

2.2 FIBRAS ALIMENTARES

2.2.1 Histórico e definições

A compreensão do significado fisiológico de substâncias definidas como fibras alimentares e também do conceito de fibra alimentar progrediu consideravelmente nos últimos anos. Porém, ainda há muitos aspectos sobre as propriedades e funções das fibras alimentares que não estão muito esclarecidos. Os botânicos definem fibra como uma parte das organelas celulares, os analistas químicos como um grupo de compostos químicos, os consumidores como uma substância com efeitos benéficos à saúde humana, enquanto que as indústrias podem tratá-la apenas como objeto de *marketing* (RODRÍGUEZ et al., 2006).

Ainda não há uma definição geral aceitável para fibra alimentar no mundo, porém devem ser considerados progressos nos debates de como elas defini-las. A definição de um conceito preciso, mas ao mesmo tempo amplo, é vital para a indústria de alimentos e para os órgãos regulatórios. Segundo DeVries e Rader (2005), este conceito é importante para precisar e validar informações de embalagem e definir os critérios de apelos nutricionais.

Deve-se considerar uma evolução do conceito de fibra alimentar com o passar dos anos. Alguns relatos são encontrados até mesmo há muitos séculos atrás, quando em 400 a.C., Hipócrates já mencionava os efeitos benéficos das fibras. Suas conclusões eram referentes às propriedades laxativas do farelo de trigo (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2008b; DREHER, 2001). Já no início do século passado, apesar de Kellogg promover a sua ação positiva, McCance e Lawrance, em 1929, consideraram as fibras como a porção dos alimentos vegetais que irritavam o intestino (RODRÍGUEZ et al., 2006).

O termo fibra alimentar foi inicialmente empregado em 1953, por Hipsley para descrever os componentes das paredes celulares dos alimentos (IOM, 2001). O significado fisiológico de fibra alimentar foi elaborado em 1971, quando Burkitt recomendou uma ingestão de fibra alimentar para melhorar a atividade intestinal, baseado em observações comparativas da ingestão e enfermidades ocorridas em indivíduos dos Estados Unidos e da África (CUMMINGS; EDMOND; MAGEE, 2004). Ainda no início dos anos 70, Walker conduziu um estudo comparativo

entre as dietas de pessoas negras e brancas da África do Sul, onde concluiu que a população negra que consumia farinha de milho não refinada, com um alto conteúdo de fibras, possuía menor risco de desenvolver problemas de saúde, como arteriosclerose, hemorróidas e câncer do cólon. Ao contrário, a população branca apresentava alta incidência destas enfermidades (RODRÍGUEZ et al., 2006).

Ainda na década de 70, Burkitt e Trowell também realizaram alguns estudos na África (TROWELL, 1972). Eles descobriram que os nativos eram habituados a refeições ricas em cereais integrais, verduras, frutas e legumes e que muitas vezes o consumo de fibras alimentares chegava a até 150 gramas/dia, enquanto que em países desenvolvidos o consumo era de aproximadamente 15 gramas/dia. Por este motivo, os nativos não conheciam as doenças gastrointestinais (prisão de ventre, diverticulite, diverticulose, etc.) e todas as demais enfermidades comuns em países desenvolvidos e subdesenvolvidos, onde a ingestão de alimentos refinados e de origem animal superava a dos vegetais e alimentos integrais (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2008b).

Desde o início dos anos 70, quando Trowell (1972) inicialmente definiu fibra alimentar como os resíduos das paredes celulares vegetais que não são hidrolisados pelas enzimas digestivas presentes no homem, muitas definições têm sido propostas por diferentes órgãos nacionais e internacionais das áreas da saúde e segurança dos alimentos (AFSSA, 2002; IOM, 2001; PROSKY, 1999).

As propriedades fisiológicas das fibras alimentares determinam sua importância para o corpo humano e a ingestão diária necessária para uma dieta saudável. Por esta razão, alguns pesquisadores concordam que a definição de fibra alimentar deve ser baseada em critérios fisiológicos (CHAMP et al., 2003).

Antes de se considerar estas propriedades fisiológicas, é importante enfatizar que a fibra alimentar compreende diferentes componentes em proporções variadas em diferentes alimentos. Fibras alimentares de diferentes fontes podem não produzir os vários efeitos fisiológicos benéficos que diversas pesquisas demonstram. Alguns destes efeitos são específicos de algumas fibras (DIKEMAN; FAHEY JR, 2006). A não digestibilidade é a característica chave das fibras alimentares e deste modo é a chave de sua definição. Isto significa que elas não são nem digeridas nem absorvidas no intestino delgado e quando passam pelo intestino grosso são induzidas a diferentes efeitos. As mais recentes definições de fibras alimentares levam em conta estas características fisiológicas com diferentes ênfases (GRAY, 2006).

Em 1999, a Associação Americana de Químicos de Cereais propôs uma definição restrita a alimentos vegetais e que não incluía os aspectos fisiológicos. Esta definição foi atualizada em 2001 e tem como maior vantagem a sua simplicidade. Ela é mais precisa que as primeiras definições que se referem apenas a termos muito gerais para as propriedades fisiológicas das fibras. Este conceito define fibras alimentares como as partes comestíveis de plantas ou carboidratos análogos que são resistentes à digestão e à absorção no intestino delgado humano, com fermentação completa ou parcial no intestino grosso. Fibras alimentares incluem polissacarídeos, oligossacarídeos, lignina e outras substâncias associadas. Elas promovem efeitos fisiológicos benéficos como laxação, e/ou atenuação do colesterol e glicose sanguíneos (AACC, 2001).

O Instituto de Medicina dos Estados Unidos apresentou uma abordagem para a diferença entre componentes intrínsecos de alimentos vegetais, fibra alimentar e fibra adicionada, consideradas como fibra total. Esta definição foi modificada posteriormente, durante o desenvolvimento de referências de ingestão diária. Fibra adicionada foi reclassificada como fibra funcional, que indica a quantidade requerida de fibra para a promoção de benefícios fisiológicos e funcionalidade dos carboidratos não digeríveis adicionados aos alimentos. No entanto, esta definição não inclui nenhuma definição precisa das características fisiológicas das fibras. O conceito elaborado é o de que fibras alimentares consistem em carboidratos não digeríveis e lignina, que são intrínsecos e intactos nas plantas. Define ainda que fibra adicionada (funcional) consiste em carboidratos não digeríveis, isolados e que possuem efeitos fisiológicos benéficos aos seres humanos. A fibra total é considerada a soma da fibra alimentar e da fibra adicionada (IOM, 2001).

Há alguns anos, a Agência Francesa de Segurança Sanitária dos Alimentos revisou definições já existentes sobre fibras alimentares (AFSSA, 2002). Segundo este órgão, a fibra alimentar consiste de polímeros de carboidratos (com grau de polimerização ≥ 3) de origem vegetal, que podem ou não estarem associados com lignina ou outros componentes sem carboidratos (como por exemplo, polifenóis, ceras, saponinas, cutinas e fitoesteróis). O mesmo órgão define ainda que as fibras alimentares podem ser polímeros de carboidratos (com grau de polimerização ≥ 3) processados (por métodos físicos, enzimáticos ou químicos) ou sintéticos. Além disto, a fibra alimentar não é digerida e nem absorvida no intestino delgado, devendo possuir pelo menos uma das seguintes propriedades: aumentar a produção fecal (sem diarreia),

estimular a fermentação colônica, reduzir os níveis de colesterol pré-prandial ou reduzir os níveis de açúcar e/ou insulina no sangue pós-prandial.

Ainda segundo a AFSSA (2002), a decisão em restringir o tamanho dos polímeros de carboidratos com um grau de polimerização ≥ 3 é baseado principalmente em duas razões. A primeira razão é que os oligossacarídeos ($3 \leq$ grau de polimerização < 12) são naturalmente presentes nas plantas. No geral, eles são geralmente altamente fermentáveis e com propriedades prebióticas atribuídas a alguns deles, como a inulina e os α -galactosídeos. A outra razão é quanto à exclusão dos compostos com grau de polimerização 1 e 2. Carboidratos com grau de polimerização 1 são, em geral, parcialmente absorvidos no intestino delgado enquanto os carboidratos com grau de polimerização 2 são indigeríveis no intestino delgado. O termo “polímeros de carboidratos” foi o escolhido pelos membros deste grupo para substituir o termo “oligo- e polissacarídeos”.

Esta definição tem sido considerada uma das mais compreensíveis dos últimos anos. Em comum com a definição da Associação Americana de Químicos de Cereais, ela inclui que as fibras alimentares são polímeros de carboidratos naturalmente presentes em alimentos vegetais. Assim como a definição do Instituto de Medicina dos Estados Unidos, a qual também abrange fibras processadas e sintéticas, devido às propriedades fisiológicas destes materiais (IOM, 2001).

Segundo a Comissão do *Codex Alimentarius* (CAC, 2006), fibras alimentares são polímeros de carboidratos com um grau de polimerização maior ou igual a 3, não digeridos nem absorvidos pelo intestino delgado. Isto inclui três tipos de polímeros de carboidratos: os comestíveis (naturalmente presentes nos alimentos), os extraídos de matérias-primas alimentares por métodos físicos, químicos ou enzimáticos e os sintéticos. Esta definição possui uma grande vantagem sobre as primeiras definições analíticas simplesmente pelo fato dela possuir boa abrangência em relação às características físico-químicas e fisiológicas.

O Conselho de Saúde da Holanda (HCN, 2006) define fibras alimentares como substâncias não digeridas ou absorvidas no intestino delgado humano, que possuem estrutura de carboidratos, compostos análogos aos carboidratos, lignina e outras substâncias relacionadas.

No Brasil, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária, em seu Regulamento Técnico sobre Rotulagem Nutricional de Alimentos Embalados, define fibra alimentar como qualquer material comestível

que não seja hidrolisado pelas enzimas endógenas do trato digestivo humano (BRASIL, 2003). Outras definições foram previamente elaboradas em outras publicações oficiais, porém todas foram revogadas em lei por este regulamento.

Os debates continuam e outras opiniões têm favorecido a um retorno à definição original de fibra que simplifica com o conceito de que fibra alimentar consiste de polissacarídeos intrínsecos das paredes celulares vegetais (GRAY, 2006).

O termo fibra alimentar solúvel ou insolúvel oferece há tempos uma maneira útil e simples de classificação das fibras alimentares quanto as suas diferentes propriedades fisiológicas. Por um lado, há fibras que afetam principalmente a absorção de glicose e de gordura. Historicamente, isto se refere às fibras solúveis, pois muitas delas são viscosas e formam géis no intestino delgado, como as pectinas e as β -glucanas. Por outro lado, algumas fibras alimentares têm grande influência na função intestinal por sua fermentação lenta e incompleta e são referidas como insolúveis (incluindo celulose e lignina). O Quadro 1 mostra um comparativo entre as fibras diante desta classificação conceitual.

Porém, a simples distinção fisiológica é inapropriada, pois algumas fibras insolúveis são rapidamente fermentadas e outras solúveis não afetam a absorção de glicose e gordura. Como os termos solúvel e insolúvel podem ser confundidos, a Organização Mundial da Saúde (OMS) e a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) recomendam desde 1998 que eles não deveriam ser amplamente utilizados (GRAY, 2006).

Quadro 1 – Fibras: tipos, fontes e ações.

Classificação	Tipos	Fontes	Ações
Fibras Solúveis	Pectina, Gomas, Mucilagem, Beta glucana, 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 sanguíneo; - 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; - Estimulo ao bom funcionamento intestinal (aceleração do trânsito); - Prevenção de constipação intestinal.

Fonte: GRAY, 2006.

2.2.2 Composição e tipos de fibra alimentar

Embora o conceito de fibra alimentar tenha sido debatido por décadas, os constituintes que vêm sendo considerados como partes dela não são muito diferentes daqueles discutidos há muitos anos atrás. Eles consistem primariamente de polímeros de carboidratos (polissacarídeos não amiláceos) que são os componentes das paredes celulares vegetais, incluindo a celulose, as hemiceluloses e as pectinas, assim como os outros polissacarídeos de origem de plantas ou algas, como as gomas e mucilagens, e oligossacarídeos como a inulina. Carboidratos não digeríveis análogos que passam através do intestino delgado sem alterações, porém são fermentados no intestino grosso, também devem ser incluídos como, por exemplo, os amidos resistentes, os frutooligossacarídeos, os galactooligossacarídeos, as celulosas modificadas e polímeros de carboidratos sintetizados, como a povidexose (TUNGLAND; MEYER, 2002).

Substâncias associadas, principalmente a lignina, e compostos menores incluindo ceras, cutinas, saponinas, polifenóis, fitatos e fitoesteróis, são também incluídos. No entanto, com exceção da lignina, estas substâncias associadas, quando isoladas, poderiam não ser descritas como fibras alimentares. As definições da Agência Francesa de Segurança Sanitária dos Alimentos (AFFSA, 2002) e do *Codex Alimentarius* (CAC, 2006) excluem polímeros de carboidratos com um grau de polimerização menor que 3. Os componentes mais importantes das fibras alimentares são brevemente descritos a seguir.

2.2.2.1 Celulose

A celulose é um polissacarídeo não ramificado que é constituído apenas de unidades de glicose (acima de 10.000 unidades de glicose por molécula). As moléculas lineares são muito próximas e compactadas em longas fibras, em uma estrutura que é muito insolúvel e resistente para as enzimas digestivas dos humanos. A celulose é o principal componente das paredes celulares das maiorias das plantas, estando presente nas frutas, vegetais e cereais. A maioria das fibras dos grãos de cereais é constituída de celulose. Ela compreende cerca de um quarto da fibra alimentar presente em grãos e frutas e um terço em vegetais e nozes (GRAY, 2006).

2.2.2.2 Hemicelulose

As hemiceluloses (pentosanas e hexosanas) são polissacarídeos que contêm outros açúcares além da glicose, e que são associados à celulose na parede celular das plantas. Elas incluem moléculas de cadeias lineares e ramificadas, menores que as de celulose, tipicamente contendo de 50-200 unidades de pentoses (xilose e arabinose) e unidades de hexoses (glicose, galactose, manose, ramnose e ácidos glucurônico e galacturônico). O nome hemicelulose descreve um grupo heterogêneo de estruturas químicas que são presentes nos vegetais comestíveis, nas formas solúveis e insolúveis em água. Aproximadamente um terço da composição da fibra alimentar em vegetais, frutas, legumes e nozes consiste de hemiceluloses (GRAY, 2006).

2.2.2.3 Pectinas

As pectinas são polissacarídeos que são solúveis em água quente e que formam géis quando resfriadas. Elas são compostas principalmente por cadeias de ácido galacturônico entremeadas com unidades de ramnose e são ramificadas com cadeias de unidades de pentose e hexose. Elas estão presentes nas paredes celulares e nos tecidos intracelulares das frutas e vegetais, sendo utilizadas como agentes gelificantes e espessantes em vários alimentos (TUNGLAND; MEYER, 2002). Embora as frutas contenham a maioria das pectinas (5 a 10%), elas também representam entre 15 e 20% do teor de fibra alimentar nos vegetais, legumes e nozes. As pectinas também podem ser extraídas industrialmente de cascas de frutas cítricas e de bagaço de maçã (IOM, 2002).

2.2.2.4 β -glucanas

As β -glucanas são polímeros de glicose. Diferentemente da celulose, as ligações entre as unidades são variáveis, possuindo uma estrutura ramificada e menor. Estas propriedades influenciam a sua solubilidade, possibilitando a elas a formação de soluções viscosas. As β -glucanas são o maior componente das paredes celulares em grãos de aveia e cevada, porém estão presentes em pequena quantidade no trigo. Elas têm despertado um grande interesse como fonte de fibra solúvel. Farelo de aveia tem sido adicionado em alguns tipos de alimentos cárneos como fonte de β -glucanas (PIÑERO et al., 2008).

2.2.2.5 Amido resistente

Amidos e produtos da degradação de amidos que não são absorvidos no intestino delgado de seres humanos saudáveis são referenciados como amidos resistentes. Eles estão presentes em uma grande variedade de alimentos que contém carboidratos em diferentes proporções. Quatro classes de amidos resistentes têm sido identificadas: amido fisicamente inacessível (RS1), presente em sementes e leguminosas; grânulos de amido nativo (RS2) que são frações não gelatinizadas de amido e pouco suscetíveis ao ataque enzimático; amido gelatinizado retrogradado (RS3); e amido quimicamente modificado (RS4) para adquirir resistência à digestão (GOLDRING, 2004).

Os legumes são uma das maiores fontes de RS1, pois possuem paredes celulares espessas que tornam o amido inacessível às enzimas. A maior fonte de RS2 nas dietas é a banana, cujo amido é muito resistente à hidrólise enzimática. Repetidos ciclos de aquecimento e resfriamento aumentam os níveis de RS3 em alguns alimentos, como em batatas.

O conteúdo de amido resistente de um alimento pode ser alterado durante a estocagem, dependendo da temperatura e da quantidade de água. Este conteúdo também pode ser alterado durante o preparo do alimento. Conseqüentemente, uma determinação exata do conteúdo de amido resistente no momento do consumo do alimento é muito difícil (IOM, 2002).

2.2.2.6 Oligossacarídeos não digeríveis

Os oligossacarídeos não digeríveis com grau de polimerização variando entre 3 e 10 ocorrem naturalmente em vegetais, cereais e frutas. Eles podem ser sintetizados quimicamente ou enzimaticamente por monossacarídeos ou dissacarídeos, ou por hidrólise enzimática de polissacarídeos (TUNGLAND; MEYER, 2002). Eles são incluídos na definição de fibra alimentar, pois, como resultado da sua não digestibilidade, exibem efeitos fisiológicos semelhantes aos grandes polissacarídeos (HAULY; MOSCATTO, 2002). Geralmente são altamente fermentáveis e alguns possuem propriedades prebióticas (como as frutanas), afetando benéficamente o hospedeiro, por estimularem seletivamente a proliferação ou atividade de populações de bactérias desejáveis no cólon (SAAD, 2006).

2.2.2.7 Outros compostos sintéticos de carboidratos

De acordo com Gray (2006), assim como a própria celulose, derivados sintéticos da mesma, como metilcelulose e hidróxi propil metil celulose (HPMC), não são digeríveis. Diferente de sua origem, eles são solúveis, porém altamente fermentáveis pela microbiota colônica.

A polidextrose é um polímero de carboidrato não digerível com um grau de polimerização médio de 12, sintetizado pela glicose e sorbitol, utilizando um ácido orgânico como catalisador (geralmente o ácido cítrico). O resultado é uma estrutura complexa e resistente à hidrólise por enzimas digestivas. Ela é parcialmente fermentada no cólon (cerca de 50% nos humanos) e possui propriedades prebióticas.

2.2.2.8 Gomas e mucilagens

Os hidrocolóides compreendem uma grande variedade de polissacarídeos viscosos. Eles são derivados de exsudatos de plantas (gomas arábica e alcatira), sementes (gomas guar e locusta) e extratos de algas marinhas (ágar, carragenas e alginatos) (TUNGLAND; MEYER, 2002).

As mucilagens estão presentes nas células da camada externa de sementes, como por exemplo, de algumas famílias de bananeiras. Estes hidrocolóides são utilizados em pequenas quantidades como agentes gelificantes, espessantes, estabilizantes e emulsificantes em alguns alimentos (ULU, 2006).

2.2.2.9 Lignina

A lignina é um composto fenólico polimérico e complexo que não é um polissacarídeo, porém é quimicamente ligado à hemicelulose na parede celular vegetal. Por esta razão é intimamente associada aos polissacarídeos da parede celular. Este fato também influencia na fisiologia gastrointestinal. Ela está presente nos alimentos como um componente lenhoso, como o aipo, e nas camadas externas dos grãos de cereais. A lignina não é digerida, absorvida e nem atacada pela microflora bacteriana do cólon. Uma de suas propriedades mais interessantes é a de se unir aos ácidos biliares e ao colesterol, diminuindo as suas absorções pelo intestino delgado (ÁLVAREZ; SÁNCHEZ, 2006).

2.2.3 Fontes alimentares

A maior fonte de fibras alimentares e carboidratos não digeríveis são os alimentos vegetais como os cereais, os legumes, as hortaliças, as frutas e as sementes. O Quadro 2 apresenta algumas fontes naturais dos vários componentes das fibras alimentares. A Figura 1 ilustra as estruturas químicas de alguns dos principais componentes das fibras alimentares.

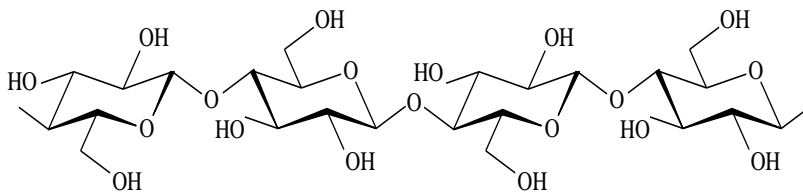
Quadro 2 – Fontes naturais dos diferentes componentes da fibra alimentar.

Componente da fibra	Fonte alimentar natural
Celulose	Vegetais, plantas lenhosas, farelos de cereais
Hemicelulose	Grãos de cereais
Lignina	Farelos de cereais, cascas de legumes e arroz, plantas lenhosas
β -glucanas	Grãos (aveia, cevada, centeio, trigo)
Pectinas	Frutas, vegetais, legumes, beterraba, batata
Gomas	Legumes, algas marinhas, microrganismos (guar, carragena, xantana, arábica)
Inulina e oligofrutoses (frutooligossacarídeos)	Chicória, alcachofra, cebola
Oligossacarídeos	Leite humano, legumes em grãos
Amidos resistentes (tipos RS1 e RS2)	Legumes em grãos, milho, batata, banana verde

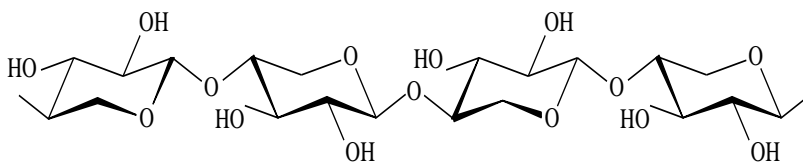
Fonte: GRAY, 2006.

Figura 1 – Estruturas químicas dos principais componentes das fibras alimentares.

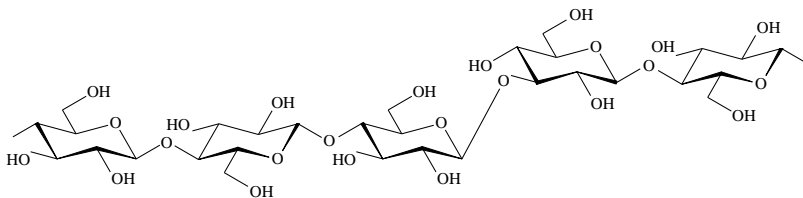
Celulose



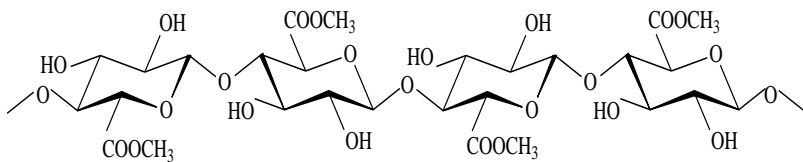
Hemicelulose



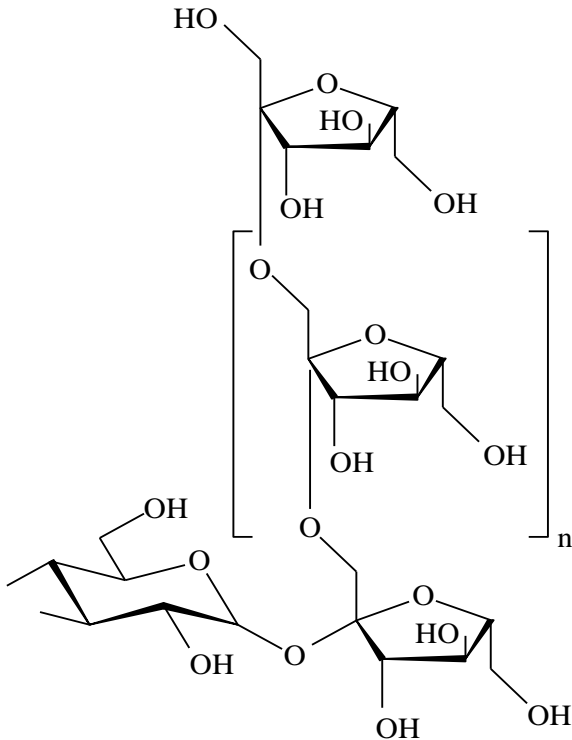
β -glucana



Pectina



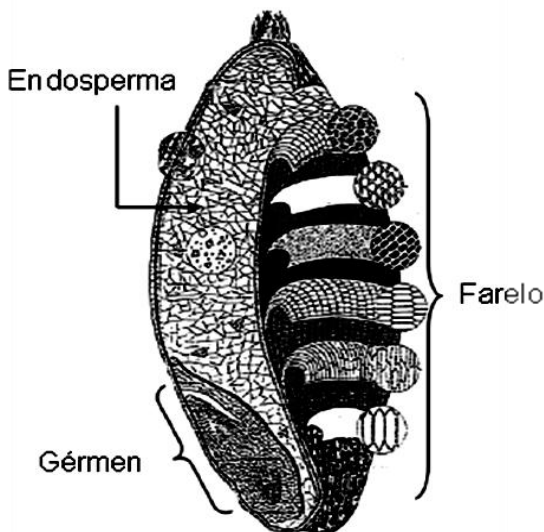
Inulina



O termo grão inteiro é frequentemente utilizado para cereais, dos quais os que apresentam maior consumo como alimentos são o trigo, o arroz, o milho, a aveia e o centeio. Outros cereais também são importantes fontes alimentares, embora em menor quantidade, como a cevada, o tritcale, o painço e o sorgo. O trigo-mouro, o arroz selvagem, o amaranto e a quinoa não são classificados botanicamente como grãos, porém são associados com o termo em um contexto alimentar, pois possuem componentes similares. O grão inteiro consiste de uma casca protetora, abaixo da qual está uma camada fina (farelo), uma outra camada proteicamente rica em aleurona, o endosperma (com 50-75% de

amido) e o gérmen (GRAY, 2006). A Figura 2 ilustra a estrutura de um grão inteiro.

Figura 2 – Estrutura do grão inteiro.



Fonte: GRAY, 2006.

Os primeiros produtos com fibras que surgiram no mercado, há mais de um século, eram considerados como reguladores intestinais e foram representados pelos cereais matinais da empresa Kellogg's, elaborados fundamentalmente de trigo e milho. O trigo continua sendo a matéria-prima mais utilizada para concentrados de fibras e enriquecimento de alimentos com fibras. Isso se deve basicamente às suas propriedades de regulação intestinal e principalmente ao seu baixo custo (SAURA-CALIXTO, 2006).

Segundo o mesmo autor, tem se observado um incremento importante na utilização de frutas e subprodutos do seu processamento para se obter fibras de maior qualidade nutricional. Comparativamente, os fatores determinantes da maior qualidade das fibras de frutas em relação às de cereais são: uma composição mais equilibrada (maior porcentagem de fibra solúvel), menor quantidade de ácido fítico (sequestrante de minerais), maior capacidade de retenção de água, maior capacidade de intumescimento, menor conteúdo calórico (menos

proteína e amido), maior fermentabilidade colônica (efeito prebiótico) e maior quantidade de compostos bioativos associados.

No entanto, uma proporção variável de fibras alimentares também pode ser derivada de carboidratos indigeríveis, tanto isolados como sintéticos, incorporados aos alimentos na forma de, por exemplo, oligossacarídeos não digeríveis (frutooligossacarídeos, galactooligossacarídeos), amidos resistentes, maltodextrinas resistentes e polidextroses. O Quadro 3 mostra algumas destas fibras modificadas e sintéticas.

Quadro 3 – Algumas fibras sintéticas e modificadas.

Componente da fibra	Processo de produção
Celulose	Transfrutossilação da sucrose com β -frutosidase do <i>Aspergillus niger</i>
Oligofrutose	Degradação enzimática parcial de inulina de planta nativa
Galactooligossacarídeo	Transgalactosilação enzimática da lactose
Glucooligossacarídeos	Transglicosilação usando dextransucrase de <i>Leuconostoc mesenteroides</i>
Xilooligossacarídeo	Hidrólise enzimática parcial de xilana pela xilanase de <i>Trichoderma</i> sp.
Polidextrose	Polimerização térmica da glucose com sorbitol e ácido (como catalisador)
Maltodextrinas resistentes	Tratamento térmico alcalino do amido
Amidos resistentes	Retrogradação de amidos com alta amilose

Fonte: GRAY, 2006.

2.3 BENEFÍCIOS À SAÚDE

Desde que o conceito de fibra alimentar foi estabelecido há algumas décadas, tem sido sugerido que um consumo insuficiente de fibra alimentar contribui para o excesso de desordens crônicas como constipação, diverticulites, hemorróidas, apendicites, varicoses, diabetes, obesidade, problemas cardiovasculares e câncer do intestino grosso, além de outros tipos de câncer (KENDALL; ESFAHANI; JENKINS, 2010; MENEZES et al., 2009; TOMA et al., 2009;

VITAGLIONE; NAPOLITANO; FOGLIANO, 2008; CHAMP et al., 2003).

Além disso, é evidente que os componentes individuais da fibra alimentar possuem efeitos fisiológicos diferentes e, por esta razão, possuem diferentes potenciais para redução de riscos de enfermidades. Conforme a sua definição, a fibra alimentar pode fazer parte da categoria de alimentos funcionais, pois interfere em uma ou mais funções do corpo de maneira positiva (FILISETTI, 2006). Os próximos tópicos apresentam algumas atuações das fibras alimentares no organismo humano.

2.3.1 Funcionamento intestinal e constipação

A consistência fecal, o peso fecal e a frequência de defecação são indicadores de funcionamento intestinal e colônico. O tempo de trânsito intestinal (tempo em que as substâncias levam para atravessar o intestino) possui uma considerável variação entre os indivíduos saudáveis (24-72 horas). A maior parte deste tempo (16-64 horas) é gasto no intestino grosso (GRAY, 2006). A ingestão de fibra alimentar é um grande determinante no peso fecal, o qual aumenta, porém num menor tempo de trânsito (BROWNLEE, 2009; OAKENFULL, 2001). Os ácidos graxos de cadeia curta gerados pela fermentação diminuem o pH dentro do cólon e, juntamente com o gás produzido estimulam o peristaltismo (RODRÍGUEZ et al., 2006).

Tradicionalmente considerada como sendo a necessidade em forçar a defecação, a constipação é definida diferentemente em termos de regularidade de movimentos intestinais, da consistência e do peso fecal. Vários tipos de fibra alimentar parecem prevenir e amenizar este inconveniente (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2008b).

O farelo de trigo tem se mostrado bastante efetivo no aumento da consistência fecal, embora a celulose isolada também seja efetiva neste aumento. (CUMMINGS; EDMOND; MAGEE, 2004). Tem sido estimado que a ingestão de fibras deve aumentar em 35-45 gramas por dia a fim de alcançar a massa fecal crítica de 160-200 gramas por dia, necessária para minimizar o risco de constipação (SPILLER; SPILLER, 2001).

As propriedades de hidratação em água das fibras podem determinar a sua atuação no trato digestivo (indução à fermentação) e sobre os efeitos fisiológicos (volume fecal) por elas proporcionados. Diferentes aspectos de hidratação das fibras podem ser distintos e

necessitam de uma definição conceitual mais clara. Diversos estudos se referem às capacidades de absorção, hidratação, retenção, ligação, solubilidade ou intumescimento das fibras em água (ASGHAR, 2009; ROSELL; SANTOS; COLLAR, 2009; NEVES; SANTANA; VALENÇA, 2008; SANTANA, 2005; GUILLON; CHAMP, 2000; ROBERTSON et al., 2000).

Segundo Guillon e Champ (2000), devem ser consideradas como propriedades de hidratação: o intumescimento, definido como “o volume ocupado por um peso conhecido de fibra nas condições de uso”; a capacidade de retenção de água, definida como “a quantidade de água retida por um peso conhecido de fibra nas condições de uso”; e a absorção de água definida como “a cinética do movimento da água sob condições definidas”. O termo capacidade de retenção de água (CRA) é preferível em relação aos termos “ligação” e “aprisionamento”. O intumescimento e a CRA fornecem uma visão geral da hidratação da fibra, muito útil para aquelas utilizadas na elaboração de alimentos.

De acordo com os mesmos autores, a composição química, a morfologia e as características físicas das fibras influenciam nos valores das propriedades de hidratação. Fibras compostas principalmente por materiais das paredes celulares primárias apresentam, em geral, maiores valores de hidratação que fibras compostas por materiais das paredes celulares secundárias. Processos como moagem, secagem, aquecimento, cozimento ou extrusão, por exemplo, provocam modificações nas propriedades físicas da matriz fibrosa, com conseqüente alteração nas propriedades de hidratação.

2.3.2 Diverticulose

A diverticulose do cólon é caracterizada por pequenas hérnias na parede colônica, as quais são normalmente assintomáticas. Elas podem causar dor quando inflamadas como um resultado da ação bacteriana. Há evidências de estudos de observação e intervenção, que a ingestão de fibra alimentar protege e pode aliviar os sintomas deste problema. Fibras não viscosas, como a celulose, são particularmente efetivas nesta condição (IOM, 2002).

2.3.3 Câncer colorretal e outros tipos de câncer

Alguns autores consideram que o efeito da fibra alimentar sobre o câncer de cólon e de reto (colorretal) é um tema de controvérsias (LAWLOR; NESS, 2003; MAI et al., 2003). A carcinogênese é um

processo biológico complexo que em alguns casos resulta de mutações genéticas hereditárias, porém também é influenciada por fatores externos como uma dieta alimentar. A fibra alimentar promove efeitos que podem contribuir para a redução do risco de câncer colorretal segundo Rodríguez et al. (2006). Estes efeitos incluem a diluição e a ligação dos carcinógenos, mudanças no perfil de sais biliares no cólon, aumento da velocidade de trânsito intestinal e efeitos nos produtos finais da fermentação de carboidratos não digeríveis e substâncias análogas (inulina, amido resistente e farelo de trigo).

Em estudos interventivos, de qualquer modo, suplementos com fibras não influenciaram o surgimento ou reaparecimento de adenomas (SCHEPPACH et al., 2004). De acordo com o Instituto de Medicina dos Estados Unidos (IOM, 2001) e posteriormente de acordo com o Conselho de Saúde da Holanda (HCN, 2006), a evidência geral para um efeito da ingestão de fibra total no risco de câncer colorretal não é suficiente para servir de base para as diretrizes de ingestão recomendada de fibra alimentar.

Segundo Jenkins et al. (2004), dados observados na relação entre fibra alimentar e o surgimento de outros tipos de câncer são inconsistentes. Apesar disto, muitos estudos têm demonstrado uma redução no risco de câncer de mama entre mulheres pós-menopausa que consumiam altas quantidades de fibra, embora estudos prospectivos não confirmem esta associação. Há alguma evidência, no entanto, que a ingestão de grão inteiro é preventiva contra o câncer de mama, e que o risco de câncer de estômago é inversamente correlacionado ao consumo de grãos inteiros. Apelos de que dietas ricas em grãos inteiros, frutas e vegetais reduzem o risco de alguns tipos de câncer são aprovadas para critérios de rotulagem nos Estados Unidos, porém com limitações em outros lugares (IOM, 2002).

2.3.4 Doenças Coronarianas

Estudos interventivos mostraram efeitos benéficos moderados das fibras alimentares nos fatores de risco de doenças coronarianas, como lipídios no sangue, pressão sanguínea e espessura das paredes arteriais (KENDALL; ESFAHANI; JENKINS, 2010; DONATTO; PALLANCH; CAVAGLIERI, 2006; GRAY, 2006). Segundo o Instituto de Medicina dos Estados Unidos (IOM, 2001) e o Conselho de Saúde da Holanda (HCN, 2006), um efeito da ingestão de fibra total no risco de doenças coronarianas é plausível o suficiente para servir de base para

diretrizes de ingestão recomendada de fibra alimentar. Fibras de cereais e frutas podem ser consideradas as de particular importância.

Muitos mecanismos têm sido colocados em evidência para explicar o aparente efeito preventivo das fibras alimentares no sistema cardiovascular. Estes incluem mudanças na absorção de colesterol e na reabsorção de ácidos biliares, alterações na produção de lipoproteínas no fígado e mudanças na liberação de lipoproteínas na circulação sanguínea. Todos estes podem resultar em menores níveis dos colesterol LDL e total, os quais podem reduzir o risco de doenças coronarianas (XU et al., 2006). A fibra alimentar pode retardar a absorção de gordura e carboidratos pelo intestino delgado e pode ter efeitos concomitantes no metabolismo da insulina. Ela também pode diminuir o nível de triglicerídeos circulantes e como resultado reduzir o risco de doenças coronarianas. O aumento do consumo de fibras altamente viscosas como as β -glucanas, as pectinas e a goma guar está associado com reduções significativas nos níveis de colesterol no sangue em sujeitos acima do peso e obesos assim como em indivíduos hiperlipidêmicos. No entanto, componentes de fibras alimentares como fibras não viscosas (por exemplo, fibra de trigo e celulose) não exercem influência sobre os lipídios sanguíneos (AACC, 2001).

2.3.5 Diabetes mellitus tipo 2 e fatores relacionados

Alguns estudos em grupos de pacientes mostram uma associação inversa entre a ingestão de fibra alimentar total e o risco de diabetes mellitus tipo 2 (CHAMP et al., 2003), porém alguns outros estudos não demonstram esta associação (JENKINS et al., 2004). Alguns órgãos de saúde têm mostrado interesse nestes resultados assim como em estudos sobre fatores de risco para o diabetes. Eles concluíram que a fibra alimentar total possivelmente reduz o risco de diabetes tipo 2. A evidência de que a fibra alimentar proveniente de grãos inteiros, ou talvez o consumo de cereais, reduz o risco de diabetes tipo 2 é maior que a para fibra alimentar total (TUNGLAND; MEYER, 2002).

O efeito dos alimentos com grãos inteiros pode ser resultado dos seus efeitos no índice glicêmico. A presença de alguns tipos de fibra alimentar retarda a absorção de glicose pelo intestino delgado, diminuindo a elevação da taxa de glicose no sangue e reduzindo o nível máximo da mesma (CHAMP et al., 2003).

2.3.6 Saciedade e peso corporal

A obesidade tem se tornado um problema de saúde pública em grande parte da população mundial. Alimentos ricos em fibra alimentar tendem a ser volumosos e possuir baixa energia. Por esta razão, é defendido que a fibra alimentar pode promover saciedade e satisfação e desempenhar um importante papel no controle do balanço calórico e do peso corporal (BROOKS et al., 2006).

Isto é apoiado por dados prospectivos observacionais que mostram uma associação negativa entre o consumo de fibra alimentar e o índice de massa corporal, o percentual de gordura e o peso corporal. Há indicativos de que grãos inteiros podem também auxiliar no controle de peso. Além disto, sugere-se que alimentos com baixo índice glicêmico provocam maior saciedade, se comparados com aqueles alimentos com elevado índice glicêmico.

Pesquisas sobre os efeitos de diferentes tipos de fibra alimentar no apetite, energia e ingestão alimentar não têm mostrado resultados consistentes. As descobertas diferem de acordo com o tipo de fibra alimentar e de acordo como ela é adicionada, seja como fonte suplementar ou naturalmente presente no alimento (CUMMINGS; EDMOND; MAGEE, 2004).

2.3.7 Absorção de minerais

O intestino grosso é um local de baixa absorção de minerais. Em alguns estudos com animais e seres humanos, a fermentação colônica de carboidratos não digeríveis, como oligossacarídeos, melhorou a absorção de minerais como cálcio, magnésio e ferro. Este fato possui implicações positivas, como melhorias na densidade óssea (EDWARDS; PARRETT, 2003). Muitos mecanismos para aumentar a absorção de minerais têm sido propostos. A presença de ácidos graxos de cadeia curta, gerados pela fermentação destas substâncias, reduz o pH do conteúdo colônico e assim, aumenta a solubilidade de cálcio, tornando-o mais disponível para a difusão passiva através do epitélio colônico (GUILLON; CHAMP, 2000).

2.4 EFEITOS ADVERSOS À SAÚDE

2.4.1 Comprometimento da ingestão calórica

Segundo Gray (2006), dietas que contêm grande quantidade de fibra alimentar tendem a ser volumosas e possuem baixo valor calórico. No entanto, em indivíduos com apetite limitado, como pessoas muito jovens ou muito idosas, estas dietas tendem a satisfazer o apetite rapidamente e, além disso, tornar difícil a ingestão adequada de nutrientes e calorias. Além disto, em muitos adultos saudáveis, o consumo de alimentos ricos em fibras é autolimitado devido à sua característica de volume. Esta característica se aplica em menor extensão a alimentos enriquecidos com fibras e muito menos a suplementos com fibras.

2.4.2 Desconforto gastrointestinal

Há informações da presença de flatulência e dores abdominais quando fibras alimentares são ingeridas em grandes quantidades (75-80 gramas/dia). Independente disto, a fibra alimentar tem sido relacionada com o desconforto intestinal presente em algumas pessoas com síndrome do intestino irritável. Alguns tipos de fibras alimentares isoladas ou sintéticas podem causar desconforto gastrointestinal, embora, principalmente, quando consumidas em altos níveis. Por exemplo, sujeitos avaliados em estudos experimentais com uma ingestão de 10-50 gramas/dia de inulina ou frutooligossacarídeos demonstraram sintomas de desconforto gastrointestinal, incluindo laxação, flatulência, inchaço e prisão de ventre. Em baixos níveis de ingestão (5-10 gramas/dia), os únicos efeitos relatados foram inchaço e flatulência (GRAY, 2006).

A maioria dos dados de pesquisa encontrados para amidos resistentes são derivados de estudos experimentais com amido de milho com alta taxa de amilose. Esta é uma forma de amido resistente que é adicionada em alguns alimentos, incluindo cereais matinais, biscoitos, massas e pães. Outros efeitos comumente relatados em indivíduos saudáveis são os inchaços e efeitos laxativos mais suaves, cujos têm sido descritos a níveis acima de 30 gramas de amido resistente por dia (ÁLVAREZ; SÁNCHEZ, 2006).

2.5 AS FIBRAS ALIMENTARES EM PRODUTOS CÁRNEOS

2.5.1 Novas estratégias no desenvolvimento de produtos cárneos

Na pirâmide alimentar, as carnes são classificadas como proteínas, juntamente com os ovos. A carne é, sem dúvida, o alimento com a maior fonte de proteínas oferecendo também uma grande quantidade de nutrientes como minerais e vitaminas. Alguns destes nutrientes possuem pouca ou quase nenhuma biodisponibilidade em outros alimentos (ARIHARA, 2006).

Apesar disto, alguns consumidores associam o consumo de carne e produtos cárneos a uma imagem negativa, devido ao alto conteúdo de gordura relacionado com o desenvolvimento de câncer colorretal, problemas cardiovasculares, hipertensão e obesidade (VALSTA; TAPANAINEN; MANNISTO, 2005). Embora um considerável número de alimentos com teor de gordura reduzido tenha sido desenvolvido pela indústria frigorífica mundial, algumas empresas ainda são cautelosas em introduzir propriedades funcionais em seus produtos (JIMÉNEZ-COLMENERO; CARBALLO; COFRADES, 2001).

Em contrapartida, algumas estratégias vêm sendo avaliadas por diferentes autores em relação ao desenvolvimento de produtos cárneos com apelo saudável. Entre elas estão a modificação genética da composição das carcaças dos animais para abate, o uso de ingredientes funcionais (fibras, proteínas vegetais, antioxidantes naturais, entre outros) em substituição aos convencionais, modificação dos perfis de ácidos graxos da carne através da suplementação de óleos vegetais aos animais, a redução do conteúdo de sódio e a redução de nitrito (WEISS et al., 2010; DESMOND, 2006; ARIHARA, 2006; RUUSUNEN et al., 2005; RUUSUNEN; PUOLANNE, 2005; JIMÉNEZ-COLMENERO; AYO; CARBALLO, 2005; FERNÁNDEZ-GINÉS et al., 2005; SADLER, 2004; MENDOZA et al., 2001; JIMÉNEZ-COLMENERO; CARBALLO; COFRADES, 2001; JIMÉNEZ-COLMENERO, 1996).

2.5.2. Incorporação de fibras vegetais em produtos cárneos

Pesquisas epidemiológicas têm demonstrado uma relação entre uma dieta com elevada quantidade de alimentos calóricos, como gorduras e açúcares, e o crescimento de doenças crônicas, incluindo câncer de cólon, obesidade e problemas cardiovasculares. Deste modo, a

ingestão de fibras alimentares como substitutos de gordura é recomendada (FERNÁNDEZ-GINÉS et al., 2005).

Vários tipos de fibras têm sido avaliados isoladamente ou combinados com outros ingredientes em formulações de produtos com teor de gordura reduzido, como carnes moídas (ANDERSON; BERRY, 2000), produtos reestruturados (SÁNCHEZ-ZAPATA et al., 2010; GALANAKIS; TORNBERG; GEKAS, 2010; SAYAGO-AYERDI; BRENES; GOÑI, 2009; PIÑERO et al., 2008; SÁNCHEZ-ALONSO; HAJI-MALEKI; BORDERÍAS, 2007; ALESON-CARBONELL et al., 2005a; HUANG et al., 2005; MANSOUR; KHALIL, 1997) e emulsionados (CHOI et al., 2010a; CHOI et al., 2010b; CHOI et al., 2009; CHOI et al., 2008; KAACK; LAERKE; MEYER, 2006; ALESON-CARBONELL et al., 2005b). A aplicação de fibras alimentares em produtos cárneos também foi estudada em produtos cozidos para aumentar o rendimento de cozimento, devido às propriedades de retenção de água e óleo e melhoria da textura (WEISS et al., 2010; EIM et al., 2008).

As fibras alimentares de cereais são mais utilizadas que as de frutas, no entanto as fibras de algumas frutas possuem melhor qualidade devido aos altos conteúdos de fibras total e solúvel, capacidades de retenção de água e gordura e fermentabilidade colônica, além de menores valores calóricos (GRIGELMO-MIGUEL; MARTÍN-BELLOSO, 1999; LARRAURI, 1999).

Yilmaz (2004) avaliou o uso de farelo de centeio como substituto de gordura na produção de almôndegas. O consumo de centeio é relacionado com a redução do crescimento de tumores nas mamas e no cólon de animais de laboratório, com a diminuição dos índices de glicose em diabéticos e com a redução do risco de mortes por doenças coronarianas. A adição de farelo de centeio nos níveis estudados (5% a 20%) em almôndegas de carne bovina demonstrou ganho no valor nutricional e benefícios à saúde. O autor concluiu que este tipo de fibra pode ser utilizado como fonte de fibra alimentar. Em um trabalho recente, Rakha, Aman e Andersson (2010) caracterizaram os componentes da fibra de centeio presentes em produtos comercializados em mercados da Suécia. A maior parte das fibras era constituída por frutanas, arabinoxilanas, celulose, amido resistente, β -glucanas e arabinogalactanas.

Outro tipo de fibra utilizado como substituto de gordura é a de aveia. Muitas das características da fibra de aveia, como a alta capacidade de absorção de água, poderiam potencialmente beneficiar produtos como linguiças e mortadelas com baixo teor de gordura.

Produtos com aveia também possuem uma imagem positiva frente aos consumidores. Steenblock et al. (2001) determinaram os efeitos da fibra de aveia nas características de qualidade de mortadela *light*. Os resultados demonstraram acréscimos nos percentuais de rendimento, porém com uma coloração vermelha menos acentuada e uma textura mais firme. Também há relatos de que o farelo e a fibra de aveia oferecem aroma, textura e suculência de gordura em carne moída bovina e linguiça suína (GARCÍA et al., 2002). Troy, Desmond e Buckley (1999) avaliaram o efeito da adição de fibra de aveia combinada com amido de mandioca, carragena, pectina, proteína de soro de leite e goma locusta em hambúrgueres de carne bovina. Algumas combinações influenciaram negativamente a textura medida instrumentalmente, apesar de aumentar o rendimento após o cozimento e a capacidade de retenção de água das amostras.

Piñero et al. (2008) avaliaram o efeito da fibra solúvel de aveia como substituto de gordura nas propriedades físico-químicas, sensoriais e microbiológicas de um produto reestruturado de carne bovina. Houve um significativo aumento dos valores de rendimento de cozimento, retenção de gordura e retenção de água, atribuídos principalmente às propriedades de ligação da β -glucana com água. A estabilidade microbiológica se manteve por 60 dias em congelamento e as avaliações sensoriais indicaram uma maior suculência das amostras quando comparadas a uma amostra controle sem a adição de fibras.

A inulina também pode ser utilizada como substituto de gorduras em produtos cárneos, apesar de ser usualmente empregada em bolos, chocolates e laticínios, devido às suas contribuições com a melhor mastigabilidade, realçador de sabor e baixo valor calórico (1,0 kcal/g). Mendoza et al. (2001) prepararam linguiças fermentadas com baixo teor de gordura (50% e 25% da quantidade original) e suplementadas com 7,5% e 12,5% de inulina. Os resultados mostraram melhorias na textura (mais macia e suave), maior elasticidade e adesividade muito similar às linguiças convencionais. Um produto de baixa caloria (30% do original) pode ser obtido com aproximadamente 10% de inulina.

Estudos na área médica mostram que o consumo de frutas e vegetais oferece benefícios à saúde, por exemplo, reduzindo o risco de doenças coronárias, derrame cerebral e certos tipos de câncer. Independentemente da fibra alimentar, frutas e vegetais contêm micronutrientes orgânicos benéficos como carotenóides, polifenóis, tocoferóis, vitamina C e outros (SCHIEBER; STINTZING; CARLE, 2001). Há uma variedade considerável de frutas e legumes que podem

ser considerados como fontes potenciais de suplementação de fibra alimentar, sendo muito pouco utilizados com esse propósito (McKEE; LATNER, 2000).

A fibra da casca de ervilha contém em média 82,3% de fibra alimentar total, com 8,2% de hemicelulose e 62,3% de celulose, segundo estudos realizados por Sosulski e Wu (1988). A fibra interna de ervilha identificada por Anderson e Berry (2000) foi considerada um ingrediente capaz de reter altas quantidades de gordura e água em carne bovina moída. A fibra interna é produzida do interior das paredes celulares de ervilhas selvagens amarelas e contém aproximadamente 48% de fibra, 44% de amido e 7% de proteína. Esta fibra pode melhorar as propriedades sensoriais de carne bovina com baixo teor de gordura, reter quantidades significativas de gordura e água que geralmente são eliminadas no cozimento. Este ingrediente foi adicionado pelos autores em produtos estruturados de carne bovina com baixo teor de gordura (10% e 14%), os quais tiveram a maciez e o rendimento de cozimento aumentados, sem provocar efeito negativo na suculência e sabor. Pietrasik e Janz (2010) avaliaram o uso de fibra de ervilha em mortadelas com baixo teor de gordura. Os resultados quando comparados com o uso de farinha de trigo não apresentaram diferenças na aceitação sensorial e as amostras com fibra de ervilha apresentaram uma significativa melhoria de textura.

Outra importante fonte de fibras alimentares são os subprodutos (casca e albedo) de frutas cítricas como limão e laranja (GARAU et al., 2007; DEVISOGLU; YAZICI, 2006; FIGUEROLA et al., 2005, CHAU; HUANG, 2003; FERNÁNDEZ-GINÉS et al., 2004; GRIGELMO-MIGUEL; MARTÍN-BELLOSO, 1999). Fibra alimentar de laranja foi adicionada, em diferentes concentrações, em linguiças cozidas e curadas a seco com resultados de análises físico-químicas, microbiológicas e sensoriais satisfatórios, além de reduzir os níveis de nitrito e apresentar um efeito antioxidante (FERNÁNDEZ-LOPÉZ et al., 2008). Fernández-Ginés et al. (2004) estudaram a aplicação de fibra alimentar de albedo de limão (cru e cozido) em uma formulação de mortadela (tipo *bologna*). A aplicação resultou em uma melhoria nutricional do produto, quando comparado a um controle. Houve ainda uma indução da redução dos níveis de nitrito, muito provavelmente devido à presença de biocompostos ativos no albedo.

O efeito do enriquecimento com fibras de albedo de limão, de trigo e de aveia nas características físico-químicas, sensoriais e de processamento de linguiças frescas foi avaliado por Aleson-Carbonell et al. (2005b). Foi observada uma redução das perdas no cozimento,

diminuição do encolhimento das peças e um aspecto mais claro na coloração das linguças. Após o cozimento das amostras, a única que apresentou efeito antioxidante foi a que continha apenas fibra de albedo de limão. Aleson-Carbonell et al. (2005a) também avaliaram a influência de diferentes tipos de albedo de limão nas características de qualidade de um hambúrguer de carne bovina. As alterações mais significativas foram percebidas nas avaliações de oxidação lipídica e na medição de pH. A análise sensorial demonstrou ligeira desaprovação quando foram utilizados nas formulações albedo crus ao invés de pré-cozidos.

Viuda-Martos et al. (2010b) avaliou o efeito do uso de fibra alimentar de laranja na vida de prateleira de mortadelas. Os resultados mostraram que quando combinada com óleo essencial de orégano e com o uso de embalagens a vácuo, a fibra de laranja pode ser uma interessante alternativa de ingrediente para a indústria cárnea. Os mesmos autores realizaram outro trabalho combinando fibra de laranja com óleos essenciais de alecrim e de tomilho em mortadelas (VIUDA-MARTOS et al., 2010a). Os tratamentos mostraram boa eficiência na estabilidade da oxidação lipídica e microbiológica, quando combinados com embalagem a vácuo.

Fibras alimentares podem ser obtidas de maçãs e peras e utilizadas como ingredientes em produtos industrializados (FIGUEROLA et al., 2005; CHEN et al., 1988). O extrato é recuperado no processo de extração de sucos e esta polpa é composta por celulose, hemicelulose, lignina e pectina. Sembries et al. (2003) avaliaram o efeito de colóides, ricos em fibra alimentar, extraídos da polpa de maçã, sobre o peso corporal, peso fecal e perfil de ácidos graxos de cadeia curta em ratos. Os bons resultados obtidos sugeriram que o estudo fosse prosseguido com seres humanos e que esta fonte de fibra alimentar possa ser uma alternativa natural para o desenvolvimento de bebidas. O uso de fibras de maçã também é indicado para a indústria de panificação, em substituição às fibras já empregadas, como as de aveia e de trigo (CHEN et al., 1988).

Outra alternativa para ser utilizada em produtos cárneos é a fibra alimentar derivada da casca de batata. Kaack, Laerke e Meyer (2006) realizaram um experimento para verificar a funcionalidade de fibras de batata, comercial e desenvolvida, como substituto de gordura em patê de fígado suíno. Alterações de cor, variando de menos amarelo para mais vermelho, textura e sabor foram encontradas. Em outro estudo, fibras de batatas demonstraram melhorar a textura e a coloração

quando foram utilizados até 8% de fibras em substituição à farinha de trigo (KAACK et al., 2006).

No final de década de 90, Mansour e Khalil (1997) publicaram o primeiro trabalho utilizando fibra alimentar de trigo como substituto de gordura em um produto cárneo. Três diferentes níveis de adição da fibra foram avaliados em um hambúrguer bovino. Foram realizadas avaliações no produto cru e cozido e os resultados demonstraram que algumas das propriedades físico-químicas (maciez, suculência, cor, entre outras) não foram alteradas nos produtos desenvolvidos quando comparados com um produto controle sem adição de fibra.

Estudos também foram conduzidos empregando fibras de trigo em produtos a base de peixe (BORDERÍAS; SÁNCHEZ-ALONSO; PÉREZ-MATEOS, 2005). A adição de 3% e 6% de fibra de trigo em produtos reestruturados de peixe promoveu um aumento da capacidade de retenção de água nos produtos e uma diminuição da perda de água durante o cozimento, porém apresentaram textura mais rígida e baixa aceitabilidade sensorial para o maior teor de fibra adicionado (SÁNCHEZ-ALONSO; HAJI-MALEKI; BORDERÍAS, 2007). Sánchez-González et al. (2009) realizaram uma análise dos componentes principais, via espectroscopia Raman, durante a gelatinização de surimi. O espectro foi dominado por bandas de celulose e hemicelulose, sendo visíveis mesmo em pequenas concentrações. Outro estudo demonstrou que a adição de fibra de trigo em surimi gelificado provocou uma perda da estrutura uniforme do gel e este fato contribuiu em perda de elasticidade, de coesividade e de capacidade de retenção de água (SÁNCHEZ-ALONSO; HAJI-MALEKI; BORDERÍAS, 2006).

Barreto (2007) estudou o efeito da adição de fibras de trigo (0 a 5%), aveia (0 a 5%) e inulina (0 a 10%), combinadas e isoladas, em mortadela. A adição das fibras, nos níveis descritos através de um planejamento experimental, contribuiu para o aumento da firmeza e da mastigabilidade e para a diminuição da elasticidade e da coesividade nas mortadelas desenvolvidas com baixo teor de gordura. A avaliação sensorial não apresentou diferenças significativas quando as amostras dos testes foram comparadas com uma amostra controle contendo 20% de gordura e ausência de fibras adicionadas.

O impacto da adição de fibras de trigo e aveia em emulsões contendo altos teores de carne mecanicamente separada (CMS) de frango foi estudado por Victorino (2008). Os resultados mostraram que a estabilidade da emulsão das amostras formuladas com fibras pode ser

melhorada com as propriedades de intumescimento do amido de milho e da proteína isolada de soja também adicionados. A adição de fibras de trigo e de aveia em até 5% promoveu a estabilidade da emulsão e uma melhor capacidade de retenção de água.

Kuan e Liong (2008) realizaram a caracterização físico-química de materiais ricos em fibras, provenientes de resíduos da agricultura. Casca de arroz, palha de trigo, sabugo de milho e *okara* (resíduo da produção de leite de soja) foram avaliados. Os materiais que apresentaram as maiores quantidades de fibra alimentar solúvel e total foram, respectivamente, o sabugo de milho e o *okara*. As quantidades foram suficientes para concluir que estes subprodutos poderiam ser utilizados como ingredientes funcionais em alimentos.

Outras diversas fontes de fibras alimentares vêm sendo objeto de estudo em produtos cárneos nos últimos anos. Dentre as aplicações dessas outras fontes publicadas na literatura se encontram o uso de fibra de pêssego em salsichas (GRIGELMO-MIGUEL; ABADÍAS-SERÓS; MARTÍN-BELLOSO, 1999), de pele de tomate seca em hambúrguer de carne bovina (GARCÍA; CALVO; SELGAS, 2009), de fibras de pêssego, maçã e laranja em salames (GARCÍA et al., 2002), de fibras de resíduos do processamento da azeitona em almôndegas de carne bovina (GALANAKIS; TORNBERG; GEKAS, 2010), o uso de farinha de linhaça em produtos reestruturados de carne bovina (BILEK; TURHAN, 2009), uso de farelo de arroz em produtos cárneos emulsionados (CHOI et al., 2008) e em almôndegas de carne bovina (YILMAZ, 2004), de fibra alimentar de cenoura em linguiças fermentadas (EIM et al., 2008) e o emprego da película de avelãs como fonte de fibra em um hambúrguer de carne bovina com apelo funcional (TURHAN; SAGIR; USTUN, 2005).

Sánchez-Zapata et al. (2010) estudaram o efeito de fibra alimentar de junça (*tiger nut* (*Cyperus esculentus* L.)) nas características de qualidade de hambúrguer de carne suína. Foram observadas melhorias no rendimento de cozimento, na retenção de gordura e de água quando comparadas com um produto controle. Porém, alterações de cor e textura foram percebidas negativamente em uma análise sensorial. O efeito antioxidante da fibra de uva na oxidação lipídica de hambúrguer de carne de frango foi avaliado por Sáyago-Ayerdi, Brenes e Goñi (2009). A aplicação de quatro diferentes concentrações na formulação possibilitou uma garantia da qualidade durante 13 dias em estocagem sob refrigeração. A adição da fibra não teve impacto na aceitabilidade sensorial do produto. Carvalho et al. (2009) realizaram a caracterização fisiológica e físico-química da fibra alimentar de uma

macroalga marinha verde (*Ulva fasciata* Delile) indicando que esta fibra pode ser utilizada na elaboração de alimentos de baixas calorias.

Paralelamente à área de carnes e derivados, o estudo dos efeitos da adição de fibras alimentares em outros tipos de alimentos vem focando atenções, principalmente nas indústrias de produtos lácteos e de confeitaria. Pesquisas mostraram a eficiência do uso de fibras de trigo, limão e maçã (BILGIÇLI; IBANOGLU; HERKEN, 2007) e inulina (VITALI; DRAGOJEVIC; SEBECIC, 2009) em biscoitos, das fibras do farelo de trigo em pães congelados (ALMEIDA, 2006), de polidextrose em pães para hambúrguer (ESTELLER; LIMA; LANNES, 2006), da fibra de frutas cítricas (DERVISOGLU; YAZICI, 2006), de frutooligossacarídeos e granola (SALES et al., 2008) e de fibras de aveia, trigo e maçã (SOUKOLIS; LEBESI; TZIA, 2009) em sorvetes, da fibra de laranja (SENDRA et al., 2010) e da fibra de bambu, maçã, trigo e inulina (STAFFOLO et al., 2004) em iogurtes e da fibra de trigo e inulina em requeijões (BOSI, 2008).

Outras fontes de fibras também vêm sendo caracterizadas para uso na indústria de alimentos, como a fibra da casca e do cilindro central do abacaxi (BOTELHO; CONCEIÇÃO; CARVALHO, 2002; PRAKONGPAN; NITITHAMYONG; LUANGPITUSKA, 2002), a fibra de cogumelos (WONG; CHEUNG, 2009; WONG, CHEUNG, 2005), a fibra de farinha de coco (TRINIDAD et al., 2006), a porção fibrosa da sálvia hispânica ou chia (ALFREDO et al., 2009), a fibra do cacau (LECUMBERRI et al., 2007), a fibra do maracujá (SANTANA, 2005), a fibra da cana-de-açúcar (SANGNARK; NOOMHORM, 2003), a fibra da casca de manga (LARRAURI et al., 1996), a fibra do caju (LIMA, 2008) e produtos derivados de milho, como pipoca, canjica e farinhas (CALLEGARO et al., 2005). Em um estudo de revisão realizado por McKEE e LATNER (2000) ainda são citadas as fibras de kiwi, beterraba, couve-flor, feijão e semente de girassol como potenciais ingredientes na produção de alimentos funcionais.

2.6 PRODUTOS CÁRNEOS REESTRUTURADOS

A busca mercadológica de praticidade, com porções pequenas e facilidade no preparo, foi uma das bases da criação da classe de produtos cárneos chamada de reestruturados ou formados. Outra grande motivação foi o aproveitamento de pedaços de músculos disponíveis, visando agregar maior valor comercial. O uso destas partes secundárias da carcaça em produtos reestruturados transforma-os em uma variedade

de opções com características similares ao músculo íntegro (OLIVO, 2006).

O termo produto reestruturado é indicado para produtos que foram parcialmente ou completamente cominuídos (subdivididos por meios mecânicos) e novamente reconstituídos (ROCHA et al., 2010). O termo formado, na indústria de carnes, classifica aqueles produtos industrializados que são moldados em formatos diversos, a partir de músculos inteiros, partes ou previamente moídos. A matéria-prima é misturada com ingredientes e depois moldada em formato tridimensional em equipamentos específicos para este fim (OLIVO, 2006).

Os produtos reestruturados requerem a incorporação de níveis relativamente altos de lipídios para que se desenvolva o mesmo grau de suculência da carne intacta. A fragmentação mecânica envolve a alteração do modo como se libera o sabor e que, nos produtos cárneos reestruturados, tende a ser diferente daquele da carne antes do tratamento (LAWRIE, 2005).

De acordo com Olivo (2006) e Jiménez-Colmenero et al. (2003), as principais vantagens dos produtos formados seriam o incremento de valor ao mercado, onde a transformação de matérias-primas de menor valor comercial em produtos com maior valor agregado favorece inclusive o consumidor, que pode adquirir produtos de qualidade muito similar ao músculo íntegro, porém com preço inferior; e a possibilidade de desenvolver novos produtos em uma linha de produção polivalente. Segundo Rocha et al. (2010), os principais produtos cárneos reestruturados fabricados mundialmente são os hambúrgueres, as almôndegas, os bifes de porção de carne moldada (*steaks*) e os *nuggets*.

Basicamente, a grande maioria desses produtos é uma mistura de carne (íntegra, moída ou mecanicamente separada) com gordura (no caso a gordura bovina ou a pele de aves), espessantes (féculas ou outras proteínas vegetais), condimentos e aditivos. O conteúdo de gordura possui uma influência significativa na maciez, na suculência e na intensidade de sabor destes produtos (PASSOS; KUAYE, 2002). No entanto, com as crescentes preocupações dos consumidores com a saúde e a dieta, muitas indústrias têm voltado parte de sua atenção para o desenvolvimento de produtos cárneos reestruturados com baixo teor de gordura (BAGGIO; BRAGAGNOLO, 2008; PIÑERO et al., 2008).

Serrano e Jedda (2009) apontaram que em uma amostra de 90 restaurantes de *fast food* nos Estados Unidos, os itens mais consumidos por crianças foram *nuggets* de frango, seguidos de hambúrgueres e

cachorros-quentes. Esta informação reforça ainda mais a necessidade do desenvolvimento de alternativas saudáveis na área de produtos cárneos reestruturados. Nos últimos anos, diversos autores têm buscado modificações nas formulações de produtos cárneos reestruturados para torná-los, de alguma forma, promotores de benefícios à saúde dos consumidores.

Em almôndegas de carne bovina foram avaliados como substitutos de gordura o farelo de aveia (YILMAZ; DAGLIOGLU, 2003), o farelo de centeio (YILMAZ, 2004), a goma guar e a carragena (ULU, 2006), a fibra de trigo (WASZKOWIAK; SZYMANDERA-BUSZKA, 2008) e o resíduo da moagem da azeitona (GALANAKIS; TORNBERG; GEKAS, 2010). Um estudo realizado por Huang et al. (2005) concluiu que a adição de até 10% de farelo de arroz como substituto de gordura não afetou significativamente as propriedades físico-químicas e sensoriais de almôndegas de carne suína. Serdaroglu (2006a) concluiu em seu trabalho que um aumento do percentual de gordura nas formulações de almôndegas de carne bovina resultou em ganhos no cozimento. A incorporação de soro de leite em pó auxiliou nos ganhos de rendimento das formulações com maiores teores de gordura.

A maioria dos estudos envolvendo produtos cárneos reestruturados com apelo saudável se concentra em hambúrgueres de carne bovina. Estima-se que os norte-americanos consumam aproximadamente 5 bilhões de hambúrgueres por ano (PRAYSON; McMAHON; PRAYSON, 2008). Este fato induz que a indústria deste produto seja uma das responsáveis por problemas causados pelo consumo excessivo de gordura e faz com que pesquisas sejam realizadas continuamente com o propósito de tornar o hambúrguer um alimento com um apelo mais saudável.

O uso de fibra de trigo (MANSOUR; KHALIL, 1999; MANSOUR; KHALIL, 1997), de aveia (SERDAROGLU, 2006b), de inulina (MARTÍNEZ et al., 2011), de misturas de componentes funcionais como amido de mandioca, carragena, gomas, fibras e pectina (TROY; DESMOND; BUCKLEY, 1999), de película da avelã (TURHAN; SAGIR; USTUN, 2005), de albedo de limão (ALESON-CARBONELL et al., 2005a), de nozes (SERRANO; COFRADES; JIMÉNEZ-COLMENERO, 2006), de pele de tomate seca (GARCÍA; CALVO; SELGAS, 2009) e de farinha de amendoim do feijão bambara (ALAKALI; IRTWANGE; MZER, 2010) são algumas das alternativas estudadas para melhorar a qualidade nutricional e físico-química de hambúrgueres de carne bovina. Com relação a outras matérias-primas,

dois estudos avaliaram o efeito da adição de fibra de uva em hambúrguer de carne de frango (SÁYAGO-AYERDI; BRENES; GOÑI, 2009) e o efeito da adição de fibra de junça (*Cyperus esculentus L.*) em hambúrguer de carne suína (SÁNCHEZ-ZAPATA et al. 2010).

Thomas, Anjaneyulu e Kondaiiah (2006) compararam a qualidade físico-química e sensorial de *nuggets* emulsionados e reestruturados de carne de búfalo e os resultados mostraram uma melhor aceitação pelo produto na forma reestruturada. Poucos estudos existem com relação a *nuggets* de carne de frango. Perlo et al. (2006) avaliou as propriedades sensoriais e físico-químicas de *nuggets* formulados com carne de frango mecanicamente separada tratada com cloreto de sódio. A conclusão mostrou que pouco acima de 40% desta matéria-prima poderia ser incorporada ao produto sem apresentar alterações sensoriais significativas. Recentemente, Verma, Sharma e Banerjee (2010) avaliaram a qualidade geral de *nuggets* de carne de frango com baixo teor de gordura e sal e adição de polpa de maçã. Os resultados de análises sensoriais, apesar de situarem-se na faixa de “muito bom”, apresentaram valores inferiores ao controle nos atributos sabor, cor e textura.

No Brasil, as características físico-químicas para produtos reestruturados são determinadas por legislação. A Instrução Normativa nº 20, de 31 de Julho de 2000 (BRASIL, 2000) aprova os Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade de almôndegas e de hambúrguer e a Instrução Normativa nº 6, de 15 de Fevereiro de 2001 (BRASIL, 2001b) aprova o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de empanados, dentre outros. Segundo a legislação brasileira (BRASIL, 2000), entende-se por hambúrguer o produto cárneo industrializado obtido da carne moída de animais de açougue, adicionado ou não de tecido adiposo e ingredientes, moldado e submetido ao processo tecnológico adequado. Trata-se de um produto cru, semi-frito, frito, congelado ou resfriado. Dentre os ingredientes opcionais, permite-se a adição de aditivos intencionais, a adição máxima de 4 % de proteína não cárnea na forma agregada e a adição máxima de 30% de carne mecanicamente separada, exclusivamente em hambúrguer cozido neste último caso. A legislação brasileira exige um percentual mínimo de proteína (15%) e carboidratos totais (3%), e um percentual máximo de gordura (23%) e teor de cálcio (0,1% em base seca (hambúrguer cru)).

De acordo com Brasil (2001b), entende-se por empanado, o produto cárneo industrializado, obtido a partir de carnes de diferentes espécies de animais de açougue, acrescido de ingredientes, moldado ou não, e revestido de cobertura apropriada que o caracterize. As exigências

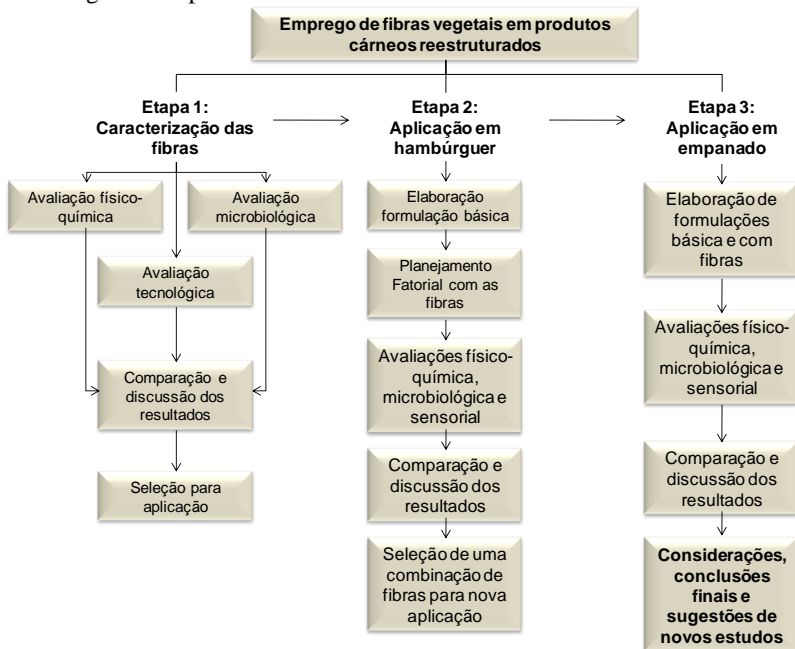
com relação às características físico-químicas são um percentual máximo de carboidratos totais (30%) e um percentual mínimo de proteína (10%).

Diante de todos os relatos apresentados, observa-se a preocupação e a importância de se desenvolver produtos cárneos com apelo saudável. A substituição de gordura na formulação de alimentos é uma das formas de oferecer ao consumidor produtos que normalmente são considerados pouco saudáveis, como hambúrgueres e empanados, em uma forma alternativa, com uma composição nutricional mais adequada às suas necessidades. O fato de não serem comercializados produtos cárneos reestruturados de carne de frango, sem adição de gordura e com adição de fibras, além de não existirem relatos na literatura científica sobre a aplicação das fibras selecionadas neste trabalho em produtos deste tipo reforça a importância que este estudo pode exercer no meio científico e industrial.

3 MATERIAL E MÉTODOS

A Figura 3 ilustra de forma esquematizada as três linhas de estudo que foram conduzidas nesse trabalho.

Figura 3 – Fluxograma esquemático da abordagem ao estudo do emprego de fibras vegetais em produtos cárneos.



Na primeira etapa foram avaliadas as principais características físico-químicas (composição proximal, fibra alimentar, pH, atividade de água, granulometria, propriedades de hidratação e emulsionantes), sensoriais (cor) e microbiológicas (contagem total de micro-organismos mesófilos e contagem de bolores e leveduras), sob o ponto de vista tecnológico, de seis diferentes tipos de fibras alimentares. Este estudo foi necessário para definir quais fibras possuíam características desejáveis para a aplicação em produtos cárneos. A partir dos resultados obtidos foram selecionados três tipos de fibras para posterior utilização como ingredientes nas formulações de derivados de carne de frango.

Na segunda etapa foi avaliada a influência das três fibras alimentares pré-selecionadas, como substitutos totais de gordura, nas características físico-químicas (composição proximal, pH, atividade de água, estabilidade à oxidação lipídica e fibra alimentar), microbiológicas (contagem de coliformes a 45°C, de estafilococos coagulase positiva, determinação de *Salmonella* sp. e de clostrídios sulfito redutores a 46°C) e sensoriais de hambúrgueres de frango com diferentes quantidades de fibras adicionadas, estabelecidas por um planejamento fatorial completo. Um enfoque foi realizado para a análise sensorial através da metodologia de mapa de preferência.

Na terceira etapa foi estudado o impacto da substituição da gordura da formulação por uma combinação de fibras alimentares em um produto de carne de frango empanado. Foi selecionada a combinação de fibras que apresentou o melhor desempenho global na etapa anterior e foram avaliadas as características físico-químicas (composição proximal, pH, atividade de água, estabilidade à oxidação lipídica e fibra alimentar), microbiológicas (contagem de coliformes a 45°C, de estafilococos coagulase positiva, determinação de *Salmonella* sp. e de clostrídios sulfito redutores a 46°C) e sensoriais do produto formulado.

3.1 ETAPA 1: CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DAS FIBRAS ALIMENTARES

Foram selecionados seis tipos de fibras alimentares para a etapa de caracterização tecnológica: fibra de maçã (Vitacel[®] AF 401), fibra de bambu (Vitacel[®] BAF 200), fibra de ervilha (Vitacel[®] EF 150), fibra de aveia (Vitacel[®] HF 200), fibra de batata (Vitacel[®] KF 200) e fibra de trigo (Vitacel[®] WF 200). Todas as fibras foram fornecidas pelo fabricante J. Rettenmaier & Söhne GMBH Co, de Rosenberg, Alemanha.

Os tipos de fibra alimentar foram selecionados com base na disponibilidade de mercado (uso comercial), na aplicação difundida em outros alimentos (como produtos de panificação e lácteos), no interesse científico em conhecer o comportamento diante do emprego em produtos cárneos reestruturados e na oportunidade de geração de novas referências bibliográficas.

As amostras das seis fibras vegetais selecionadas foram acondicionadas em recipientes plásticos hermeticamente fechados, em temperatura ambiente, até o momento das análises laboratoriais. Não foi

realizado qualquer tipo de pré-tratamento das amostras previamente às análises.

As principais variáveis de interesse tecnológico, importantes para a caracterização das seis fibras alimentares selecionadas neste estudo, foram relacionadas e são descritas na próxima seção. Todas as análises físico-químicas e microbiológicas das fibras foram realizadas em triplicata.

3.1.1 Determinação do percentual de umidade

A determinação do percentual de umidade foi realizada de acordo com o método 44-15A da *American Association of Cereal Chemistry International* (AACC, 1999) no Laboratório de Bromatologia do Instituto Federal Catarinense – Campus Concórdia. Cerca de 3 gramas de cada amostra de fibra vegetal foram acondicionados em uma cápsula de alumínio, previamente seca em estufa a 130°C (DL-SE – DeLeo – RS, Brasil) por 1 hora e posteriormente resfriada em dessecador.

As cápsulas com as amostras de fibras permaneceram por 5 horas a 130°C na referida estufa. Após este período, as cápsulas com as amostras dessecadas foram colocadas para resfriamento em dessecador até atingir temperatura ambiente, sendo então pesadas. Novamente as cápsulas retornaram à estufa por mais 1 hora, sendo então novamente resfriadas em dessecador e pesadas. A operação foi repetida até peso constante.

O percentual de umidade foi calculado conforme a Equação 1, onde L é a perda de massa (gramas) e P é o peso inicial da amostra (gramas).

$$\% \text{ Umidade} = \frac{100 \times L}{P} \quad (1)$$

3.1.2 Determinação do percentual de proteína

A determinação do percentual de proteína foi realizada de acordo com o método 46-12 da *American Association of Cereal Chemistry International* (AACC, 1999), adaptado do método Kjeldahl, utilizando ácido bórico na solução indicadora. O método determina a quantidade total de nitrogênio após digestão da amostra em ácido

sulfúrico. As análises foram realizadas no Laboratório de Físico-Química da empresa Sadia S.A..

Foi pesado 1 grama de amostra da fibra vegetal em papel manteiga. O papel e a amostra foram transferidos para o tubo de Kjeldahl onde foram adicionados 25 mL de ácido sulfúrico e cerca de 6 gramas da mistura catalítica (sulfato de sódio e sulfato de cobre anidro (na proporção 0,3:6,0)). O tubo de Kjeldahl foi colocado no digestor (Büchi K-436 – BÜCHI Labortechnik – Suíça) durante cerca de duas horas com controle automático de temperatura conforme programa do equipamento.

Após a digestão, os tubos foram retirados do digestor e mantidos em capela para resfriar a temperatura ambiente. Foram adicionados 20 mL de água destilada no tubo de Kjeldahl e o mesmo foi colocado no destilador (Büchi B-339 – BÜCHI Labortechnik – Suíça), o qual foi abastecido com água destilada, solução de ácido bórico a 2%, solução de hidróxido de sódio a 30% e solução de ácido clorídrico 0,3N, sendo calibrado conforme especificação do mesmo. O equipamento realizou a destilação e disponibilizou os resultados diretamente como porcentagem de proteína. O fator de conversão de nitrogênio total em proteína utilizado foi 6,25.

3.1.3 Determinação do percentual de gordura

A determinação do percentual de gordura foi realizada de acordo com o método 30-25 da AACC (1999), no Laboratório de Bromatologia do Instituto Federal Catarinense – Campus Concórdia.

Foram pesados 5 gramas de fibra vegetal em um papel filtro. A amostra foi transferida juntamente com o papel filtro para o cartucho de Soxhlet e colocado para secar em estufa a 105°C por 5 horas. Em paralelo, os balões de extração foram colocados em estufa a 105°C, por 2 horas com objetivo de eliminar qualquer interferência na análise, sendo posteriormente resfriados em dessecador até atingir a temperatura ambiente, sendo então pesados.

Nos balões, foram colocados cerca de 200 mL de éter de petróleo, sendo então acoplados ao extrator (MA-487/6/250 Marconi – Piracicaba – São Paulo, Brasil) juntamente com o tubo extrator contendo o cartucho com a amostra previamente seca. Iniciou-se a extração, controlando a temperatura da placa de aquecimento de forma que o gotejamento manteve-se constante em torno de 4 a 5 gotas por segundo. Após 4 horas de extração, o éter foi recuperado e o balão com o resíduo colocado em estufa a 105°C durante 1 hora e meia. Após este período,

foram transferidos para um dessecador até atingir a temperatura ambiente e então foram pesados. Foram colocados novamente na estufa por mais 1 hora e meia, resfriados e pesados novamente. Esse procedimento foi realizado mais uma vez, atingindo assim, peso constante.

O percentual de gordura foi calculado conforme a Equação 2, sendo G o peso da gordura (gramas) e P o peso da amostra (gramas):

$$\% \text{ Gordura} = \frac{100 \times G}{P} \quad (2)$$

3.1.4 Determinação do percentual de cinzas

A determinação do percentual de cinzas foi realizada de acordo com o método 08-01 da AACC (1999), no Laboratório de Bromatologia do Instituto Federal Catarinense – Campus Concórdia.

Inicialmente, os cadinhos de porcelana foram aquecidos em mufla (LF0612 – Jung – SC, Brasil) a 550°C por 2 horas, resfriados em dessecador até temperatura ambiente e pesados. Foram pesados 5 gramas de fibra vegetal, no cadinho. O mesmo foi colocado em mufla durante 2 horas a 200°C, seguidas de 6 horas a 550°C. Posteriormente, o cadinho com a amostra incinerada foi colocado para resfriamento em dessecador até atingir a temperatura ambiente, sendo então pesado.

O percentual de cinzas foi calculado conforme a Equação 3, sendo C o peso das cinzas (gramas) e P o peso inicial da amostra (gramas):

$$\% \text{ Cinzas} = \frac{100 \times C}{P} \quad (3)$$

3.1.5 Determinação do percentual de carboidratos totais

O percentual de carboidratos totais foi estimado por diferença de 100% em relação às quantidades percentuais de umidade, de proteína, de gordura e de cinzas.

3.1.6 Determinação dos percentuais de fibra alimentar solúvel e insolúvel

O método utilizado para a determinação do conteúdo de fibra alimentar solúvel e insolúvel foi o método 991.43 da *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC, 2006). As quantidades de fibra alimentar solúvel e insolúvel foram determinadas em pares de amostras (1 grama cada) com remoção prévia de umidade. As amostras foram aquecidas por 35 minutos, a aproximadamente 100°C, com α -amilase termicamente estável para promover a gelatinização, hidrólise e despolimerização do amido. Em seguida foram incubadas por 30 minutos a 60°C com protease (para solubilizar e despolimerizar as proteínas) e por mais 30 minutos a 60°C com amiloglicosidase (para hidrolisar fragmentos de amido em glicose). As amostras foram filtradas e separadas em resíduo e filtrado. Do resíduo, foram descontados os valores das análises de cinzas e proteínas e o valor resultante correspondeu à quantidade de fibra alimentar insolúvel. Os filtrados foram então tratados com etanol (quatro volumes, 95% a 60°C) para precipitar a fibra solúvel (1 hora) e remover as proteínas e glicose despolimerizadas do amido. As amostras foram filtradas e o resíduo foi seco. Do resíduo seco foram realizadas análises de proteína e cinzas e o valor final resultante corresponde à quantidade de fibra alimentar solúvel.

As análises de fibra alimentar foram realizadas no Laboratório de Ciência e Tecnologia de Cereais, do Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos, da Universidade Federal de Santa Catarina.

3.1.7 Determinação do pH

A determinação do pH foi realizada de acordo com o método 943.02 da *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC, 2006). O método consistiu no uso de pHmetro (Mettler Delta 340 – Mettler Toledo Ltd. – Leicester, UK), previamente calibrado, imerso em solução 10% de amostra de fibra vegetal em água a 25°C. As análises de pH foram realizadas no Laboratório de Bromatologia do Instituto Federal Catarinense – Campus Concórdia.

3.1.8 Determinação de atividade de água

Para determinação da atividade de água, cada amostra de fibra vegetal foi colocada em uma cápsula padrão (formato cilíndrico, com

volume de 11 mL e altura de 10 mm), a qual foi inserida no equipamento Aqualab (CX-2 – Decagon Devices Inc. – USA) para realização da leitura direta. Teve-se o cuidado de verificar a calibração do mesmo que foi realizada com água destilada e solução salina saturada. As determinações de atividade de água foram realizadas no Laboratório de Físico-Química da empresa Sadia S.A..

3.1.9 Medição de cor

A análise da cor foi realizada utilizando-se o sistema CIE-Lab (L^* , a^* , b^*), através da leitura em colorímetro (Chroma Meter CR-400 – Konica Minolta Sensing, Inc. - JP) calibrado em um prato de calibração branco. As análises foram realizadas com iluminante D65 e ângulo de observação de 10°. O valor de L^* determina a posição do ponto sobre o eixo vertical de claridade; o valor de a^* é do ponto sobre o eixo (-) verde/vermelho (+) e o valor de b^* , do ponto correspondente sobre o eixo (-) azul/amarelo (+) (RAMOS e GOMIDE, 2007). Uma simulação foi realizada no *software Color Metric Converter* (ColorEng Inc., USA), onde através das coordenadas L^* , a^* e b^* é possível ilustrar a cor identificada no espectro. As análises de medição de cor foram realizadas no Laboratório de Físico-Química da empresa Sadia S.A..

3.1.10 Análise granulométrica

A distribuição granulométrica foi avaliada conforme a metodologia adaptada de Auffret et al. (1994). Uma série de 3 peneiras com malhas de 48, 100 e 200 *mesh* foi utilizada para a realização da análise. Aproximadamente 30 gramas da amostra avaliada foram acondicionados no topo do conjunto de peneiras, com a peneira de menor *mesh* na parte superior, e em seguida efetuou-se a vibração em um agitador eletromagnético (Bertel, SP, Brasil) por 10 minutos em grau de vibração 8 do equipamento. A quantidade retida em cada peneira foi pesada e o resultado foi expresso em percentual da quantidade total avaliada. As análises foram realizadas no Laboratório de Físico-Química da empresa Sadia S.A..

3.1.11 Microscopia eletrônica de varredura

A análise microscópica de cada uma das seis fibras vegetais foi realizada utilizando um microscópio eletrônico de varredura (Hitachi TM-1000). A aceleração de voltagem foi de 15 kV e foram realizadas

ampliações de 100 vezes. As análises foram realizadas pelo fornecedor das fibras vegetais em laboratório da J. Rettenmaier & Söhne, na Alemanha.

3.1.12 Determinação do volume de intumescimento

O volume de intumescimento foi determinado seguindo a metodologia utilizada por Robertson et al. (2000). Cerca de 100 mg de amostra (base seca) foram hidratados com um volume de água destilada conhecido (10 mL), em uma proveta graduada (1,5 cm de diâmetro), à temperatura ambiente. A mesma foi suavemente agitada para completo contato com a água. Após um descanso de 18 horas, o volume ocupado pela amostra intumescida foi registrado e expresso como volume/g de matéria seca. As análises de determinação do volume de intumescimento foram realizadas no Laboratório de Bromatologia do Instituto Federal Catarinense – Campus Concórdia.

3.1.13 Determinação da capacidade de retenção de água

Foi realizada de acordo com o método 56-30 da *American AACC* (1999), no Laboratório de Bromatologia do Instituto Federal Catarinense – Campus Concórdia. A capacidade de retenção de água (absorção de água ou ligação de água) é determinada como a máxima quantidade de água que 1 grama de material pode absorver e manter após centrifugação em baixa velocidade.

Foram pesados 5 gramas de amostra em um tubo de centrífuga de 50 mL previamente pesado. Cerca de 30 mL de água destilada foram adicionados para completa hidratação. Os tubos com as amostras hidratadas foram submetidos à agitação em um agitador vortex (ATS 100 – Arsec – SP, Brasil) para homogeneização total. Em seguida, os mesmos foram centrifugados (2000 x g, por 10 minutos) (Centrífuga de tubos Q222T – Quimis – SP, Brasil). O sobrenadante foi descartado e o tubo foi novamente pesado.

A capacidade de retenção de água (CRA) foi quantificada através da Equação 4 e foi expressa em gramas de água/gramas de sólido.

$$CRA = \frac{(\text{peso do tubo} + \text{sedimento}) - (\text{peso do tubo} + \text{peso da amostra})}{\text{peso da amostra}} \quad (4)$$

3.1.14 Determinação da capacidade de retenção de óleo

Foi realizada de acordo com a metodologia proposta por Wong e Cheung (2005), no Laboratório de Bromatologia do Instituto Federal Catarinense – Campus Concórdia. Cerca de 2 gramas da amostra de fibra avaliada foram acondicionados em um tubo de centrífuga graduado de 50 mL. Foram adicionados à amostra 20 mL de óleo de milho (Salada, Bunge), cuja densidade foi previamente determinada. Os tubos foram submetidos à agitação em um agitador vortex (ATS 100 – Arsec – SP, Brasil) para homogeneização total, por um tempo de aproximadamente 10 minutos. Em seguida, os mesmos foram centrifugados (2000 x g, por 30 minutos) (Centrífuga de tubos Q222T – Quimis – SP, Brasil). O sobrenadante (excesso de óleo) foi descartado e o tubo foi novamente pesado.

A capacidade de retenção de óleo (CRO) de cada amostra individual de fibra alimentar foi expressa como a quantidade de gramas de óleo retida por 1 grama da correspondente fibra, e calculada da mesma forma que a CRA.

3.1.15 Determinação da densidade aparente (*bulk*)

Nesta definição de densidade se enquadram as situações reais, nas quais a amostra é composta por poros, trincas, defeitos cristalinos ou fases amorfas. Normalmente, a densidade aparente (*bulk*) de fibras depende do tamanho e do formato da partícula. A densidade aparente (*bulk*) é simplesmente a razão entre a massa da amostra por seu volume total exterior.

A metodologia utilizada foi a empregada por Prakongpan, Nitithamyong e Luangpituksa (2002) na avaliação de fibras alimentares de abacaxi. Uma proveta graduada previamente pesada foi preenchida com 50 mL de amostra e foi suavemente vibrada por 2 segundos. O volume foi registrado, o conteúdo do cilindro foi pesado e a densidade aparente foi expressa como massa por volume. As análises foram realizadas no Laboratório de Bromatologia do Instituto Federal Catarinense – Campus Concórdia.

3.1.16 Determinação da atividade emulsionante e estabilidade de emulsão

A atividade emulsionante e a estabilidade de emulsão das fibras avaliadas foram medidas de acordo com a metodologia

empregada por Wong e Cheung (2005) na avaliação de fibras alimentares de cogumelos. As análises foram realizadas no Laboratório de Bromatologia do Instituto Federal Catarinense – Campus Concórdia.

Cerca de 1 grama de cada amostra de fibra foi pesado em um tubo de centrifuga graduado de 50 mL. Em seguida, foram adicionados 12,5 mL de água destilada e a mistura foi homogeneizada em um agitador vortex (ATS 100 – Arsec – SP, Brasil) por um minuto. Após homogeneização, 12,5 mL de óleo de milho (Salada, Bunge) foram adicionados e a mistura foi novamente agitada por um minuto (agitador vortex). A emulsão formada foi centrifugada (500 x g, por 10 minutos) (Centrifuga de tubos Q222T – Quimis – SP, Brasil) e a atividade emulsionante, expressa em percentual, foi calculada pelo quociente entre a altura da camada emulsionada e a altura do volume total do tubo.

Para a determinação da estabilidade da emulsão, a emulsão formada em cada tubo foi aquecida em banho-maria a 80°C por 30 minutos e posteriormente resfriada até atingir a temperatura de 25°C. A amostra foi submetida à centrifugação nas mesmas condições anteriores. A estabilidade da emulsão foi calculada da mesma forma que a atividade emulsionante e também expressa em percentual.

3.1.17 Avaliação microbiológica

Para cada um dos seis tipos de fibras foram realizadas as análises microbiológicas de contagem total de micro-organismos mesófilos em placas e contagem de bolores e leveduras (método Petrifilm[®]) de acordo com os métodos 966.23 e 997.02 da AOAC (2006), respectivamente. Para a contagem total de micro-organismos mesófilos foram realizadas quatro diluições da amostra em água peptonada, as quais foram inoculadas em placas de Petri, com posterior adição de Ágar Padrão para Contagem (PCA) previamente fundido e resfriado a 45°C, e incubação a 35°C por 48 ± 2 horas para posterior leitura. Para a análise de bolores e leveduras, três diluições de amostra foram inoculadas em placas de Petrifilm[®] (3M *Yeast and Mould Count Plate*) e incubadas por 5 dias a 20-25°C, para posterior leitura. As análises foram realizadas no Laboratório de Microbiologia do Instituto Federal Catarinense – Campus Concórdia.

3.1.18 Determinação de contaminantes inorgânicos (chumbo e cádmio)

Para cada um dos seis tipos de fibras foram realizadas as análises de quantificação de cádmio e chumbo. As amostras foram preparadas de acordo com o método 999.11 da AOAC (2006). Cerca de 5 gramas de cada amostra foram pesados e calcinados a 550°C por 4,5 horas. As cinzas foram dissolvidas com 20 mL de solução de HCl 1:1 e mantidas sobre uma chapa de aquecimento até a redução de ¼ do volume. O restante foi transferido para um balão volumétrico e foram feitas quatro diluições de cada amostra. A leitura da concentração foi realizada em um espectrômetro de emissão óptica com plasma acoplado indutivamente (ICP/OES – ICP Varian 720-ES – Varian, Inc. – USA). O equipamento operou sob potência de 1 KW, fluxo do plasma de 18 L/min, fluxo auxiliar de 2,25 L/min, pressão do nebulizador de 280 KPa e tempo entre as replicatas de 1 segundo. O gás utilizado foi argônio 4.8 analítico e a curva de calibração do equipamento (branco) foi de 0,5, 1, 2 e 3 ppm. As análises foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da empresa Sadia S.A..

3.1.19 Análise de amido resistente, frutooligosacarídeos e β -glucanas

Para cada um dos três tipos de fibras selecionados para aplicação nos produtos cárneos foram realizadas as análises de quantificação de componentes da fibra, para melhor caracterização das mesmas. As análises dos componentes das fibras vegetais foram realizadas no Laboratório de Ciência e Tecnologia de Cereais, do Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos, da Universidade Federal de Santa Catarina.

As análises de amido resistente foram realizadas de acordo com o método 32-40 da AACC (1999). Amostras de 100 mg foram incubadas em um banho termostático com agitação com α -amilase pancreática e amiloglicosidase por 16 horas a 37°C, tempo no qual o amido resistente foi solubilizado e hidrolisado a D-glicose pela ação combinada das duas enzimas. A reação foi concluída pela adição de um volume igual de etanol, o que facilitou a recuperação do amido resistente na forma sólida por centrifugação. Este amido foi dissolvido em KOH 2M, sob agitação em banho de gelo. A solução foi neutralizada com uma solução tampão de acetato de sódio e o amido foi quantitativamente hidrolisado à glicose pela amiloglicosidase. D-glicose

foi medida com o reagente glicose oxidase/peroxidase (GOD-POD) através de espectrofotômetro com curva padrão. Esta foi considerada como equivalente a quantidade de amido resistente da amostra.

As análises de frutooligossacarídeos foram realizadas de acordo com o método 32-32 da AACC (1999). Amostras de 1 grama foram misturadas com 40 mL de água destilada a 80°C e mantidas sob agitação e aquecimento por 15 minutos (80°C) para completa dispersão das mesmas. As soluções foram centrifugadas e alíquotas de 0,2 mL do sobrenadante foram transferidas para tubos de ensaio. Adicionou-se a cada tubo 0,2 mL de uma solução de sucrase/maltase e os mesmos foram incubados a 40°C por 30 minutos. Em seguida, foram adicionados em cada tubo 0,5 mL de uma solução tampão de acetato de sódio 100 mM (pH 4,5) e os mesmos foram agitados em um agitador vortex. Alíquotas de 0,2 mL de cada tubo foram transferidas para duas cubetas, uma contendo 0,1 mL de solução de fructanase e outra 0,1 mL de solução tampão de acetato de sódio. As mesmas foram cobertas e agitadas. As cubetas foram incubadas a 40°C por 20 minutos para completar a hidrólise das frutanas para glicose e frutose. Efetuou-se a leitura das absorvâncias, em espectrofotômetro com comprimento de onda de 340 nm, e calculou-se o percentual de frutanas e frutooligossacarídeos através da diferença da leitura entre as duas cubetas.

As análises de β -glucanas foram realizadas de acordo com o método 992.28 da AOAC (2006). Amostras de 100 mg foram acondicionadas em tubos de vidro. Em cada tubo, foi adicionado ácido hidrocloreto concentrado e os mesmos foram agitados vigorosamente. Os tubos foram colocados em um banho termostático, por 45 minutos a 30°C. A cada 15 minutos, os tubos retornaram à agitação. Adicionou-se 10 mL de água em cada tubo, efetuou-se nova agitação e os mesmos foram incubados por 2 horas a aproximadamente 100°C. Resfriou-se à temperatura ambiente e adicionou-se 10 mL de KOH 2N em cada tubo. Os tubos foram centrifugados a 1500 rpm por 10 min e o resíduo da parte inferior do tubo foi preservado. A este resíduo foram adicionados 0,1 mL de uma mistura de exo-1,3- β -glucanase (20 U/mL) e β -glicosidase em 200 mM de tampão de acetato de sódio (pH 5,0). O tubo foi agitado e incubado por 60 minutos a 40°C. Foram adicionados 3 mL do reagente GOD-POD e realizada nova incubação por 20 minutos a 40°C. A absorvância foi medida a 510 nm, juntamente com uma solução branco e correlacionou-se à quantidade de 1,3-1,6 β -glucanas.

3.1.20 Avaliação estatística

Os resultados foram avaliados através de Análise de Variância (ANOVA) com fator único utilizando o teste de Tukey para verificação da diferença entre as médias. Um nível α de 0,05 foi estipulado para determinação da significância estatística. Os resultados foram analisados através do *software Statistica* versão 8.0 (Statsoft Inc., USA). Todos os resultados apresentados como médias são referentes à média aritmética de pelo menos três resultados (triplicata) \pm desvio-padrão.

3.2 ETAPA 2: DESENVOLVIMENTO DE UM HAMBÚRGUER DE FRANGO COM A ADIÇÃO DE FIBRAS ALIMENTARES COMO SUBSTITUTO DE GORDURA

3.2.1 Desenvolvimento da formulação básica do hambúrguer de frango

Foi desenvolvida uma formulação básica de hambúrguer de frango (controle), baseada nas determinações legais, na experiência previamente adquirida na prática industrial e levando em consideração os ingredientes normalmente empregados industrialmente. Esta formulação foi composta pelos seguintes ingredientes: 74,5% de carne de peito de frango (máximo 1,5% de gordura), 10% de pele de frango (aproximadamente 35% de gordura), 10% de água, 2% de sal, 3% de proteína texturizada de soja (PTS), 0,2% de tripolifosfato de sódio, 0,26% de um mix de especiarias (pimenta, cebola e alho) e 0,04% de eritorbato de sódio. As variações de formulação realizadas (experimentos) foram diferenciadas apenas pelo mix de fibras vegetais (bambu, ervilha e trigo) adicionados em substituição total à pele de frango e pela quantidade de água adicionada.

A carne e a pele de frango foram provenientes de aves da mesma linhagem, sexo, alimentação e produtor (lote). As aves foram abatidas sob as mesmas condições e toda a matéria-prima cárnea teve uma única procedência (Frigorífico Sadia S.A., Concórdia, SC). As matérias-primas não cárneas, com exceção das fibras alimentares, foram adquiridas de um único fornecedor (Kienast & Kratschmer Ltda., Santo André, SP). A elaboração dos hambúrgueres foi realizada na Unidade de Abate e Industrialização de Carne do Instituto Federal Catarinense – Campus Concórdia.

As matérias-primas cárneas foram moídas em disco de 5 mm, por duas vezes, para completa cominuição das mesmas. Todos os

ingredientes foram misturados em equipamento próprio para este fim por um período de 5 minutos. Após a mistura, a massa cárnea foi armazenada em congelador até atingir a temperatura de aproximadamente -1°C para facilitar a moldagem. Os hambúrgueres foram moldados com o auxílio de placas de Petri, com altura de 1,5 cm e diâmetro de 9,0 cm. As amostras foram embaladas individualmente em filme de polietileno de alta densidade e congeladas em congelador doméstico (-10°C a -8°C) para posterior descongelamento (12 horas em refrigerador doméstico) e análises. A vida útil esperada para o produto foi de 60 dias (padrão comercial), mantendo o mesmo congelado e embalado.

3.2.2 Desenvolvimento das diferentes formulações de hambúrguer de frango com fibras vegetais

Foi realizado um Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR), constituído por um planejamento fatorial completo 2^3 , incluindo seis pontos axiais e três repetições no ponto central, totalizando 17 ensaios, equivalentes a 15 formulações diferentes com o objetivo de verificar o comportamento da concentração de fibras vegetais sobre as características tecnológicas selecionadas para avaliação. As fibras utilizadas foram a fibra de bambu Vitacel[®] BAF 200, a fibra de trigo Vitacel[®] WF 200 e a fibra de ervilha Vitacel[®] EF 150, fornecidas pelo fabricante J. Rettenmaier & Söhne GMBH Co, de Rosenberg, Alemanha. O mix de fibras, quando adicionado, foi pré-hidratado na proporção 1:3 (fibra: água adicional) conforme orientação do fabricante. Para fins de comparação foi elaborada uma formulação controle (sem o mix de fibras e com pele de frango adicionada). Todos os resultados de análises laboratoriais (respostas) foram expressos como médias, referentes à média aritmética de, no mínimo, três resultados (triplicata) \pm desvio-padrão. As variáveis independentes (concentração das três fibras selecionadas após a execução da etapa 1 deste trabalho) e os níveis de variação deste planejamento, definidos através de comparação com outros trabalhos científicos e sugestão do fabricante, são mostrados na Tabela 1.

Tabela 1 – Variáveis independentes e níveis de variação do planejamento 2³.

Variáveis	Níveis				
	- α (-1,6818)	-1	0	+1	+ α (+1,6818)
X ₁ = fibra de bambu Vitacel [®] BAF 200	0,00%	0,40%	1,00%	1,60%	2,00%
X ₂ = fibra de trigo Vitacel [®] WF 200	0,00%	0,40%	1,00%	1,60%	2,00%
X ₃ = fibra de ervilha Vitacel [®] EF 150	0,00%	0,40%	1,00%	1,60%	2,00%

O percentual individual de adição das fibras vegetais como substitutos de gordura variou entre 0% e 2% sobre a massa total. Sáyago-Ayerdi, Brenes e Goñi (2009) adicionaram entre 0,5% e 2% de fibra alimentar de uva em hambúrguer de carne de frango e não foram relatadas diferenças na aceitabilidade sensorial quando comparados com uma amostra controle, sem a adição de fibras. Barreto (2007) elaborou uma mortadela com adição de fibras de trigo e aveia entre 0% e 5%, percebendo melhor aceitação sensorial para baixos teores de fibras adicionadas. Outros trabalhos que obtiveram bons resultados na qualidade final dos produtos avaliados realizaram as seguintes adições de fibras vegetais: entre 0% e 2% de fibra de laranja em linguiça fermentada (FERNÁNDEZ-LÓPEZ et al., 2008); entre 3% e 6% de fibra de trigo em produtos reestruturados de peixe (SÁNCHEZ-ALONSO; HAJI-MALEKI; BORDERÍAS, 2007); entre 5% e 7% de fibra de batata em patê de fígado (KAACK; LAERKE; MEYER, 2006); entre 0% e 7,5% de fibra de albedo de limão em hambúrguer de carne bovina (ALESON-CARBONELL et al., 2005a); entre 1,5% e 3% de um mix de fibras de frutas (pêssego, maçã e laranja) em linguiças fermentadas (GARCÍA et al., 2002).

A Tabela 2 apresenta a matriz com os valores codificados e reais utilizados para realização dos ensaios deste DCCR.

Tabela 2 – Delineamento fatorial completo para as três variáveis independentes.

Ensaio	Variáveis codificadas			Variáveis reais (%)		
	x ₁	x ₂	x ₃	X ₁	X ₂	X ₃
1	-1	-1	-1	0,40	0,40	0,40
2	+1	-1	-1	1,60	0,40	0,40
3	-1	+1	-1	0,40	1,60	0,40
4	+1	+1	-1	1,60	1,60	0,40
5	-1	-1	+1	0,40	0,40	1,60
6	+1	-1	+1	1,60	0,40	1,60
7	-1	+1	+1	0,40	1,60	1,60
8	+1	+1	+1	1,60	1,60	1,60
9	-1,68	0	0	0,00	1,00	1,00
10	+1,68	0	0	2,00	1,00	1,00
11	0	-1,68	0	1,00	0,00	1,00
12	0	+1,68	0	1,00	2,00	1,00
13	0	0	-1,68	1,00	1,00	0,00
14	0	0	+1,68	1,00	1,00	2,00
15	0	0	0	1,00	1,00	1,00
16	0	0	0	1,00	1,00	1,00
17	0	0	0	1,00	1,00	1,00

A Tabela 3 mostra os experimentos realizados e suas respectivas formulações (quantidades em percentual). Os experimentos foram realizados em ordem aleatória.

Tabela 3 – Formulação controle e experimentos do delineamento fatorial completo (quantidades em percentual).

Exp	Peito de frango	Aditivos + Especiarías	Sal	PTS	Água	Fibra Bambu (X_1)	Fibra Trigo (X_2)	Fibra Ervilha (X_3)	Água hidratação
C	74,5	10,0	0,5	2,0	3,0	10,0	0	0	0
1	74,5	0	0,5	2,0	3,0	15,2	0,4	0,4	3,6
2	74,5	0	0,5	2,0	3,0	10,4	1,6	0,4	7,2
3	74,5	0	0,5	2,0	3,0	10,4	0,4	0,4	7,2
4	74,5	0	0,5	2,0	3,0	5,6	1,6	0,4	10,8
5	74,5	0	0,5	2,0	3,0	10,4	0,4	1,6	7,2
6	74,5	0	0,5	2,0	3,0	5,6	1,6	1,6	10,8
7	74,5	0	0,5	2,0	3,0	5,6	0,4	1,6	10,8
8	74,5	0	0,5	2,0	3,0	0,8	1,6	1,6	14,4
9	74,5	0	0,5	2,0	3,0	12,0	0	1,0	6,0
10	74,5	0	0,5	2,0	3,0	4,0	2,0	1,0	12,0
11	74,5	0	0,5	2,0	3,0	12,0	1,0	0	6,0
12	74,5	0	0,5	2,0	3,0	4,0	1,0	2,0	12,0
13	74,5	0	0,5	2,0	3,0	12,0	1,0	0	6,0
14	74,5	0	0,5	2,0	3,0	4,0	1,0	2,0	12,0
15	74,5	0	0,5	2,0	3,0	8,0	1,0	1,0	9,0
16	74,5	0	0,5	2,0	3,0	8,0	1,0	1,0	9,0
17	74,5	0	0,5	2,0	3,0	8,0	1,0	1,0	9,0

As seguintes respostas foram utilizadas neste DCCR para cálculos dos modelos preditivos: percentual de rendimento de cozimento, percentual de encolhimento e os parâmetros instrumentais de textura, dureza e mastigabilidade. Estas respostas foram selecionadas com base nos interesses industriais e dos consumidores, de produzir e adquirir hambúrgueres que tenham baixos percentuais de encolhimento e perda de água após o cozimento e maciez compatível e aceitável para um produto cárneo.

Os cálculos necessários para a determinação dos modelos, para a comparação dos resultados experimentais com os preditos e para a geração das superfícies de resposta foram realizados através do *software Statistica* versão 8.0 (Statsoft Inc., USA). As análises de variância foram realizadas com um nível α de 0,05 para determinação da significância estatística.

3.2.3 Avaliações de desempenho de cozimento

Os hambúrgueres, previamente descongelados a 5°C por 12 horas, foram cozidos em uma chapa elétrica com controle de temperatura (General Electric HGW 1012X – B&D Ltda – Santo André, SP). O equipamento foi aquecido até uma temperatura estabilizada em 175°C \pm 5°C. O cozimento das peças deu-se por contato de uma das faces com a chapa por 3 minutos, virando-se as mesmas e mantendo a outra face em contato por mais 3 minutos. Por fim, os hambúrgueres foram novamente virados e retirados quando a temperatura do centro geométrico de cada peça atingiu um mínimo de 72°C, com um máximo de 75°C. A temperatura interna das peças foi medida através de termopares tipo K, acoplados em um medidor de temperatura digital (Instrutherm TH-1300), cujas curvas de calibração se encontram no Apêndice A. Em seguida, os hambúrgueres foram mantidos em estufa por 1 hora a 21°C para equalização da temperatura. Esta metodologia foi adaptada de Piñero et al. (2008) e Alesson-Carbonell et al. (2005a). Este método foi utilizado para o preparo das amostras cozidas para todas as análises realizadas, com exceção das avaliações sensoriais cujas amostras foram servidas ainda aquecidas. As avaliações de desempenho de cozimento foram realizadas no Laboratório de Análise Sensorial do Instituto Federal Catarinense – Campus Concórdia

3.2.3.1 Determinação do rendimento de cozimento

O rendimento de cozimento foi determinado pela medida do peso de dez hambúrgueres de cada ensaio antes e após o cozimento. O rendimento, em percentual, foi calculado pela Equação 5.

$$\text{Rendimento de cozimento (\%)} = \frac{\text{peso da amostra cozida}}{\text{peso da amostra crua}} \times 100 \quad (5)$$

3.2.3.2 Determinação do percentual de retenção de água

O valor do percentual de retenção de água representa a quantidade deste componente retido no produto final cozido por 100 gramas de produto cru. Este valor foi obtido pela Equação 6 (PIÑERO et al., 2008):

$$\text{Retenção água (\%)} = \frac{(\% \text{ de rendimento cozimento} \times \% \text{ de umidade amostra cozida})}{100} \quad (6)$$

3.2.3.3 Determinação dos percentuais de redução de diâmetro e de encolhimento

Os percentuais de redução de diâmetro (PIÑERO et al., 2008) e de encolhimento do produto (EL-MAGOLI; LARROIA; HANSEN, 1996) foram obtidos pelas Equações 7 e 8.

$$\text{Redução de diâmetro (\%)} = \frac{(\text{diâmetro amostra crua} - \text{diâmetro amostra cozida})}{\text{diâmetro amostra crua}} \times 100 \quad (7)$$

$$\text{Encolhimento (\%)} = \frac{(\text{esp. crua} - \text{esp. cozida}) + (\text{diâm. crua} - \text{diâm. cozida})}{(\text{esp. crua} + \text{diâm. crua})} \times 100 \quad (8)$$

3.2.4 Análises instrumentais e sensoriais

3.2.4.1 Análise instrumental de textura

A avaliação instrumental de textura dos hambúrgueres com fibras vegetais, cozidos, foi realizada utilizando um texturômetro Stable Micro System Mod. TA.XT 2i/25 (Texture Technologies Corp.,

Scarsdale, NY) acoplado a um sistema de informação computadorizado. Conforme Bourne (1978), a partir das curvas de deformação é possível a obtenção dos valores dos seguintes parâmetros de textura: dureza, coesividade, adesividade, elasticidade e mastigabilidade. As amostras foram cortadas em formato cilíndrico, com tamanhos pré-definidos (2 cm altura x 2 cm diâmetro) e foram obtidas da região central de hambúrgueres elaborados com espessura diferenciada para este fim. A temperatura das amostras foi equalizada até a temperatura ambiente. A sonda utilizada foi a TA-4, composta por um cilindro de acrílico, com 3,8 cm de diâmetro x 2 cm de altura (Texture Technologies Corp., Scarsdale, NY). Os parâmetros de análise foram: velocidade de compressão de 0,3 cm/s, percentual de compressão de 70% em relação à altura da amostra e tempo entre ciclos de 3 segundos, conforme metodologia utilizada por Wan Rosli et al. (2011). As análises de medição de textura foram realizadas no Laboratório de Análise Sensorial da empresa Sadia S.A..

3.2.4.2 Análise sensorial com provadores

Para avaliação dos hambúrgueres foi aplicado um teste de aceitação por escala hedônica, indicado para avaliações de preferência e aceitação (DUTCOSKY, 2011; LAWLESS; HEYMANN, 2010)). Neste teste, o indivíduo expressa o grau de gostar ou de desgostar de um determinado produto, de forma globalizada ou em relação a um atributo específico. Foi aplicada uma escala hedônica de 7 pontos, com termos definidos entre “gostei muitíssimo” até “desgostei muitíssimo”. O número de julgadores (não treinados) foi de 50, estando dentro dos números recomendados por Dutcosky (2011) e Brasil (2005).

Para avaliação sensorial, foram utilizadas amostras do produto estocado, sob congelamento, por no máximo sete dias após a elaboração. Uma amostra de cada experimento foi coletada e submetida à avaliação microbiológica, conforme metodologia que será descrita no item 3.2.5.5, garantindo a segurança dos produtos oferecidos aos provadores (Apêndice B – Tabela B1). Foram realizadas provas sensoriais do produto cozido, servido em temperatura de consumo (aproximadamente 45°C), em um máximo de 5 amostras de 15-20 gramas para cada análise para evitar fadiga sensorial dos provadores. As amostras receberam codificação de algarismos aleatórios de três dígitos, indicada nos recipientes e na ficha de avaliação. A ficha de avaliação, elaborada para este trabalho, apresentou todas as informações necessárias para a realização do teste (Apêndice B – Figura B1). Os parâmetros avaliados

foram: aparência, odor, sabor, textura e aceitabilidade geral. Os provadores receberam água e biscoito água e sal para consumo entre a avaliação de cada amostra. As avaliações foram realizadas em laboratório específico, com cabines individuais e luz fluorescente branca, no Laboratório de Análise Sensorial do Instituto Federal Catarinense – Campus Concórdia.

Os resultados foram avaliados através de Análise de Variância com fator duplo (ANOVA), utilizando o teste de Tukey para verificação da diferença das médias entre os experimentos e o teste de Dunnett para verificação das médias entre os experimentos e as médias do controle. Um nível α de 0,05 foi estipulado para determinação da significância estatística. Os resultados foram analisados através do *software Statistica* versão 8.0 (Statsoft Inc., USA).

Através dos dados obtidos, também foi realizada uma análise estatística recomendada para avaliação sensorial de alimentos: uma análise dos componentes principais, seguida de um mapa de preferência interno, que é utilizado quando se realiza a análise apenas sobre o conjunto de dados de aceitação gerados a partir de testes afetivos. As metodologias que foram utilizadas para a avaliação por mapa de preferência são as descritas por Dutcosky (2011) e Minim (2006).

A aplicação da avaliação sensorial proposta neste trabalho foi realizada após a aprovação deste projeto pelo Comitê de Ética em Pesquisas com Seres Humanos (CEPSH) da Universidade Federal de Santa Catarina, conforme documento apresentado no Anexo A.

3.2.4.3 Análise instrumental de cor

A análise da cor foi realizada utilizando-se o sistema CIE-Lab (L^* , a^* , b^*), através da leitura em colorímetro (Chroma Meter CR-400 – Konica Minolta Sensing, Inc. - JP) calibrado em um prato de calibração branco. As análises foram realizadas com iluminante D65 e ângulo de observação de 10°. Foram avaliadas a coloração superficial dos produtos crus e cozidos e a coloração interna dos produtos cozidos com o melhor desempenho de cozimento, avaliação instrumental de textura e avaliação sensorial com provadores. As amostras foram avaliadas sob temperatura ambiente.

Além dos valores de L^* , a^* e b^* , foram calculados os valores do índice de saturação ou croma (C^*) e do ângulo de tonalidade (h^*) que permitem, juntamente com o valor L^* , descrever a cor tridimensionalmente. Com isto, é possível estimar a cor predominante

do alimento analisado (RAMOS; GOMIDE, 2007). Os valores de C^* e h^* foram calculados pelas Equações 9 e 10:

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (9)$$

$$h^* = \arctan\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad (10)$$

O índice de saturação C^* corresponde ao comprimento da projeção da localização da cor no plano (a,b), ou seja, o comprimento do vetor. O ângulo de tonalidade h^* é utilizado para estimar a posição de uma amostra no sólido de cor. Por convenção, o ângulo 0° é fixado no eixo horizontal com $+a$ (vermelho), aumentando no sentido anti-horário. O sólido de cor é dividido em quadrantes, e a interpretação das diferenças de tonalidade, no sólido como um todo, pode ser feita da seguinte forma: vermelho (330° a 25°), laranja (25° a 70°), amarelo (70° a 100°), verde (100° a 200°), azul (200° a 295°) e violeta (295° a 330°) (RAMOS; GOMIDE, 2007).

As análises de medição de cor foram realizadas no Laboratório de Físico-Química da empresa Sadia S.A..

3.2.5 Avaliações físico-químicas e microbiológicas

3.2.5.1 Avaliação da composição proximal

De acordo com os métodos da AOAC (1984), foram realizadas as seguintes análises para verificação da composição proximal do produto elaborado:

- Determinação do percentual de umidade: secagem da amostra até peso constante em estufa a 105°C (Método 24.002);
- Determinação do percentual de proteína: através do método Kjeldahl modificado (fator de conversão de 6,25) (Método 24.038);
- Determinação do percentual de lipídios: extração com éter de petróleo em extrator Soxhlet (Método 24.005);
- Determinação do percentual de cinzas: secagem em mufla a 550°C por 5 horas (Método 24.009);

- Determinação do percentual de carboidratos: por diferença entre 100% e os demais resultados percentuais.

As análises foram realizadas para os produtos crus e cozidos até, no máximo, o sétimo dia de estocagem, em triplicata. O procedimento de cozimento dos hambúrgueres desenvolvidos está descrito na seção 3.2.3 deste capítulo. As análises de composição proximal foram realizadas no Laboratório de Bromatologia do Instituto Federal Catarinense – Campus Concórdia.

3.2.5.2 Determinação de fibra alimentar solúvel e insolúvel

O método utilizado para a determinação dos conteúdos de fibra alimentar total, solúvel e insolúvel foi o método 991.43 da AOAC (2006) conforme descrito no item 4.1.6. Foram realizadas análises em triplicata nos produtos que obtiveram melhor avaliação global nos parâmetros avaliados neste trabalho. As análises foram realizadas nas amostras cruas e cozidas, no Laboratório de Ciência e Tecnologia de Cereais, do Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos, da Universidade Federal de Santa Catarina.

3.2.5.3 Determinação do pH e da atividade de água (a_w)

A análise de pH foi realizada de acordo com o método 943.02 da *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC, 2006). O método consiste na determinação do pH através de pHmetro (Mettler Delta 340 – Mettler Toledo Ltd. – Leicester, UK) imerso em solução 10% de amostra de cada hambúrguer desenvolvido, previamente moído, em água a 25°C. As análises de pH foram realizadas no Laboratório de Bromatologia do Instituto Federal Catarinense – Campus Concórdia.

Para determinação da atividade de água, cada amostra de hambúrguer desenvolvido, previamente moída, foi colocada em uma cápsula padrão (formato cilíndrico, com volume de 11 mL e altura de 10 mm), a qual foi inserida no equipamento Aqualab (CX-2 – Decagon Devices Inc. – USA) para realização da leitura direta. Teve-se o cuidado de verificar a calibração do mesmo que foi realizada com água destilada e solução salina saturada. As determinações de atividade de água foram realizadas no Laboratório de Físico-Química da empresa Sadia S.A..

As análises de pH e atividade de água foram realizadas para os produtos crus até, no máximo, o sétimo dia de estocagem, em triplicata.

3.2.5.4 Avaliação da estabilidade à oxidação lipídica

A avaliação da extensão da oxidação lipídica foi determinada pela medição das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) a cada sete dias, entre os dias zero e 60 para os produtos crus. Para a avaliação, foram adaptadas as metodologias propostas por Raharjo, Sofos e Schmidt (1992), Botsoglou et al. (1994) e Yildiz-Turp e Serdaroglu (2010).

Foram pesados 5 gramas de amostra de cada hambúrguer desenvolvido e foram adicionados 18 mL de uma solução de ácido tricloroacético 5% e 0,5 mL de uma solução de BHT (Butil hidróxi tolueno) 0,15%. A mistura foi homogeneizada por 1 minuto em agitador vortex (ATS 100 – Arsec – SP, Brasil), em seguida foi centrifugada (2000 x g, por 6 minutos) (Centrífuga de tubos Q222T – Quimis – SP, Brasil) e filtrada para balão volumétrico de 25 mL. O volume do balão de 25 mL foi completado com ácido tricloroacético 5% e a solução foi misturada. Foram retirados 2 mL da solução do balão, aos quais foram adicionados 2 mL de solução de ácido tiobarbitúrico 0,08M em solução de ácido acético 50%, em tubo de ensaio. Os tubos foram fechados e colocados em banho-maria a 80°C por 30 minutos. Após resfriamento (10 minutos em água à temperatura ambiente), foi realizada a leitura da absorbância em espectrofotômetro (SP 220, Biospectro, São Paulo, Brasil) a 531 nm. A absorbância lida foi multiplicada pelo fator 7,8. Para a amostra considerada como branco, foram seguidas todas as etapas, porém sem adição da amostra de hambúrguer. O resultado foi expresso em miligramas de malonaldeído por quilograma de amostra. As avaliações da estabilidade à oxidação lipídica foram realizadas no Laboratório de Bromatologia do Instituto Federal Catarinense – Campus Concórdia, em triplicata.

3.2.5.5 Avaliação microbiológica

As análises realizadas foram definidas com base nas exigências da RDC 12, de 02/01/2001, que determina as normas brasileiras sobre os padrões microbiológicos para alimentos (BRASIL, 2001a). Foram realizadas as seguintes análises microbiológicas nas amostras: contagem de coliformes a 45°C, determinação de estafilococos coagulase positiva, determinação de *Salmonella* sp. e determinação de clostrídios sulfito redutores a 46°C. As avaliações foram realizadas nas amostras cruas nos dias 0, 30 e 60 da estocagem.

A contagem de coliformes a 45°C foi de acordo com o método 2000.15 da AOAC (KINNEBERG; LINDBERG, 2002) onde diluições de amostra foram inoculadas em placas de Petrifilm® (3M *Rapid Coliform Count Plate*) e incubadas por 24 horas a 45 ± 1°C, para posterior contagem das colônias. A determinação de estafilococos coagulase positiva foi realizada conforme o método ISO 6888-1:1999 (ISO, 1999), onde diluições da amostra em água peptonada 0,1% foram inoculadas em placas de Petri, com Ágar Baird-Parker previamente preparado, e incubação a 35°C por 48 horas para posterior leitura. Foram transferidas algumas colônias para tubos com caldo infusão cérebro coração (BHI), incubadas a 35°C por 24 horas e frações misturadas com coagulase plasma-EDTA. Após incubação em banho-maria a 37°C por 2-6 horas, foi verificada se houve formação de coágulo.

A determinação de *Salmonella* sp. foi de acordo com o método *American Public Health Association* (APHA, 2001). As amostras de 25 gramas foram homogeneizadas e pré-enriquecidas com 225 mL de água peptonada 1% tamponada e incubadas por 16-20 horas a 36°C. Após, foram transferidas alíquotas de 1 mL de amostra para um tubo com 10 mL de caldo Rappaport Vassiliadis e para outro com 10 mL de caldo selenito-cistina, os quais foram incubados por 24-30 horas a 41°C, para enriquecimento seletivo. Após a incubação os tubos foram agitados e de cada um deles foram coletadas duas alçadas, sendo uma estriada em uma placa com Ágar xilose lisina desoxicolato (XLD) e outra em uma placa com Ágar verde brilhante vermelho de fenol lactose sacarose (BPLS). Após incubação por 18-24 horas a 35°C, foi verificado se houve o desenvolvimento de colônias típicas de *Salmonella*. Provas bioquímicas e sorológicas foram realizadas para verificar se as colônias obtidas eram realmente de *Salmonella* (produção de urease, reações em Agar TSI ou Agar Kligler (KIA), descarboxilação da lisina, meio SIM e prova da oxidase). A determinação de clostrídios sulfito redutores a 46°C foi realizada de acordo com o método da *American Public Health Association* (APHA, 2001), onde diluições da amostra em água peptonada 0,1% foram inoculadas em placas de Petri com Ágar Triptose Sulfito Cicloserina (TSC) com sobrecamada, e incubação a 46°C por 18-24 horas, em jarra de anaerobiose, para posterior leitura.

As avaliações microbiológicas foram realizadas no Laboratório de Microbiologia do Instituto Federal Catarinense – Campus Concórdia, em triplicata.

3.3 ETAPA 3: DESENVOLVIMENTO DE UM PRODUTO EMPANADO DE FRANGO COM A ADIÇÃO DE FIBRAS ALIMENTARES COMO SUBSTITUTO DE GORDURA

A terceira etapa deste trabalho consistiu na aplicação de uma combinação de fibras vegetais como substituta de gordura em um produto empanado de frango, do tipo *nugget*. A partir de uma formulação básica (controle), foi realizada a substituição total de gordura (cuja fonte foi a pele de frango) pela combinação de fibras vegetais que obteve melhor desempenho geral de qualidade na etapa 2 (hambúrguer de frango). Através de análises físico-químicas, microbiológicas e sensoriais foi realizada uma comparação entre as duas formulações desenvolvidas.

3.3.1 Desenvolvimento da formulação do produto empanado de frango

Foi desenvolvida uma formulação básica (controle) da massa cárnea de um produto empanado de frango (*nugget*), composta pelos seguintes ingredientes: carne de peito de frango (máximo 1,5% de gordura), pele de frango (aproximadamente 35% de gordura), água, sal, proteína texturizada de soja (PTS), tripolifosfato de sódio, mix de especiarias (pimenta, cebola e alho) e eritorbato de sódio. A variação entre esta formulação controle e uma formulação teste foi diferenciada apenas pelo mix de fibras vegetais (bambu, ervilha e trigo) adicionados em substituição total à pele de frango e pela quantidade de água adicionada. As formulações controle e teste utilizadas no desenvolvimento dos empanados são apresentadas na Tabela 4 e são equivalentes às formulações C e 7 apresentadas na Tabela 3 (formulações dos hambúrgueres de frango).

Tabela 4 – Formulação controle (C) e teste (T) dos empanados de frango (quantidades em percentual).

Exp	Peito de frango	Pele	Aditivos + Especiarias	Sal	PTS	Água	F. Bambu	F. Trigo	F. Ervilha	Água hidratação
C	74,5	10,0	0,5	2,0	3,0	10,0	0	0	0	0
T	74,5	0	0,5	2,0	3,0	5,6	0,4	1,6	1,6	10,8

A carne e a pele de frango foram provenientes de aves da mesma linhagem, sexo, alimentação e produtor (lote). As aves foram

abatidas sob as mesmas condições e toda a matéria-prima cárnea teve uma única procedência (Frigorífico Sadia S.A., Concórdia, SC). As matérias-primas não cárneas utilizadas na massa cárnea, com exceção das fibras alimentares, foram adquiridas de um único fornecedor (Kienast & Kratschmer Ltda., Santo André, SP). As fibras utilizadas foram a fibra de bambu Vitacel[®] BAF 200, a fibra de trigo Vitacel[®] WF 200 e a fibra de ervilha Vitacel[®] EF 150, fornecidas pelo fabricante J. Rettenmaier & Söhne GMBH Co, de Rosenberg, Alemanha. A farinha de pré-cobertura (*predust*), a mistura para *batter* e a farinha de empanamento final (*breader*) foram fornecidas pelo fabricante Kerry do Brasil Ltda. (Rio Claro, SP). A elaboração dos produtos empanados foi realizada na Unidade de Abate e Industrialização de Carne do Instituto Federal Catarinense – Campus Concórdia.

A massa cárnea foi preparada da mesma forma que a massa do hambúrguer de frango, cujo preparo está descrito no item 4.2.1. Foram moldados hambúrgueres na mesma dimensão da etapa anterior e os mesmos foram pré-congelados em congelador doméstico por cerca de 20 minutos. Cada peça foi cortada em quatro partes (quadrantes) e as mesmas foram submetidas a um empanamento manual.

O empanamento foi aplicado manualmente em três etapas. Inicialmente aplicou-se na superfície uma cobertura de secagem (*Predust* PDA66-TC) constituída por farinha de trigo fortificada com ferro e ácido fólico, amido, sal, ovo em pó e glúten. Foi aplicada uma quantidade suficiente para envolver toda a peça e o excesso foi removido por vibração manual. Em seguida, fez-se a aplicação de uma mistura líquida homogênea (*Batter* de adesão BMA91-TC) constituída por farinhas de trigo e milho fortificadas com ferro e ácido fólico, amido, amido modificado, glúten, ovo em pó, sal, pimenta, fermentos químicos (pirofosfato dissódico e bicarbonato de sódio) e água. A proporção utilizada foi de 1:1,7 (pó:água). A última etapa do empanamento foi a aplicação da cobertura final (*Breading Dressing* SA F05), constituída por farinha de trigo fortificada com ferro e ácido fólico, sal e levedura. A granulometria da farinha de cobertura final empregada foi de 27-43% 1,00 mm, 10-30% 0,71 mm, 25-40% 0,25 mm, com densidade de 0,50 g/mL \pm 0,05 g/mL. Os percentuais mínimo e máximo de cobertura adicionada (*pick-up*) foram pré-definidos para fins de padronização do peso das peças e do conteúdo de farinhas de cobertura (FMC FOODTECH, 2008). Esse percentual foi definido pela Equação 11 e o valor obtido foi de 30% \pm 3%. Peças fora desta faixa percentual foram descartadas. As pesagens realizadas indicaram um *pick-up* de empanamento de 31% \pm 1% (média \pm desvio-padrão).

$$\text{Pick - up (\%)} = \frac{(\text{peso final com cobertura} - \text{peso inicial sem cobertura})}{\text{peso final com cobertura}} \times 100 \quad (11)$$

As peças foram pré-fritas em óleo de soja, por um período de 30 segundos a uma temperatura de $180^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$. A pré-fritura foi realizada em uma fritadeira elétrica (Mega Fry – Britânia Eletrodomésticos S.A. – São José dos Pinhais, PR) e o controle da temperatura do óleo foi efetuado por termopar. Esta etapa é realizada para promover a aderência completa da cobertura à peça e evitar que a mesma se perca durante o congelamento, transporte e manuseio. A absorção de óleo obtida foi entre $3,3\% \pm 0,7\%$ (média \pm desvio-padrão) medida pela Equação 11, com uma amostragem de 40 porções de 8 peças cada. Após a pré-fritura, as amostras foram acondicionadas em formas metálicas (alumínio), sem contato umas com as outras, e foram congeladas em congelador doméstico (-10°C a -8°C). Após 24 horas, as amostras congeladas foram embaladas em sacos de polietileno e permaneceram estocadas sob congelamento até o momento das análises, quando foi efetuado um descongelamento para avaliação da amostra crua (12 horas em refrigerador doméstico). A vida útil esperada para o produto foi de 60 dias (padrão comercial), mantendo o mesmo congelado e embalado.

Para o preparo do produto cozido, as amostras, ainda congeladas, foram assadas em forno elétrico (Suggar Modelo FE422BR – Suggar Eletrodomésticos – Belo Horizonte, MG), por 18 minutos (9 minutos de cada lado), a uma temperatura de $210 \pm 5^{\circ}\text{C}$. Garantiu-se que, com este tempo e temperatura de cozimento, a temperatura do centro geométrico de cada peça atingisse um mínimo de 72°C , com um máximo de 75°C , medida por termopar.

3.3.2 Avaliações físico-químicas e microbiológicas

Foram realizadas as seguintes avaliações para caracterização dos produtos controle e teste: composição proximal (cru e cozido), pH e atividade de água (crus). Estas análises foram realizadas para o dia 0, conforme metodologias citadas nos itens 3.2.5.1 e 3.2.5.3. Foi também realizada a análise de fibra alimentar solúvel e insolúvel dos produtos teste e controle, crus e cozidos, conforme metodologia do item 3.2.5.2. Foram realizadas análises do índice TBARS a cada sete dias, entre os dias zero e 60 para os produtos crus, para avaliação da estabilidade à oxidação lipídica, conforme metodologia disposta no item 3.2.5.4. As

análises microbiológicas foram realizadas seguindo as mesmas considerações feitas no item 3.2.5.5.

3.3.3 Avaliações de rendimento de cozimento

As avaliações de rendimento de cozimento para as amostras controle e teste foram realizadas conforme metodologia descrita no item 4.2.3.1.

3.3.4 Análises instrumentais e sensoriais

Para o produto controle e para o produto teste foram realizadas análises instrumentais de cor e de textura. A análise de cor foi realizada conforme metodologia descrita no item 4.2.4.3. A avaliação instrumental de textura (força de cisalhamento) dos empanados de frango com fibras vegetais, cozidos, foi realizada de acordo com Yoon (2002) e Lyon e Lyon (1998), utilizando um texturômetro *Stable Micro System Mod. TA.XT Plus* (Texture Technologies Corp., Scarsdale, NY) acoplado a um sistema de informação computadorizado. As amostras foram mantidas em seu tamanho original, com temperatura interna ambiente. A sonda utilizada foi a TA-42, composta por uma lâmina metálica, com 0,3 cm de espessura e 7 cm de largura, com uma aresta de corte em 45 graus (Texture Technologies Corp., Scarsdale, NY) e a velocidade de penetração utilizada foi de 20 cm/min. As análises instrumentais de textura foram realizadas no Laboratório de Tecnologia de Carnes da Embrapa Suínos e Aves de Concórdia/SC.

Para a avaliação sensorial com provadores, foi aplicado um teste de aceitação por escala hedônica (teste afetivo). Foi aplicada uma escala hedônica de 7 pontos, com termos definidos entre “gostei muitíssimo” até “desgostei muitíssimo”. Foram envolvidos 50 julgadores não treinados conforme recomendado por Dutcosky (2011) e Brasil (2005).

Para avaliação sensorial, foram utilizadas amostras do produto estocado, sob congelamento, por no máximo sete dias após a elaboração. Uma amostra de cada experimento foi coletada e submetida à avaliação microbiológica prévia, conforme metodologia descrita no item 3.2.5.5, garantindo a segurança dos produtos oferecidos aos provadores (Apêndice B – Tabela B2). Foram realizadas provas sensoriais do produto cozido, servido em temperatura de consumo (aproximadamente 45°C), com 2 amostras (controle e teste) de 20-30 gramas cada. As amostras receberam codificação de algarismos aleatórios de três dígitos,

indicada nos recipientes e na ficha de avaliação. A ficha de avaliação apresentou todas as informações necessárias para a realização do teste e encontra-se no Apêndice C. Os parâmetros avaliados foram: aparência interna, odor, sabor, textura e aceitabilidade geral. Os provadores receberam água e biscoito água e sal para consumo entre a avaliação de cada amostra. As avaliações foram realizadas em laboratório específico, com cabines individuais e luz fluorescente branca.

Os resultados foram avaliados através de Análise de Variância (ANOVA) com fator duplo utilizando o teste de Tukey para verificação da diferença entre as médias. Um nível α de 0,05 foi estipulado para determinação da significância estatística. Os resultados foram analisados através do *software Statistica* versão 8.0 (Statsoft Inc., USA).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DAS FIBRAS ALIMENTARES

Nesta seção são apresentados os resultados de caracterização e comparação dos dados obtidos para as seis fibras alimentares comerciais avaliadas nesse trabalho. As análises foram realizadas de acordo com os procedimentos descritos na seção 3.1.

4.1.1 Composição proximal e fibra alimentar

A Tabela 5 mostra os resultados obtidos nas análises de umidade, proteína, lipídios, cinzas e carboidratos.

Tabela 5 – Composição química aproximada de fibras alimentares comerciais de diferentes fontes (g/100 g de amostra).

Fibras	Umidade	Lipídios	Proteína	Cinzas	Carboidratos
Aveia	7,55 ± 0,03 ^d	0,30 ± 0,04 ^e	0,96 ± 0,00 ^d	1,91 ± 0,03 ^c	89,28 ± 0,02 ^b
Bambu	7,12 ± 0,02 ^f	1,03 ± 0,03 ^c	0,77 ± 0,00 ^d	0,11 ± 0,03 ^f	90,96 ± 0,01 ^a
Batata	13,38 ± 0,03 ^a	1,40 ± 0,06 ^b	4,2 ± 0,1 ^c	2,07 ± 0,02 ^b	78,99 ± 0,07 ^f
Ervilha	9,50 ± 0,02 ^c	1,01 ± 0,01 ^c	6,90 ± 0,08 ^a	2,97 ± 0,01 ^a	79,61 ± 0,06 ^c
Maçã	7,34 ± 0,04 ^e	3,16 ± 0,05 ^a	4,8 ± 0,1 ^b	1,50 ± 0,02 ^d	83,3 ± 0,1 ^d
Trigo	9,97 ± 0,01 ^b	0,72 ± 0,03 ^d	0,9 ± 0,1 ^d	0,73 ± 0,03 ^e	87,8 ± 0,1 ^c

Dados referentes às médias de três resultados ± desvios-padrão. a-f: Médias da mesma coluna com letras sobrescritas diferentes indicam uma diferença estatística entre si (p<0,05).

Os resultados da avaliação da composição proximal mostraram que todas as fibras possuem baixos percentuais de gordura e de cinzas. Os teores de umidade variaram entre 7,12% (± 0,02) e 13,38% (± 0,03), sem apresentar uma correlação entre os maiores percentuais de umidade e a fonte da fibra (fruta, cereal ou vegetal). Estes resultados mostraram que as fibras podem ser empregadas como ingredientes em alimentos com baixas quantidades de cinzas e gorduras,

e variável conteúdo de proteínas (ROSELL; SANTOS; COLAR, 2009). O conteúdo de carboidratos mostrou-se elevado variando entre 78,99% ($\pm 0,07$) para a fibra de batata e 90,96% ($\pm 0,01$) para a fibra de bambu. Verificou-se que todas as fibras foram consideradas estatisticamente diferentes entre si ($p < 0,05$) quanto aos percentuais de umidade, cinzas e carboidratos.

Durante a caracterização de fibra de laranja, Grigelmo-Miguel e Martín-Belloso (1999) encontraram valores de umidade abaixo de 10%, o que pode ser considerada uma prevenção ao desenvolvimento da maioria dos micro-organismos. Para as fibras de frutas, a quantidade de carboidratos e lipídios está ligada ao processo de amadurecimento. Com o andamento da maturação o conteúdo de lipídios tende a diminuir e a quantidade de açúcares a aumentar.

Figuerola et al. (2005) encontraram valores de umidade variando entre 2,00% e 10,50% quando avaliaram oito diferentes concentrados de fibras derivadas de limão, laranja, maçã e *grapefruit*. Baixas quantidades de cinzas (entre 0,56 e 3,91%) e de gordura (entre 0,89 e 4,46%) também foram verificadas. Alguns teores de proteínas mostraram-se maiores que os deste estudo (entre 3,12 e 8,42%). Tais diferenças podem ser relacionadas aos tratamentos brandos de lavagem das polpas e cascas, que possibilitaram uma baixa remoção de proteínas naquele trabalho.

Kuan e Liong (2008) encontraram valores de umidade inferiores aos das fibras avaliadas neste estudo. Ao avaliarem materiais ricos em fibras, provenientes de resíduos da agricultura (casca de arroz, palha de trigo, sabugo de milho e *okara*), constataram que a umidade máxima foi de 7,62%, para a palha de trigo. Os teores de cinzas foram superiores aos das fibras aqui avaliadas. Os valores elevados foram atribuídos à presença de constituintes metálicos como silício, potássio, cálcio, sódio, ferro, magnésio e outros metais. Alfredo et al. (2009) também observaram a relação entre a presença de minerais (metais) com a quantidade de cinzas em fibras de sálvia hispânica. Neste trabalho não foi relacionado o percentual de cinzas com a quantificação de minerais presentes nas seis fibras avaliadas.

Rosell, Santos e Collar (2009) realizaram a caracterização físico-química de onze diferentes fibras comerciais. Os resultados para as fibras de maçã e bambu, provenientes do mesmo fornecedor das fibras do presente trabalho, mostraram algumas divergências (diferenças inferiores a 1,0%), principalmente nos teores de gorduras e de proteínas. A variabilidade da matéria-prima, dos reagentes, a metodologia

empregada e a execução das análises podem gerar variações em resultados de composição físico-química.

Os resultados encontrados neste trabalho para a composição proximal da fibra de ervilha foram muito semelhantes aos encontrados para a fibra alimentar da casca de manga aplicada no desenvolvimento de macarrões em um estudo recente (AJILA et al., 2010).

A Tabela 6 mostra os resultados obtidos nas análises de fibra alimentar total, fração solúvel e insolúvel das seis fibras vegetais avaliadas.

Tabela 6 – Composição de fibra alimentar das fibras vegetais comerciais avaliadas (g/100 g de amostra em base seca).

Fibras	Total	Solúvel	Insolúvel
Aveia	86,12 ± 0,01 ^c	2,0 ± 0,3 ^c	84,1 ± 0,3 ^c
Bambu	91 ± 1 ^a	0 ± 0 ^d	91 ± 1 ^a
Batata	56,6 ± 0,9 ^e	6,7 ± 0,1 ^b	50,0 ± 0,8 ^e
Ervilha	65,3 ± 0,1 ^d	1,5 ± 0,1 ^c	63,75 ± 0,03 ^d
Maçã	54,5 ± 0,5 ^e	11,3 ± 0,1 ^a	43,2 ± 0,4 ^f
Trigo	87,9 ± 0,4 ^b	0,7 ± 0,2 ^d	87,2 ± 0,1 ^b

Dados referentes às médias de três resultados ± desvios-padrão. a-e: Médias da mesma coluna com letras sobrescritas diferentes indicam uma diferença estatística entre si (p<0,05).

Observa-se que apenas as fibras de batata e maçã apresentaram conteúdos de fibra alimentar total considerados estatisticamente iguais (p>0,05) e inferiores aos percentuais médios das demais fibras. De acordo com Figuerola et al. (2005), alimentos e concentrados que contêm acima de 60% de fibra alimentar total em sua composição (base seca) podem ser considerados como fontes ricas em fibras. Os resultados das análises mostraram que as fibras de aveia, bambu, ervilha e trigo, avaliadas neste trabalho atendem a esta condição. Neste estudo, a maior parcela de fibra alimentar total das fibras avaliadas correspondeu à fração insolúvel. A mesma consideração foi encontrada por outros trabalhos que avaliaram fibras de limão, laranja e maçã (FIGUEROLA et al., 2005), de casca de manga (AJILA et al., 2010), de sálvia hispânica, feijão de porco (*Canavalia ensiformis*) e maracujá (ALFREDO et al., 2009), de beterraba (RALET et al., 2009) e de materiais fibrosos de resíduos agrícolas (KUAN; LIONG, 2008). Devido a essa constituição, os seis tipos de fibras avaliados neste estudo

(aveia, bambu, batata, ervilha, maçã e trigo) poderiam desempenhar efeitos na regulação intestinal e no volume fecal, que estão relacionados ao consumo de fibras insolúveis (CHAU; HUANG, 2003). Além disto, altos teores de fibras insolúveis podem promover uma maior sensação de saciedade, além de diminuir problemas de constipação e consequentemente de câncer colorretal (ALFREDO et al., 2009). A ausência de um percentual satisfatório de fibra alimentar insolúvel pode comprometer o efeito que as fibras alimentares podem exercer sobre os níveis de colesterol no sangue e na absorção de glicose pelo intestino (GRIGELMO-MIGUEL; MARTÍN-BELLOSO, 1999).

Como a adição de fibras em produtos cárneos geralmente é da ordem de 2% a 3%, os resultados físico-químicos encontrados não comprometeriam fortemente a composição proximal de uma nova formulação em comparação com uma tradicional (sem adição de fibras), devido aos baixos teores de umidade, proteína e lipídios das mesmas. Como a maior parte dos carboidratos é constituída de fibras, a grande contribuição da adição destes ingredientes seria na quantidade de fibra alimentar do produto cárneo.

4.1.2 Avaliação de pH e atividade de água

Os resultados referentes às análises de pH e atividade de água das seis diferentes fibras alimentares, avaliadas conforme as metodologias apresentadas nos itens 3.1.7 e 3.1.8, estão apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 – Valores de pH e atividade de água (a_w) das fibras vegetais comerciais avaliadas.

Fibras	pH	a_w
Aveia	5,90 ± 0,04 ^a	0,52 ± 0,00 ^c
Bambu	5,65 ± 0,03 ^b	0,50 ± 0,00 ^d
Batata	4,72 ± 0,02 ^d	0,58 ± 0,00 ^a
Ervilha	5,36 ± 0,01 ^c	0,47 ± 0,00 ^e
Maçã	3,66 ± 0,02 ^e	0,25 ± 0,01 ^f
Trigo	5,95 ± 0,02 ^a	0,54 ± 0,00 ^b

Dados referentes às médias de três resultados ± desvios-padrão. a-f: Médias da mesma coluna com letras sobrescritas diferentes indicam uma diferença estatística entre si ($p < 0,05$).

A medida de pH é importante para algumas determinações como a deterioração do alimento pelo crescimento de micro-organismos, atividade enzimática, textura de geleias e gelatinas, retenção do sabor-odor de produtos de frutas, estabilidade de corantes artificiais em produtos de frutas, verificação do estado de maturação de frutas e escolha da embalagem (SANTANA, 2005).

Observa-se que o pH das seis amostras avaliadas em suspensão encontra-se dentro da faixa característica de acidez. Porém, as amostras de cereais e bambu apresentaram valores de pH maiores que as amostras de legumes e fruta. A própria composição destes alimentos, mais rica em ácidos, e o uso de ácidos (como o ácido fosfórico) nos processos de extração de fibras podem causar uma redução do pH de fibras destas fontes alimentares (PRAKONGPAN; NITITHAMYONG; LUANGPITUSKA, 2002). Estudos mostraram o pH de fibras de frutas como o pêssego variando entre 3,63 e 3,86 e de laranja entre 3,85 e 3,93 (WONG; CHEUNG, 2005), muito próximos aos encontrados para a fibra de maçã neste trabalho. Santana (2005) encontrou valores de pH para fibra de maracujá, com tamanhos de partícula de 0,30 a 0,42 mm, abaixo de 4,7. Outros fatores que podem influenciar o pH são a variedade, a região e o cultivo dos produtos utilizados para extração de fibras (GRIGELMO-MIGUEL; MARTÍN BELLOSO, 1999).

Em produtos alimentícios em que o pH exerce influência sobre a tecnologia de fabricação, deve-se tomar o cuidado para que a adição de ingredientes com determinado grau de acidez não interfira nas propriedades sensoriais (como o sabor e a cor) e em etapas subsequentes de processamento (como coagulação, fermentação, fixação de corantes, etc.). Como a adição de fibras geralmente é realizada com baixos percentuais, o pH das mesmas tende a exercer pouca influência sobre o pH do produto final. Porém, a determinação deste índice é importante para avaliar o comportamento do produto durante o seu período de conservação.

A atividade de água (a_w) é um parâmetro para quantificar a água disponível nos alimentos para os micro-organismos e para a ocorrência de reações químicas. É importante principalmente em partículas onde a área superficial exposta à água e ao ar é grande e promove velocidades de reações maiores. Os valores de atividade de água das fibras avaliadas variaram entre 0,25 e 0,58 e todas foram consideradas estatisticamente diferentes entre si ($p < 0,05$). As amostras avaliadas foram armazenadas em embalagens de polietileno e estocadas em temperatura ambiente, sem contato com umidade do ar. As atividades de água de todas as amostras de fibras avaliadas foram

consideradas inferiores ao valor mínimo na qual a maior parte dos micro-organismos pode se desenvolver (cerca de 0,61) (PRAKONGPAN; NITITHAMYONG; LUANGPITUSKA, 2002). Ainda de acordo com Santana (2005), quando a atividade de água baixar para o intervalo de 0,40 a 0,80, haverá possibilidade de ocorrer reações químicas e enzimáticas rápidas pelo aumento da concentração dos reagentes, enquanto que para a_w inferiores a 0,3, a água não seria utilizada por micro-organismos nem para dissolver componentes do alimento, o que leva as reações a terem velocidade tendendo à zero, com exceção da oxidação dos lipídios, que é consideravelmente mais rápida.

4.1.3 Avaliação de cor

Dos três principais atributos sensoriais de qualidade de alimentos, a cor e a aparência se destacam entre os mais importantes, sendo a cor um critério muito utilizado para estabelecer limites que sugerem parâmetros para avaliar a qualidade de produtos. De fato, a cor do produto representa o primeiro impacto sobre o consumidor, despertando neste o desejo de consumir ou de rejeitar o produto, além de também fornecer uma indicação, embora nem sempre correta, sobre o grau de conservação do alimento (RAMOS; GOMIDE, 2007). Diante disto, o uso de matérias-primas não convencionais e o emprego de novos ingredientes que interferem nas cores tradicionais dos alimentos requerem especial atenção por parte de pesquisadores e dos profissionais das indústrias.

De acordo com os mesmos autores, a Comissão Internacional de Iluminação (CIE) recomendou que, a partir de 1976, a escala padrão utilizada para estimar e diferenciar cores seja a escala CIE-Lab. É recomendado também que esta escala seja utilizada ao se pesquisar cor em carnes, devido ao fato de as equações utilizadas nos cálculos de seus coeficientes darem maior ênfase à região vermelha do espectro. Porém, ela é atualmente amplamente utilizada para todos os tipos de alimentos. A Tabela 8 apresenta os resultados das determinações de cor das seis diferentes fibras analisadas neste trabalho. Os valores medidos na calibração do equipamento, em uma placa teste de coloração branca padrão foram: $L^* = 96,82$, $a^* = -0,04$ e $b^* = 1,95$.

Tabela 8 – Parâmetros da medição de cor das fibras vegetais comerciais avaliadas (Sistema CIE-Lab).

Fibras	L^*	a^*	b^*
Aveia	$91,6 \pm 0,7^a$	$-2,23 \pm 0,07^c$	$11,5 \pm 0,2^d$
Bambu	$93,1 \pm 0,7^a$	$-0,67 \pm 0,02^d$	$4,1 \pm 0,4^f$
Batata	$74,4 \pm 0,1^c$	$2,52 \pm 0,01^b$	$15,8 \pm 0,1^b$
Ervilha	$89,4 \pm 0,2^b$	$0,01 \pm 0,01^c$	$12,48 \pm 0,04^c$
Maçã	$54,2 \pm 0,9^d$	$8,6 \pm 0,3^a$	$17,8 \pm 0,2^a$
Trigo	$89,0 \pm 0,6^b$	$-0,37 \pm 0,01^d$	$6,74 \pm 0,06^e$

Dados referentes às médias de três resultados \pm desvios-padrão. a-e: Médias da mesma coluna com letras sobscritas diferentes indicam uma diferença estatística entre si ($p < 0,05$).

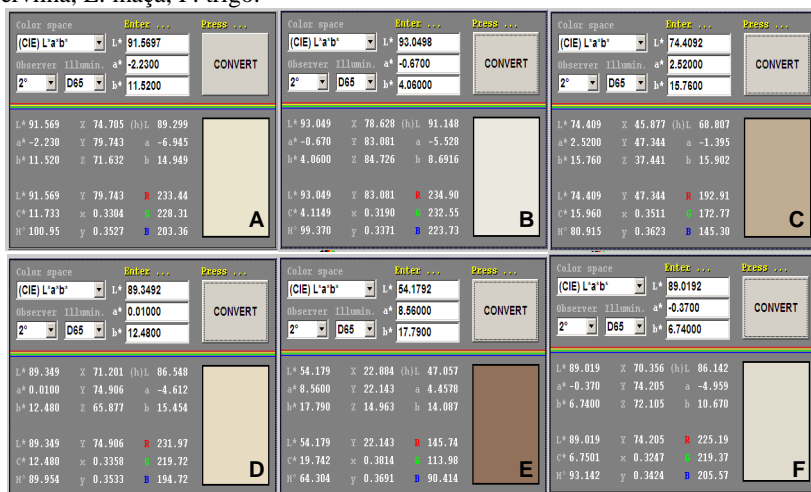
O valor L^* mede a luminosidade da amostra, que varia de zero (preto puro) a 100 (branco puro). As amostras de fibras de aveia e bambu foram consideradas estatisticamente iguais ($p < 0,05$) com relação ao valor L^* , sendo as mais claras. A mesma conclusão estatística ocorreu com as amostras de fibras de ervilha e trigo. As amostras de fibras de batata e maçã foram consideradas as mais escuras, o que se deve à cor mais escura das fontes de obtenção destas fibras (cascas).

Os valores a^* e b^* representam os níveis de tonalidade e saturação, em que: a^* positivo indica o vermelho; a^* negativo o verde; b^* positivo o amarelo; e b^* negativo o azul. Ambas as escalas variam de -60 a +60. Valores de a^* e b^* próximos de zero indicam a cor cinza, que combinada ao valor de L^* pode indicar tendência ao branco ou ao preto. Observa-se que as fibras de bambu e trigo são as que se apresentam mais próximas da cor branca (altos valores de L^* e valores de a^* e b^* próximos ao valor zero). A fibra de maçã apresentou uma combinação de medidas que está relacionada a uma coloração marrom e as demais fibras apresentaram uma maior tendência a uma coloração amarela. Esta informação pode ser útil para prever o impacto da cor da fibra vegetal sobre a coloração convencional do produto na qual a mesma será empregada. No caso desse trabalho, que empregou as fibras em produtos de carne de frango, fibras com coloração branca ou amarela apresentam menor interferência na coloração final do produto.

A Figura 4 ilustra as cores do espectro referentes às coordenadas médias obtidas para cada fibra. Ela fornece uma informação visual da coloração medida instrumentalmente. A simulação

foi realizada no *software Color Metric Converter* (ColorEng Inc., USA), conforme descrito no item 3.1.9. Todas as fibras avaliadas mostraram uma cor que não apresenta risco de interferência para aplicação na maioria dos produtos cárneos. Os baixo percentuais de fibras geralmente adicionados (cerca de 3%) não comprometeriam na coloração dos produtos. O uso de corantes, uma boa dispersão, uma hidratação em gordura ou em água e um tratamento térmico podem tornar imperceptível ao consumidor a presença deste tipo de ingrediente. No entanto, a aplicação das fibras de batata e de maçã (menores valores de L^*) em um produto de tonalidade mais clara (como produtos de carne de frango) exigiria um maior cuidado na padronização e manutenção da cor característica.

Figura 4 – Simulação da cor das fibras vegetais comerciais avaliadas, de acordo com as coordenadas do sistema CIE-Lab. A: aveia, B: bambu, C: batata, D: ervilha, E: maçã, F: trigo.



Fonte: *Color Metric Converter* (ColorEng Inc., USA), 2012.

Em estudo realizado por Rosell, Santos e Collar (2009), foi mencionada uma restrição à aplicação de fibras vegetais com baixos valores de L^* , para emprego na indústria de nificação, devido às preferências dos consumidores por pães de coloração clara. Grigelmo-Mígel e Martín-Belloso (1999) relataram que a coloração de fibras alimentares provenientes de frutas e vegetais pode ser influenciada por diferentes fatores, como variedade e grau de maturação. Porém, o mais importante destes fatores é o processo de secagem de polpas e de cascas.

Durante a desidratação, que geralmente é realizada a elevadas temperaturas, pode ocorrer escurecimento enzimático e não enzimático (reações de Maillard) o que torna a coloração do produto mais escura. O mesmo trabalho apresentou as medições de coloração de fibra de laranja que, por possuir uma cor característica da fruta de origem, pode afetar a aparência dos produtos finais.

Wong e Cheung (2005) encontraram altos valores de L^* e baixos valores de a^* e b^* para fibras obtidas a partir de cogumelos, o que sugere a aplicação deste ingrediente em pães e biscoitos sem interferência na cor característica. Sangnark e Noomhorm (2003) não observaram diferenças impactantes de coloração em um pão preparado com fibra alimentar de cana-de-açúcar quando foram utilizadas diferentes faixas de granulometria na formulação.

Em alguns casos, pode existir uma relação entre a coloração da fibra e o seu conteúdo de cinzas (KUAN; LIONG, 2008). Cinzas que contêm altas concentrações de silício e uma quantidade considerável de constituintes metálicos podem conferir cores mais escuras às fibras. Tal consideração foi observada quando foram comparadas as fibras da casca de arroz (mais escuras) com as de sabugo de milho e palha de trigo (mais claras). No presente estudo, esta correlação não foi observada, pois as fibras que apresentaram valores de L^* , a^* , e b^* que indicam uma coloração mais escura (maçã e batata) não foram as fibras que apresentaram o maior percentual de cinzas (ervilha).

4.1.4 Distribuição granulométrica e microscopia eletrônica de varredura

O tamanho das partículas exerce influência sobre os eventos que ocorrem no trato digestivo, como tempo de trânsito, fermentação e excreção fecal. Ele depende do tipo de parede celular presente no alimento e do grau de processamento da fibra. O tamanho da partícula fibrosa pode variar durante o trânsito no trato digestivo, como resultado da mastigação, digestão no estômago e degradação por bactérias no intestino grosso. Alguns componentes envolvidos na coesividade da matriz fibrosa podem também ser solubilizados durante a digestão. Isto significa que o tamanho das partículas antes da ingestão não é necessariamente um dado relevante para garantir uma ação potencial da fibra no trânsito intestinal (GUILLON; CHAMP, 2000). Porém, sob o ponto de vista tecnológico, o tamanho das partículas pode impactar na aceitação da aparência interna e da textura dos produtos.

A Tabela 9 apresenta os resultados da análise granulométrica das fibras vegetais estudadas. As fibras avaliadas neste trabalho, com exceção da fibra de bambu, apresentaram o maior percentual de classificação das partículas na faixa de 150 a 300 μm . A fibra de bambu apresentou maior fração retida entre 75 e 150 μm . A fibra de aveia foi aquela que apresentou maior regularidade de distribuição entre as frações granulométricas. As fibras de bambu, batata, maçã e ervilha apresentaram entre 72 e 82% das partículas na faixa de 75-300 μm , o que as confere uma semelhança granulométrica e favorece o uso combinado das mesmas.

Tabela 9 – Distribuição granulométrica das fibras vegetais comerciais avaliadas (% retido).

Fibras	$\geq 300 \mu\text{m}$	300-150 μm	150-75 μm	$< 75 \mu\text{m}$
Aveia	26,0 \pm 0,3 ^a	26,5 \pm 0,3 ^e	25,6 \pm 0,4 ^d	21,9 \pm 0,6 ^a
Bambu	11,1 \pm 0,1 ^c	37,98 \pm 0,08 ^d	43,6 \pm 0,7 ^a	7,3 \pm 0,7 ^c
Batata	6,54 \pm 0,09 ^d	46,3 \pm 0,3 ^b	26,0 \pm 0,1 ^d	21,2 \pm 0,3 ^a
Ervilha	18,8 \pm 0,1 ^b	68,7 \pm 0,4 ^a	11,2 \pm 0,2 ^e	1,3 \pm 0,7 ^e
Maçã	4,86 \pm 0,08 ^e	44,5 \pm 0,6 ^c	33,2 \pm 0,3 ^c	17,5 \pm 0,8 ^b
Trigo	10,95 \pm 0,08 ^c	46,0 \pm 0,2 ^b	39,9 \pm 0,5 ^b	3,1 \pm 0,7 ^d

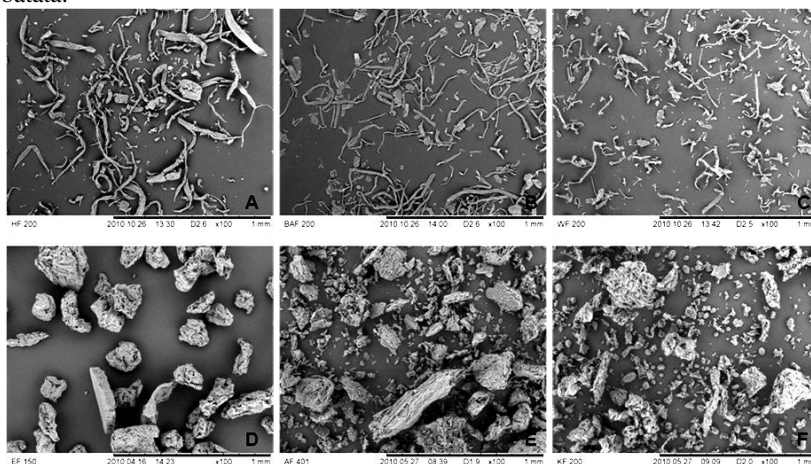
Dados referentes às médias de três resultados \pm desvios-padrão. a-e: Médias da mesma coluna com letras sobrescritas diferentes indicam uma diferença estatística entre si ($p < 0,05$).

A distribuição granulométrica é resultado dos processos de moagem e classificação utilizados pelo fabricante da fibra. Dentro de uma mesma fonte de fibra podem existir diversas classificações granulométricas, sendo cada uma indicada para uma finalidade de aplicação específica. Em alimentos industrializados, a distribuição granulométrica pode interferir na capacidade de retenção de água, na capacidade de retenção de óleo, no intumescimento e na densidade (SANGNARK; NOOMHORM, 2003). Os mesmos autores relatam que, tipicamente, uma redução no tamanho das partículas pode ser associada com um aumento na densidade do produto. Neste trabalho, as fibras com maiores percentuais de partículas de tamanho pequeno ($< 75 \mu\text{m}$) foram as de aveia, batata e maçã. Porém, como será visto na seção 4.1.5, as fibras com maior densidade foram as de batata, maçã e ervilha. Outro

ponto a se considerar é a percepção visual que pode ocorrer devido à presença de grandes partículas de fibras nos alimentos, que em algumas vezes pode ser indesejável na caracterização do produto final.

A Figura 5 apresenta as micrografias das fibras vegetais utilizadas neste estudo registradas por microscopia eletrônica de varredura, conforme procedimento descrito no item 3.1.11.

Figura 5 – Micrografias de varredura eletrônica de diferentes fibras comerciais (ampliação de 100x). A: aveia, B: bambu, C: trigo, D: ervilha, E: maçã, F: batata.



Fonte: J. Rettenmaier & Söhne GMBH Co, 2012.

Para todas as fibras foi realizada uma ampliação de 100 vezes o tamanho original. Foi possível observar que as partículas visualizadas apresentam formas e tamanhos variados. As fibras de aveia, bambu e trigo apresentaram forma similar, aproximada ao de filetes de diferentes tamanhos. Pelas imagens ampliadas das fibras de ervilha, maçã e batata, foi observada a presença de fissuras, poros e aparência rugosa. O mesmo aspecto foi observado para micrografias de outras amostras de fibras de bambu, aveia e trigo, com ampliação de 200 vezes, em um trabalho de Rosell, Santos e Collar (2009). As micrografias que mostraram um maior número de fragmentos (maçã, batata e aveia) foram as mesmas amostras que apresentaram na análise granulométrica apresentaram maiores percentuais de partículas de menor tamanho (inferiores a 75 μm).

Wong e Cheung (2005) observaram um aspecto de ramos entrelaçados, com a presença de fragmentos de pequeno diâmetro, em fibras de cogumelos quando fotografadas em microscópio eletrônico de varredura. O mesmo aspecto irregular das fibras de maçã e batata foi visualizado em fibras de abacaxi (PRAKONGPAN; NITITHAMYONG; LUANGPITUSKA, 2002). O aspecto final das partículas é uma característica extremamente dependente dos processos de fabricação das fibras (como as etapas de moagem seca ou úmida e secagem), da composição e estrutura matricial da fibra e do tamanho da partícula (LARRAURI, 1999).

4.1.5 Propriedades de absorção de água e óleo e densidade das fibras

Na Tabela 10 é possível visualizar os valores da capacidade de retenção de água (CRA) e do intumescimento das fibras avaliadas neste estudo. Os maiores valores de CRA foram encontrados nas fibras de ervilha e trigo, seguidas de aveia e bambu. As fibras de batata e maçã apresentaram os menores valores de CRA. As mesmas características foram observadas para o intumescimento das fibras avaliadas.

Tabela 10 – Capacidade de retenção de água (CRA), volume de intumescimento, capacidade de retenção de óleo (CRO) e densidade aparente (*bulk*) das fibras vegetais comerciais avaliadas.

Fibras	CRA (g água/g sólido)	Intumescimento (mL/g sólido b. seca)	CRO (g óleo/g sólido)	Densidade (g/L)
Aveia	4,59 ± 0,09 ^c	9,5 ± 0,3 ^c	3,69 ± 0,09 ^c	141,8 ± 0,2 ^d
Bambu	4,37 ± 0,08 ^c	9,1 ± 0,1 ^c	4,62 ± 0,03 ^a	117,0 ± 0,1 ^e
Batata	3,71 ± 0,09 ^d	5,7 ± 0,1 ^e	2,00 ± 0,04 ^d	370,6 ± 0,3 ^c
Ervilha	6,8 ± 0,2 ^a	15,9 ± 0,2 ^a	2,02 ± 0,01 ^d	408,1 ± 0,3 ^b
Maçã	3,20 ± 0,07 ^e	7,0 ± 0,1 ^d	1,47 ± 0,04 ^e	494,0 ± 0,2 ^a
Trigo	5,3 ± 0,1 ^b	12,9 ± 0,2 ^b	4,38 ± 0,05 ^b	105,7 ± 0,3 ^f

Dados referentes às médias de três resultados ± desvios-padrão. a-f: Médias da mesma coluna com letras sobrescritas diferentes indicam uma diferença estatística entre si (p<0,05).

Rosell, Santos e Collar (2009) durante a avaliação da CRA e do intumescimento de fibras vegetais comerciais encontraram os

maiores valores de ambas as propriedades para fibras de cereais (trigo e aveia) e os menores valores para fibras de bambu e maçã. Os mesmos autores também observaram que as propriedades de hidratação em água diminuem com a redução do tamanho da partícula. Santana (2005) relatou situação semelhante durante a caracterização de fibra de laranja. Para amostras liofilizadas ou secas em leito fixo, com menores tamanhos de partículas, foi observada uma menor absorção de água comparada às amostras com maiores tamanhos de partículas.

Pela análise granulométrica das fibras avaliadas neste trabalho foi constatado que 87,4% das fibras de ervilha (maiores valores de CRA e intumescimento: $6,8 \pm 0,2$ g água/g sólido e $15,9 \pm 0,2$ mL/g sólido base seca, respectivamente) possuem tamanho superior a 150 μm . Já para a fibra de maçã, que apresentou o menor valor de CRA ($3,20 \pm 0,07$ g água/g sólido), menos de 50% da amostra apresentou tamanho superior a 150 μm . Para este caso, menores tamanhos de fibras tiveram baixos valores das propriedades higroscópicas (CRA e intumescimento).

Também ocorre a hipótese de que durante os processos de redução de tamanho pode haver destruição da estrutura da matriz fibrosa, aumentando a área superficial e, com isso, mais grupos polares com sítios ligantes podem interagir com a água da vizinhança, reduzindo a absorção de água pela fibra. Parâmetros experimentais, como a agitação a que foi submetida a fibra nas determinações das propriedades higroscópicas, podem afetar a estrutura da fibra e resultar em alterações significativas nos valores encontrados (SANGNARK; NOOMHORN, 2003).

Auffret et al. (1994) concluíram que a moagem pode exercer influência nas propriedades higroscópicas de fibras de ervilha. As paredes celulares secundárias da casca de ervilha, ricas em celulose, são rígidas e resistentes à moagem. Deste modo, a moagem resulta apenas em um aumento da área superficial teórica e do volume total do poro, responsável pelos aumentos de intumescimento e CRA. No mesmo estudo, os autores observaram que diferenças entre os valores de intumescimento das fibras avaliadas (trigo, ervilha, beterraba e citrus) foram resultados das propriedades individuais de cada componente e da estrutura física da matriz da fibra (porosidade e cristalinidade). O intumescimento diminuiu com a redução de tamanho das partículas devido, principalmente, aos danos provocados à matriz fibrosa durante a moagem.

Os valores de capacidade de retenção de água e de intumescimento encontrados neste trabalho apresentaram algumas diferenças quando comparados com outros estudos com diferentes

fibras. Trabalhos com fibras de maçã apresentaram valores de CRA de aproximadamente 1,70 g de água/g de sólido (FIGUEROLA et al., 2005), 5,43 g de água/g de sólido (ROBERTSON et al., 2000), 6,12 g de água/g de sólido (ROSELL; SANTOS; COLLAR, 2009) e até 9,36 g de água/g de sólido (CHEN et al., 1988), diferentes deste estudo que foi de 3,20 g de água/g de sólido. Variações de grandeza semelhante ocorreram para os valores de intumescimento. Os valores de CRA encontrados por Rosell, Santos e Collar (2009) para fibra de bambu e de Sangnark e Noomhorm (2003) para fibra de cana-de-açúcar foram semelhantes aos da fibra de bambu deste estudo. Para as fibras de cereais (trigo e aveia), os resultados das propriedades de hidratação deste trabalho variaram em relação a outros já publicados (ALFREDO et al., 2009; ROSELL; SANTOS; COLLAR, 2009; BARRETO, 2007; GRIGELMO-MIGUEL; MARTÍN-BELLOSO, 1999; CHEN et al., 1988).

Outros trabalhos com fibras também mostraram variações nas propriedades higroscópicas das amostras avaliadas, como em fibras de abacaxi, com CRA variando de 6,0 a 12,1 g de água/g de sólido (PRAKONGPAN; NITITHAMYONG; LUANGPITUSKA, 2002); fibras de limão e laranja, com CRA variando de 1,65 a 10,32 g de água/g de sólido (FIGUEROLA et al., 2005; GRIGELMO-MIGUEL; MARTÍN-BELLOSO, 1999) e fibras de cogumelos, com CRA variando de 2,8 a 6,7 g de água/g de sólido (WONG; CHEUNG, 2005).

As variações encontradas nas propriedades de hidratação não têm relação exclusiva com o tamanho das partículas. A estrutura química, a forma das partículas, o pH, a temperatura, o tempo de hidratação e o método de avaliação da propriedade também exercem grande influência, podendo gerar diferenças nos valores encontrados (CARVALHO et al., 2009; LARRAURI et al., 1996).

De acordo com os interesses industriais, altos valores das propriedades higroscópicas de fibras alimentares são importantes quando ajustes na textura de produtos cárneos ou molhos para salada são necessários durante a produção de alimentos com baixas calorias. Ao contrário, fibras alimentares com baixos valores de CRA e intumescimento são importantes quando se necessita de substitutos de açúcar em produtos de baixa caloria como cereais matinais, biscoitos e bolachas (CARVALHO et al., 2009).

Segundo Wong e Cheung (2005), a propriedade que as fibras possuem em absorver e reter óleo é mais uma função da porosidade da estrutura fibrosa do que uma afinidade da própria fibra com as moléculas do óleo. Por esta razão, tanto a pré-absorção de água pela fibra quanto a redução do tamanho da partícula pode resultar em uma

menor capacidade de retenção de óleo (CRO). Neste estudo não foi possível encontrar um comportamento que descrevesse uma relação da CRO com o tamanho da partícula das fibras, visto que não houve uma fração retida superior a 70% em nenhuma faixa granulométrica.

Um ingrediente com um alto teor de fibras e com um elevado valor da CRO das mesmas pode permitir a estabilidade de uma emulsão com alto teor de gordura, pela retenção da mesma em produtos de carne reestruturada ou emulsificada. Em produtos cárneos com baixas quantidades de gordura, a CRO auxilia na retenção da gordura presente, o que confere sabor, textura e suculência no produto final (WONG; CHEUNG, 2005).

Pela Tabela 10 verifica-se que as amostras de fibras de maçã, batata e ervilha apresentaram os menores valores de capacidade de retenção de óleo. A baixa CRO destas fibras se deve ao fato de possuírem menores quantidades de fibra alimentar total em comparação com as fibras de cereais e bambu. Outro fator é a presença natural de amido resistente nas fibras de batata e ervilha. Kuan e Liong (2008) observaram que amostras de materiais fibrosos contendo uma grande quantidade de amido proporcionam uma menor CRO quando comparados com materiais mais ricos em fibras e com menores teores de amido. Amidos nativos tendem a serem fracos absorvedores de óleo, pois a estrutura granular tende a permanecer intacta se não houver um tratamento químico do material.

Outros estudos também encontraram baixos valores da capacidade de retenção de óleo quando comparados com as propriedades de hidratação em água. Dentre estes, foram relatados para fibra de chia (sálvia hispânica) uma CRO de 2,02 g de óleo/g de sólido (ALFREDO et al., 2009), para fibras de resíduos agrícolas (sabugo de milho, palha de trigo e casca de arroz) uma CRO variando entre 1,3 e 1,9 g de óleo/g de sólido (KUAN; LIONG, 2008), para fibras de três variedades de maçã uma CRO entre 1,6 e 1,9 g de óleo/g de sólido (FIGUEROLA et al., 2005), para fibras de cogumelos uma CRO entre 1,3 e 1,9 g de óleo/g de sólido (WONG; CHEUNG, 2005), para fibras do bagaço da cana-de-açúcar uma CRO de 3,26 g de óleo/g de sólido (SANGNARK; NOOMHORM, 2003), para fibras do miolo do abacaxi uma CRO entre 2,0 e 4,0 g de óleo/g de sólido (PRAKONGPAN; NITITHAMYONG; LUANGPITUSKA, 2002), para fibras de laranja uma CRO entre 0,8 e 1,3 g de óleo/g de sólido (GRIGELMO-MIGUEL; MARTÍN-BELLOSO, 1999) e para fibras de manga uma CRO de 2,7 g de óleo/g de sólido (LARRAURI et al., 1996).

A capacidade de retenção de óleo também é uma propriedade que possui impactos fisiológicos, pois pode interferir na absorção de gordura no intestino. Portanto, esta propriedade também tem relação com o controle de peso corporal e regulação dos perfis de gordura do sangue (CARVALHO et al., 2009).

A Tabela 10 também mostra os valores obtidos nas análises de densidade aparente (*bulk*) das fibras vegetais avaliadas. Quanto menor o valor da densidade, maior o volume ocupado pelas fibras para uma determinada massa. Observa-se que as fibras de cereais e bambu tiveram menores densidades que as fibras de maçã, batata e ervilha. Esta propriedade depende das características estruturais típicas de cada material, do tamanho das partículas e da sua distribuição (GRIGELMO-MIGUEL; MARTÍN-BELLOSO, 1999). Normalmente, todas as fibras com partículas de tamanhos maiores possuem maior densidade que aquelas com menor tamanho (PRAKONGPAN; NITITHAMYONG; LUANGPITUSKA, 2002).

Neste estudo, a fibra com maiores tamanhos de partículas, identificados na análise granulométrica, foi a fibra de ervilha coincidindo com um elevado valor da densidade. Porém, tal consideração não se aplicou à fibra de trigo, que apresentou uma baixa densidade. Uma eventual presença de ar no interior da amostra acomodada na proveta durante a análise e a variabilidade do tamanho das partículas da amostra selecionada podem gerar variações nos valores da densidade aparente.

Densidades de fibras de frutas e legumes geralmente são elevadas, em decorrência dos processos de tratamento de cascas e polpas, com posterior moagem e/ou processo de liofilização. Prakongpan, Nitithamyong e Luangpituska (2002) encontraram densidades aparentes superiores a 250 g/L para fibras de abacaxi selecionadas em peneira acima de 100 *mesh* e Grigelmo-Miguel e Martín-Belloso (1999) encontraram valores acima de 350 g/L para fibras de três variedades de laranja.

4.1.6 Avaliação das propriedades emulsionantes

Um equilíbrio entre as fases da emulsão é garantido pelo uso de um agente emulsificante, que provoca uma diminuição da tensão interfacial e tende a manter a emulsão estável (KUAN; LIONG, 2008). A atividade emulsionante (AE) indica o percentual da mistura de óleo/água/fibra que formou uma emulsão (mistura homogênea) e a

estabilidade da emulsão (EE) indica o percentual da amostra que permaneceu emulsionada após tratamento térmico (80°C).

A Tabela 11 apresenta os resultados encontrados para a atividade emulsionante (AE) e para a estabilidade da emulsão (EE) das fibras avaliadas neste trabalho.

Tabela 11 – Atividade emulsionante e estabilidade da emulsão das fibras vegetais comerciais avaliadas.

Fibras	AE (%)	EE (%)
Aveia	53,0 ± 0,4 ^c	51,9 ± 0,2 ^b
Bambu	56,4 ± 0,5 ^b	51,0 ± 0,9 ^b
Batata	30,55 ± 0,06 ^f	29,9 ± 0,4 ^e
Ervilha	49,0 ± 0,3 ^d	48,2 ± 0,9 ^c
Maçã	37,0 ± 0,2 ^e	35,0 ± 0,8 ^d
Trigo	57,9 ± 0,2 ^a	56,8 ± 0,9 ^a

Dados referentes às médias de três resultados ± desvios-padrão. a-f: Médias da mesma coluna com letras sobrescritas diferentes indicam uma diferença estatística entre si (p<0,05).

Os resultados da Tabela 11 indicam que todas as fibras apresentaram alguma atividade emulsionante, ou seja, auxiliaram na formação de emulsões, bem como demonstraram boa estabilidade das mesmas após aquecimento e resfriamento. Todas as fibras apresentaram resultados de AE considerados estatisticamente diferentes entre si (p<0,05). Observou-se que as fibras de cereais (trigo e aveia) e a fibra de bambu apresentaram os maiores resultados para AE e EE. No caso das fibras de maçã e batata, a presença de frações solúveis de polissacarídeos pode auxiliar em uma melhor propriedade emulsificante da fibra (KUAN; LIONG, 2008). A forma das partículas, as características hidrofílicas e lipofílicas, os constituintes de cada fibra e a metodologia de análise podem interferir nos valores das propriedades emulsificantes das fibras.

Kuan e Liong (2008) encontraram valores entre 43% e 59% para a atividade emulsionante e na mesma faixa de variação para a estabilidade de emulsão de fibras de resíduos agrícolas. Os mesmos autores relatam que pode haver correlação positiva entre os teores de proteínas e lipídios das fibras com os valores de AE e EE, o que não foi observado neste estudo.

Wong e Cheung (2005) relatam que fibras alimentares com valores de AE acima de 50% podem ser consideradas como bons agentes emulsificantes. Em avaliações de fibras de cogumelos, os autores encontraram valores de AE no intervalo de 56,7% e 71,9%. As emulsões também se mostraram fortemente estáveis após incubação a 80°C por 30 minutos. Prakongpan, Nitithamyong e Luangpituska (2002) encontraram valores inferiores de AE para fibras do miolo de abacaxis (entre 4% e 23%). Também foi verificado um aumento da AE com o aumento do tamanho das partículas (em intervalos de análise granulométrica). Tal relação não foi observada neste estudo.

4.1.7 Análises microbiológicas

A microbiota dos cereais e outros produtos relacionados é formada pela microbiota do solo e do ambiente no qual são armazenados e também por aquela adquirida durante o processamento. Como a atividade de água destes produtos é baixa, mesmo o alto teor de carboidratos não será suficiente para permitir um considerável crescimento bacteriano (FRANCO; LANDGRAF, 2005). Para vegetais (frutas e legumes), a maior parte dos micro-organismos existentes encontra-se nas cascas, provenientes principalmente da grande exposição ao ambiente e são veiculados por insetos, pelo ar e pelo próprio exsudato das frutas (ICMSF, 1998). Tratamentos térmicos posteriores, como lavagem, secagem ou congelamento, podem reduzir a carga microbiana inicial ou inibir o crescimento de micro-organismos (JAY, 2005).

A Tabela 12 apresenta os resultados das análises microbiológicas de contagem total de micro-organismos mesófilos e de bolores e leveduras, realizadas conforme procedimento descrito no item 3.1.17.

Tabela 12 – Contagem total de micro-organismos mesófilos e bolores e leveduras das fibras vegetais comerciais avaliadas.

Fibras	Contagem Total (UFC/g)	Bolores e Leveduras (UFC/g)
Aveia	<10	<100
Bambu	4,33 x 10	<100
Batata	2,37 x 10 ⁴	<100
Ervilha	1,87 x 10 ⁴	<100
Maçã	7,00 x 10 ²	1,47 x 10 ³
Trigo	<10	<100

Dados referentes às médias de três resultados.

As maiores contagens totais de micro-organismos mesófilos foram para as fibras de batata, ervilha e maçã. As fibras de cereais e de bambu apresentaram valores inferiores a 100 UFC/g. Segundo Franco e Landgraf (2005), alterações sensoriais em alimentos são detectáveis com contagens superiores a 10⁶ UFC/g do alimento. Para contagens totais, os números elevados são esperados e variam com o tipo de alimento e micro-organismo presente. Os valores encontrados neste estudo podem ser considerados normais e, devido aos valores reduzidos de umidade e atividade de água, o crescimento de micro-organismos não é amplamente favorecido. Além disso, como as fibras estudadas nesse trabalho serão empregadas em produtos que contêm aditivos e que posteriormente serão estocados sob congelamento e sofrerão cozimento durante o preparo, o risco microbiológico é reduzido.

De acordo com os autores, em alimentos ácidos e de baixa atividade de água, o crescimento de bolores e leveduras é maior, podendo provocar deterioração em frutas, vegetais e cereais. Tal consideração foi observada neste trabalho para a fibra de maçã, que apresentou o menor valor de pH e a maior contagem de bolores e leveduras. Baixas contagens de bolores e leveduras são normais em alimentos frescos e congelados, não sendo, portanto, significativas. Pelas mesmas considerações feitas para a contagem total de mesófilos, o risco microbiológico desses alimentos com relação aos bolores e leveduras é baixo.

4.1.8 Determinação de contaminantes inorgânicos (chumbo e cádmio)

Segundo Gonçalves et al. (2008), o cádmio é considerado um dos mais sérios tóxicos inorgânicos, sendo o principal responsável por intoxicações alimentares por contaminantes inorgânicos. Os mesmos autores ainda afirmam que o chumbo pode se acumular no organismo e que a exposição prolongada a este metal, a longo e médio prazo, pode causar efeitos tóxicos, principalmente em crianças (comprometimento do desenvolvimento neurológico).

Todas as amostras de fibras estudadas nesse trabalho foram submetidas a uma avaliação dos teores de chumbo e cádmio, de acordo com os procedimentos descritos no item 3.1.18. Os resultados para as amostras avaliadas foram inferiores ao valor limite de quantificação de cada um dos contaminantes inorgânicos investigados. Em nenhuma das amostras foi detectada uma quantidade superior a 0,05 ppm de cádmio e 1,13 ppm de chumbo. A legislação brasileira vigente (BRASIL, 1998), pela Portaria n. 685 da ANVISA, não estabelece valores máximos de cádmio e chumbo para esta categoria de alimentos. Porém, para produtos de pesca os limites máximos de cádmio e chumbo são 1,0 ppm e 2,0 ppm, respectivamente. Na União Europeia, a legislação determina que as quantidades máximas de cádmio e chumbo encontradas em suplementos alimentares (como suplementos a base de fibras) sejam de 1,0 ppm e 3,0 ppm, respectivamente (COMMISSION REGULATION, 2008). O emprego de baixas concentrações das fibras avaliadas na formulação de produtos alimentícios (até 3,0%) representaria um teor ainda menor dos metais avaliados nos produtos finais, o que não ofereceria risco potencial ao consumo dos mesmos.

4.1.9 Seleção das fibras avaliadas para emprego em produtos cárneos

Durante a primeira etapa deste trabalho foi realizada a caracterização de seis fibras alimentares. Este estudo, além de servir de referência para a seleção de metodologias de análises de fibras, auxiliou na escolha de fibras vegetais para aplicação como substitutos de gordura em produtos cárneos. Dentre os resultados obtidos, pode-se destacar:

- as fibras vegetais avaliadas apresentam percentuais de umidade inferiores a 14%, baixos teores de gordura (inferiores a 1,5%, com exceção da fibra de maçã), baixo conteúdo proteico para as fibras de cereais (abaixo de 1,1%) e para as fibras de maçã, batata e ervilha

(entre 4 e 7%), baixos teores de cinzas (entre 0,1 e 2%) e níveis de carboidratos elevados para todas as fibras (acima de 78%);

- as fibras de cereais e bambu apresentaram maiores percentuais de fibra alimentar total comparadas com as demais fibras. A maior fração das fibras alimentares avaliadas foi a fração insolúvel, o que remete aos benefícios fisiológicos proporcionados por este tipo de alimento;

- as fibras apresentam coloração variável, em tons de branco, de bege e de marrom (maçã). Tanto as fibras que tendem a uma coloração branca (trigo e bambu) quanto as que tendem ao amarelo/bege (aveia, batata e ervilha) poderiam ser aplicadas em produtos cárneos a base de carne de frango, pois apresentam coloração clara;

- todos os pHs encontrados correspondem à faixa ácida (inferiores a 7,0). Dentre as fibras avaliadas, a fibra de maçã apresentou o menor valor de pH e os maiores valores foram encontrados para as fibras de cereais e bambu. As atividades de água de todas as fibras foram consideradas baixas (valores inferiores a 0,55), o que indica uma restrição para o desenvolvimento acelerado de micro-organismos;

- todas as fibras foram consideradas hidrofílicas e, em menor intensidade, lipofílicas. As fibras de ervilha, trigo e aveia apresentaram maiores valores das propriedades higroscópicas (CRA e intumescimento). As mesmas fibras apresentaram os maiores valores da capacidade de retenção de óleo. A fibra de maçã teve os menores valores de CRA e CRO e maior densidade entre as fibras avaliadas. A fibra de ervilha demonstrou ser um interessante ingrediente em produtos que exijam maior retenção de água (valor de CRA no mínimo 25% superior às demais fibras);

- as fibras de cereais e bambu apresentaram as melhores propriedades emulsionantes dentre as fibras avaliadas. As fibras de batata e maçã tiveram baixos valores de AE e EE em comparação com as demais. Porém, todas as emulsões água/óleo/fibra se mostraram muito estáveis após tratamento térmico;

- a análise granulométrica mostrou uma grande variabilidade entre os tamanhos de partículas das fibras avaliadas. Com exceção da fibra de aveia, as demais apresentaram maior percentual de retenção no intervalo 150-300 μm . As micrografias apresentaram uma superfície irregular e amorfa para todas as fibras. Todas as amostras avaliadas apresentaram baixa contagem total de micro-organismos mesófilos e apenas a fibra de maçã apresentou uma maior contagem de bolores e leveduras.

Diante destas conclusões preliminares, constatou-se que todas as fibras avaliadas possuem alguma propriedade ou característica positiva para a aplicação em produtos cárneos. Baseando-se no bom desempenho das propriedades higroscópicas, na coloração pouco interferente em carne de frango e no tamanho das partículas concentrado em faixas de diâmetro próximas optou-se pela seleção das fibras de bambu, de trigo e de ervilha como as fibras que apresentaram o melhor conjunto das propriedades para aplicação em produtos reestruturados a base de carne de frango, avaliados na continuidade deste estudo. Além disso, não foram encontradas referências bibliográficas que relatassem o efeito do uso isolado ou combinado destas três fibras em nenhum tipo de produto reestruturado de carne de frango.

4.1.10 Análises complementares das fibras selecionadas

Após a seleção das fibras para uso em produtos cárneos, foram realizadas análises complementares de caracterização das mesmas. Estas análises foram selecionadas para identificar a presença de componentes das fibras que desempenham efeitos funcionais quando ingeridos.

A Tabela 13 apresenta os resultados das análises de amido resistente, frutooligossacarídeos e β -glucanas, realizadas conforme procedimento descrito no item 3.1.19, para os três tipos de fibras selecionados como descrito no item 4.1.9.

Tabela 13 – Quantidades de amido resistente, frutooligossacarídeos e β -glucanas 1,3-1,6 nas fibras selecionadas (g/100 g de base seca).

Fibras	Amido resistente	Fruto-oligossacarídeos	β -glucanas
Bambu	0,02 \pm 0,01 ^b	0 \pm 0 ^b	5 \pm 1 ^a
Trigo	0,06 \pm 0,02 ^b	0,2 \pm 0,1 ^b	4,5 \pm 0,1 ^a
Ervilha	1,0 \pm 0,1 ^a	0,6 \pm 0,1 ^a	7 \pm 1 ^a

Dados referentes às médias de três resultados \pm desvios-padrão. a-b: Médias da mesma coluna com letras sobrescritas diferentes indicam uma diferença estatística entre si ($p < 0,05$).

Alguns estudos sugerem que a presença de amidos resistentes nas fibras alimentares implica em um melhor funcionamento do intestino grosso, em melhor absorção de água pelo cólon e menor perda de líquido em casos como a diarreia (BIRD; TOPPING, 2001). A fibra de ervilha, que naturalmente apresenta um maior percentual de amido

resistente na sua composição (estatisticamente diferente das demais ($p < 0,05$)), teria propriedades funcionais diferenciadas diante das outras fibras avaliadas neste trabalho, o que favorece o seu emprego como insumo funcional e prebiótico. Os resultados apresentados na Tabela 13 para as três fibras selecionadas indicaram a presença de β -glucanas, o que favorece a formação de soluções viscosas em alimentos cárneos e o emprego das mesmas em produtos emulsionados ou reestruturados (PIÑERO et al., 2008). Além disso, as β -glucanas contribuem diretamente na obtenção de efeitos funcionais no organismo, como laxação, normalização das concentrações de lipídios e atenuação dos níveis de glicose, ambos no sangue (IOM, 2001). Por fim, nenhuma das fibras selecionadas apresentou quantidade superior a 1,0% de frutooligossacarídeos. Esse resultado indica que as fibras selecionadas não são consideradas como altamente fermentativas (SAAD, 2006).

4.2 DESENVOLVIMENTO DE UM HAMBÚRGUER DE FRANGO COM A ADIÇÃO DE FIBRAS ALIMENTARES COMO SUBSTITUTO DE GORDURA

Nesta seção são apresentados e discutidos os resultados das avaliações realizadas nos hambúrgueres de frango elaborados com adição de fibras. As avaliações de desempenho de cozimento, análises instrumentais, sensoriais, físico-químicas e microbiológicas foram realizadas conforme descrito nos itens 3.2.3, 3.2.4 e 3.2.5.

4.2.1 Avaliações de desempenho de cozimento

A Tabela 14 apresenta os resultados obtidos nas avaliações de desempenho de cozimento realizadas com o experimento controle e com os 17 experimentos propostos no DCCR, constituído por um planejamento fatorial completo 2^3 , incluindo seis pontos axiais e três repetições no ponto central.

Os valores obtidos para o percentual de rendimento foram superiores a 85,0%, com exceção da formulação controle (84,9%). O rendimento da amostra controle foi considerado estatisticamente igual ($p > 0,05$) apenas ao da amostra 1, cuja formulação possui os menores percentuais de fibras vegetais adicionados. Os maiores percentuais foram obtidos para as formulações com maiores percentuais totais de fibras adicionadas, confirmando que maiores quantidades de fibra influenciam em menores perdas de peso do produto após o preparo. O

percentual de encolhimento médio variou entre 1,56% e 8,2%, não demonstrando uma relação entre os valores obtidos e a quantidade de fibra adicionada (experimentos). Os menores valores para os percentuais de redução de diâmetro encontrados foram para as mesmas amostras que tiveram menores percentuais de encolhimento (experimentos 13, 2 e 14), mostrando uma correlação entre estas duas variáveis avaliadas (conforme apresentado no item 3.2.3.3). Os percentuais médios de retenção de umidade situaram-se entre 61% e 65%, com exceção do experimento controle que apresentou um resultado médio inferior (57,9%), indicando que a adição de fibras vegetais contribuiu na retenção de água durante o cozimento.

Tabela 14 – Rendimento (%), encolhimento (%), redução de diâmetro (%) e retenção de umidade (%) dos hambúrgueres desenvolvidos.

Exp	Rendimento	Encolhimento	Red. Diâmetro	Ret. Umidade
C	84,9 ± 0,9 ^a	4,30 ± 0,01 ^a	5,65 ± 0,04 ^a	57,9 ± 0,3 ^a
1	85 ± 2 ^{ae}	3,7 ± 0,1 ^{acdef}	5,8 ± 0,4 ^{ade}	61,0 ± 0,3 ^f
2	90,2 ± 0,7 ^{bcd}	2,7 ± 0,9 ^{aef}	4 ± 2 ^{ae}	63,63 ± 0,03 ^{bcde}
3	88,8 ± 0,9 ^{cd}	3,3 ± 0,4 ^{acdef}	5,4 ± 0,7 ^{ade}	62,6 ± 0,4 ^e
4	91 ± 2 ^{bcd}	8,2 ± 0,4 ^b	13 ± 2 ^b	62,95 ± 0,01 ^{de}
5	89 ± 2 ^d	8 ± 2 ^b	10,6 ± 0,7 ^{bc}	63,2 ± 0,1 ^{bcde}
6	91 ± 1 ^{bcd}	4,7 ± 0,7 ^{acde}	8,1 ± 0,1 ^{acd}	63,0 ± 0,4 ^{cde}
7	91 ± 2 ^{bcd}	4 ± 1 ^{acde}	6,25 ± 0,01 ^{ade}	64,02 ± 0,01 ^{bcd}
8	91,6 ± 0,5 ^{bcd}	5 ± 1 ^{acde}	7,0 ± 0,6 ^{acde}	63,6 ± 0,2 ^{bcde}
9	89 ± 2 ^{bcd}	5,3 ± 0,8 ^{acd}	8,0 ± 2 ^{acd}	63,2 ± 0,2 ^{bcde}
10	92 ± 2 ^b	3,3 ± 0,9 ^{acdef}	6,6 ± 0,6 ^{ade}	63,7 ± 0,3 ^{bcde}
11	89,4 ± 0,5 ^{bcd}	5,5 ± 0,8 ^{ac}	7,9 ± 0,3 ^{acd}	62,6 ± 0,6 ^e
12	92,1 ± 0,6 ^{bc}	3,0 ± 0,4 ^{acdef}	5,6 ± 0,9 ^{ade}	64,29 ± 0,02 ^{bc}
13	90 ± 2 ^{bcd}	1,56 ± 0,03 ^f	3,9 ± 0,8 ^{ae}	62,4 ± 0,7 ^e
14	92,4 ± 0,6 ^b	3,0 ± 0,4 ^{acdef}	5 ± 1 ^{ade}	64,2 ± 0,1 ^{bcd}
15	91,6 ± 0,8 ^{bcd}	4,4 ± 0,3 ^{acde}	6,5 ± 0,8 ^{ade}	64,4 ± 0,4 ^b
16	91,8 ± 0,7 ^{bcd}	4,3 ± 0,2 ^{acde}	6,4 ± 0,2 ^{ade}	64,4 ± 0,2 ^b
17	91,6 ± 0,4 ^{bcd}	4,6 ± 0,1 ^{acde}	6,5 ± 0,6 ^{ade}	64,8 ± 0,4 ^b

C – sem adição de fibras vegetais e com 10% de pele de frango; 1 – 0,4% B, 0,4% T e 0,4% E; 2 – 1,6% B, 0,4% T e 0,4% E; 3 – 0,4% B, 1,6% T e 0,4% E; 4 – 1,6% B, 1,6% T e 0,4% E; 5 – 0,4% B, 0,4% T e 1,6% E; 6 – 1,6% B, 0,4% T e 1,6% E; 7 – 0,4% B, 1,6% T e 1,6% E; 8 – 1,6% B, 1,6% T e 1,6% E; 9 – 1,0% T e 1,0% E; 10 – 2,0% B, 1,0% T e 1,0% E; 11 – 1,0% B e 1,0% E; 12 – 1,0% B, 2,0% T e 1,0% E; 13 – 1,0% B e 1,0% T; 14 – 1,0% B, 1,0% T e 2,0% E; 15 – 1,0% B, 1,0% T e 1,0% E; 16 – 1,0% B, 1,0% T e 1,0% E; 17 – 1,0% B, 1,0% T e 1,0% E; onde B = fibra vegetal de bambu; T = fibra vegetal de trigo; E = fibra vegetal de ervilha. Dados referentes às médias de dez resultados \pm desvios-padrão, com exceção do percentual de umidade (três amostras). Médias da mesma coluna com letras sobrescritas diferentes indicam uma diferença estatística entre si ($p < 0,05$) – a: Teste de Dunnett; b-f: Teste de Tukey.

Bhat et al. (2011) relataram que o rendimento de cozimento tendem a diminuir significativamente com o aumento da quantidade de pele de frango adicionada em produtos cárneos. Segundo os autores, a pele possui propriedades funcionais e estruturais consideradas pobres, devido ao alto conteúdo de colágeno presente. Isto também foi observado no presente trabalho, onde o experimento controle, com pele de frango, apresentou menor percentual de rendimento quando comparado com as demais amostras contendo fibras, descritas na Tabela 14.

Serdaroglu (2006b) encontrou valores de percentuais de rendimento (entre 68,5 e 82,5%) e de retenção de umidade (entre 35,2 e 52,2%) inferiores aos encontrados no presente trabalho, quando utilizou diferentes percentuais de gordura (0, 5, 10 e 20%) e de farinha de aveia (0, 2 e 4%) em formulações de hambúrgueres bovinos. Porém, também foi observado que um aumento do ingrediente cereal resultou em melhores resultados dos percentuais de desempenho de cozimento. Os melhores resultados foram obtidos quando foram empregados na formulação 5% de gordura juntamente com 4% de farinha de aveia (82% de rendimento e 52,2% de retenção de umidade).

O efeito do método de cozimento no percentual de rendimento foi avaliado por Talukder e Sharma (2010). Ao cozinhar, por injeção de vapor ou em forno elétrico, hambúrgueres de frango com 5, 10 e 15% de farelo de trigo e de aveia adicionados à formulação, os autores obtiveram rendimentos entre 69,0 e 91,2% para amostras cozidas em forno e 72,0 e 96,0% para amostras cozidas a vapor. Em ambos os casos as amostras que obtiveram melhor desempenho foram as com 15% de farelo de aveia. Porém, estas foram as que tiveram pior desempenho em análise sensorial, com menores notas de aceitação para o atributo textura.

Outros trabalhos apresentaram resultados semelhantes a este estudo ou ainda com resultados inferiores quando foram utilizados substitutos de gordura em produtos cárneos reestruturados. Aleson-Carbonell et al. (2005a) encontraram rendimentos de cozimento abaixo de 73,27% e percentuais de retenção de umidade inferiores a 48,37% ao utilizarem albedo de limão (2,5, 5,0 e 7,5%) em hambúrguer bovino. Mesmo baixos, estes valores foram superiores aos da amostra controle desenvolvida pelos autores. Anderson e Berry (2001) atingiram rendimentos de cozimento entre 88,7 e 94,4% ao empregar entre 10 e 16% de fibra interna de ervilha em blocos de carne bovina moída, também observando maiores rendimentos para maiores concentrações de fibras. O uso de 0 a 5% de película de avelãs em hambúrguer bovino também apresentou melhorias no desempenho de cozimento dos produtos, quando as amostras foram comparadas a um controle (TURHAN; SAGIR; USTUN, 2005). O rendimento da amostra controle (sem película) foi inferior aos demais, que se mantiveram na faixa de 65 a 75%. Também não foi observada uma correlação entre o percentual de película adicionado e o percentual de redução de diâmetro. A adição de fibra de junça (*Cyperus esculentus L.*) em hambúrgueres de carne suína resultou em um significativo aumento dos parâmetros de desempenho de cozimento (SÁNCHEZ-ZAPATA et al., 2010). Quando comparadas com uma amostra controle, amostras contendo 15% de fibra provocaram um aumento de 12,44% no percentual de rendimento de cozimento, de 14,80% no percentual de retenção de umidade e uma diminuição de 7,69% no percentual de redução de diâmetro. No entanto, o aumento da adição de fibra teve efeito negativo nas avaliações sensoriais de suculência e aceitabilidade geral das amostras.

Alakali, Irtwange e Mzer (2010) ao adicionarem farinha de amendoim do feijão bambara (2,5-7,5%) em hambúrgueres bovinos observaram percentuais de encolhimento inferiores a 9,13% e de retenção de umidade superiores a 75,25%. O encolhimento é causado principalmente pela desnaturação de proteínas durante o cozimento e parcialmente pela evaporação de água e fusão das gorduras da carne. O desempenho de cozimento também possui influência da estrutura da matriz formada no produto reestruturado. Sítios que favoreçam a saída de água ou a desnaturação de proteínas impactarão em menores percentuais de encolhimento e retenção de umidade. Esta pode ser uma das causas da variabilidade dos resultados destes parâmetros, apresentada neste e em outros trabalhos (CHOI et al., 2012; YILDIZ-TURP e SERDAROGLU, 2010; ULU, 2006).

Os resultados de percentual de rendimento e percentual de encolhimento deste trabalho foram avaliados estatisticamente para, através do delineamento experimental, verificar o efeito da quantidade adicionada de cada fibra na resposta final. Os resultados da avaliação destes efeitos, e suas respectivas análises de variância, estão relatados nas Tabelas D1 a D4 do Apêndice D. O experimento controle não fez parte da avaliação estatística do DCCR.

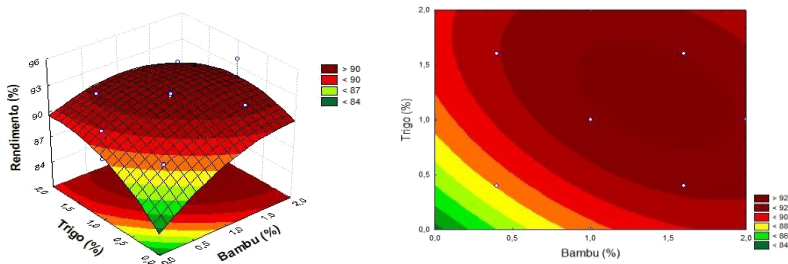
Verificou-se que para a variável resposta percentual de rendimento todos os efeitos foram considerados significativos (lineares e quadráticos; $p < 0,05$), com exceção do efeito de interação entre as fibras de trigo e ervilha. A análise de variância indicou uma porcentagem de variação explicada de 73,21% e um valor crítico F calculado superior ao F tabelado ($13,61(F_{\text{calc}}) > 2,12(F_{\text{tab}})$), sugerindo que o modelo possa ser adequado para avaliar o comportamento do percentual de rendimento frente à quantidade de fibra adicionada. A Equação 12 apresenta o modelo obtido para o percentual de rendimento, com variáveis reais (não codificadas) ($X_1 = \% \text{ fibra bambu}$; $X_2 = \% \text{ fibra trigo}$; $X_3 = \% \text{ fibra ervilha}$).

$$\begin{aligned} \% \text{ Rendimento} = & 78,97 + 8,07 \cdot X_1 - 1,68 \cdot X_1^2 + 6,82 \cdot X_2 - 1,81 \cdot X_2^2 + 6,23 \cdot X_3 - \\ & 1,57 \cdot X_3^2 - 1,50 \cdot X_1 \cdot X_2 - 1,45 \cdot X_1 \cdot X_3 \end{aligned} \quad (12)$$

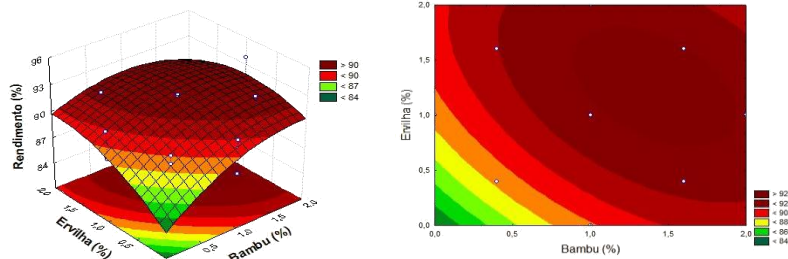
Pelo modelo é possível se obter a combinação de fatores que possibilita atingir o valor de máximo ou de mínimo da variável avaliada. Para este estudo, o rendimento máximo é atingido com os percentuais de fibra de bambu, trigo e ervilha na proporção de 1,3:1,3:1,3 correspondendo a uma resposta de 92,9%. Alterando-se as quantidades individuais, seja por aumento ou diminuição dos percentuais de adição, e combinação em pares (interações), ocorrerá um decréscimo do percentual de rendimento. A Figura 6 ilustra as superfícies de resposta e as curvas de contorno construídas a partir do modelo obtido para o percentual de rendimento, onde pode ser verificado este ponto de máximo em todos os casos.

Figura 6 – a) Superfícies de resposta e curvas de contorno mostrando o efeito dos percentuais de fibras vegetais adicionadas sobre o percentual de rendimento, para o percentual de fibra de ervilha fixo no ponto central (1,0%); b) Superfícies de resposta e curvas de contorno mostrando o efeito dos percentuais de fibras vegetais adicionadas sobre o percentual de rendimento, para o percentual de fibra de trigo fixo no ponto central (1,0%); c) Superfícies de resposta e curvas de contorno mostrando o efeito dos percentuais de fibras vegetais adicionadas sobre o percentual de rendimento, para o percentual de fibra de bambu fixo no ponto central (1,0%).

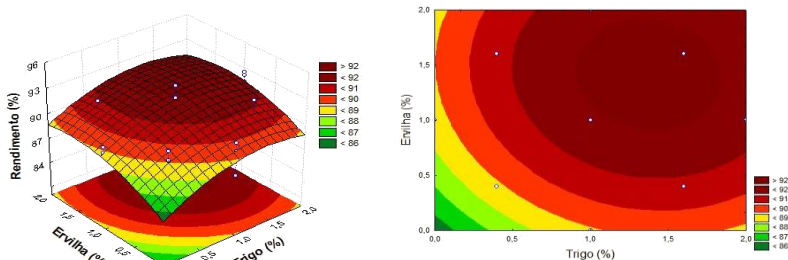
(a)



(b)



(c)



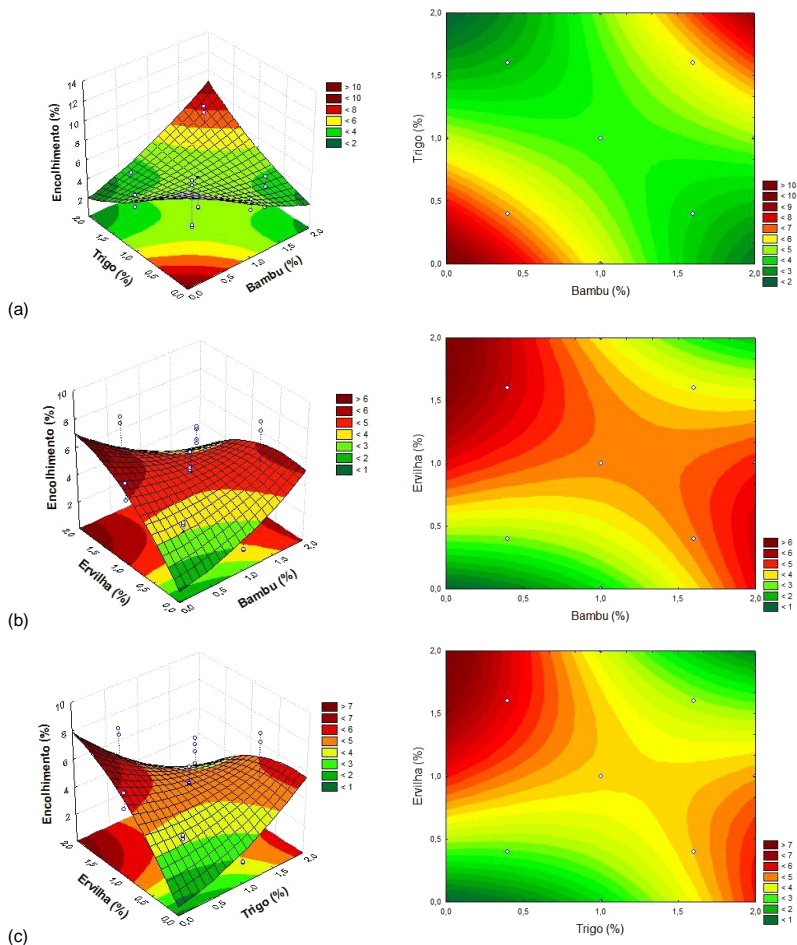
Observa-se que para todas as combinações de fibras vegetais existe uma região onde o percentual de rendimento apresenta valores ótimos (elevados). Este fato está relacionado com os fatores de interação entre as fibras e à significância do modelo quadrático. Pequenas quantidades de fibras implicam em perda de água da própria carne, enquanto que quantidades elevadas implicam em adição extra de água para hidratação, favorecendo a perda da mesma durante o cozimento. Esta pode ser uma das causas da diminuição do rendimento quando são utilizados pequenos ou grandes percentuais de fibras adicionadas. A metodologia da superfície de resposta mostrou-se como uma boa ferramenta para determinar o valor ótimo da variável de processo avaliada (percentual de rendimento), que neste estudo teve influência das três fibras adicionadas.

Para a variável resposta percentual de encolhimento, foram considerados significativos ($p < 0,05$) todos os efeitos de interação e individuais (quadrático e linear), com exceção dos efeitos quadráticos das fibras de bambu e trigo. A análise de variância indicou uma porcentagem de variação explicada de 74,45% e um valor crítico F calculado superior ao F tabelado ($12,72(F_{\text{calc}}) > 2,12(F_{\text{tab}})$), sugerindo que o modelo seja adequado para avaliar o comportamento do percentual de encolhimento frente à quantidade de fibra adicionada. A Equação 13 apresenta o modelo obtido para o percentual de rendimento, com variáveis reais ($X_1 = \% \text{ fibra bambu}$; $X_2 = \% \text{ fibra trigo}$; $X_3 = \% \text{ fibra ervilha}$).

$$\begin{aligned} \% \text{ Encolhimento} = & 2,75 - 2,80 \cdot X_1 - 2,71 \cdot X_2 + 8,55 \cdot X_3 - 1,29 \cdot X_3^2 + \\ & + 3,61 \cdot X_1 \cdot X_2 - 2,32 \cdot X_1 \cdot X_3 - 2,89 \cdot X_2 \cdot X_3 \end{aligned} \quad (13)$$

Na Figura 7 são apresentadas as superfícies de resposta e suas respectivas curvas de contorno construídas a partir do modelo obtido para o percentual de encolhimento. Observa-se pelas superfícies que existe mais de uma região ótima que promove baixos percentuais de encolhimento, para cada situação avaliada. Como já mencionado anteriormente, a matriz formada pela massa cárnea com as fibras adicionadas pode determinar bons ou maus resultados dos parâmetros de cozimento, sendo difícil estimar correlações e combinações ideais para determinados resultados (PIÑERO et al., 2008).

Figura 7 – a) Superfícies de resposta e curvas de contorno mostrando o efeito dos percentuais de fibras vegetais adicionadas sobre o percentual de encolhimento, para o percentual de fibra de ervilha fixo no ponto central (1,0%); b) Superfícies de resposta e curvas de contorno mostrando o efeito dos percentuais de fibras vegetais adicionadas sobre o percentual de encolhimento, para o percentual de fibra de trigo fixo no ponto central (1,0%); c) Superfícies de resposta e curvas de contorno mostrando o efeito dos percentuais de fibras vegetais adicionadas sobre o percentual de encolhimento, para o percentual de fibra de bambu fixo no ponto central (1,0%).



4.2.2 Análises instrumentais e sensoriais

4.2.2.1 Análise instrumental de textura

A Tabela 15 apresenta os resultados obtidos nas avaliações instrumentais de textura do experimento controle e das formulações do DCCR. Observa-se que com exceção dos experimentos 4, 8, 10 e a triplicata do ponto central (15, 16 e 17), todos os demais ensaios apresentaram resultados com valores médios de dureza inferiores ao valor obtido pela amostra controle. Os resultados de elasticidade foram considerados estatisticamente iguais entre si e ao controle. O mesmo ocorreu com os valores de coesividade. Apenas as amostras 3 e 6 apresentaram adesividade estatisticamente diferente ao controle. Em relação ao parâmetro mastigabilidade, a maior parte das amostras foi considerada equivalente ao controle. Sob o ponto de vista industrial, estes resultados podem ser considerados satisfatórios, pois não descaracterizariam as propriedades de textura já conhecidas e aceitas pelos consumidores para este tipo de produto, atualmente comercializado sem adição de fibras vegetais.

Tabela 15 – Perfil instrumental de textura dos hambúrgueres desenvolvidos: dureza (kgf), adesividade (kgf.s), elasticidade (mm), coesividade e mastigabilidade (kgf.mm).

Exp	Dureza	Adesividade	Elasticidade	Coesividade	Mastigabilidade
C	11,0 ± 0,4 ^a	-1,1 ± 0,4 ^a	0,79 ± 0,04 ^a	0,38 ± 0,04 ^a	3,3 ± 0,4 ^a
1	7,38 ± 0,03 ^h	-1,3 ± 0,4 ^{abcd}	0,76 ± 0,01 ^{ab}	0,36 ± 0,02 ^{abc}	2,0 ± 0,1 ^f
2	10,17 ± 0,05 ^{de}	-1,1 ± 0,2 ^{abc}	0,78 ± 0,01 ^{ab}	0,40 ± 0,01 ^{abc}	3,16 ± 0,04 ^{abcd}
3	8,9 ± 0,1 ^f	-2,5 ± 0,4 ^d	0,77 ± 0,02 ^{ab}	0,35 ± 0,01 ^{abc}	2,4 ± 0,1 ^{ef}
4	12,2 ± 0,2 ^b	-0,7 ± 0,2 ^{abc}	0,78 ± 0,01 ^{ab}	0,39 ± 0,04 ^{abc}	3,7 ± 0,4 ^{ab}
5	10,9 ± 0,2 ^{acd}	-0,2 ± 0,1 ^{ab}	0,78 ± 0,02 ^{ab}	0,41 ± 0,04 ^{ab}	3,4 ± 0,3 ^{ab}
6	8,29 ± 0,08 ^{fg}	-2,4 ± 0,4 ^d	0,78 ± 0,01 ^{ab}	0,38 ± 0,02 ^{abc}	2,5 ± 0,1 ^{ef}
7	8,11 ± 0,02 ^{gh}	-1,1 ± 0,4 ^{abc}	0,77 ± 0,01 ^{ab}	0,37 ± 0,02 ^{abc}	2,3 ± 0,2 ^{ef}
8	11 ± 1 ^{ac}	-0,6 ± 0,4 ^{abc}	0,78 ± 0,01 ^{ab}	0,38 ± 0,04 ^{abc}	3,4 ± 0,2 ^{abc}
9	9,9 ± 0,2 ^e	-1,7 ± 0,4 ^{acd}	0,79 ± 0,01 ^{ab}	0,36 ± 0,02 ^{abc}	2,8 ± 0,2 ^{cde}
10	11,4 ± 0,4 ^{ac}	-1,5 ± 0,4 ^{acd}	0,77 ± 0,01 ^{ab}	0,40 ± 0,01 ^{abc}	3,5 ± 0,2 ^{ab}
11	10,2 ± 0,1 ^{de}	-1,1 ± 0,5 ^{abc}	0,79 ± 0,02 ^{ab}	0,40 ± 0,01 ^{abc}	3,2 ± 0,1 ^{abc}
12	9,8 ± 0,2 ^e	-0,6 ± 0,2 ^{abc}	0,75 ± 0,01 ^{ab}	0,34 ± 0,01 ^{ac}	2,5 ± 0,2 ^{ef}
13	8,4 ± 0,2 ^{fg}	-1,6 ± 0,4 ^{acd}	0,77 ± 0,02 ^{ab}	0,37 ± 0,01 ^{abc}	2,4 ± 0,2 ^{ef}
14	9,0 ± 0,2 ^f	-0,6 ± 0,3 ^{abc}	0,77 ± 0,03 ^{ab}	0,37 ± 0,02 ^{abc}	2,6 ± 0,2 ^{def}

15	11,3 ± 0,2 ^{ac}	-0,7 ± 0,4 ^{abc}	0,78 ± 0,02 ^{ab}	0,37 ± 0,03 ^{abc}	3,4 ± 0,3 ^{ab}
16	11,4 ± 0,2 ^{ac}	-1,0 ± 0,6 ^{abc}	0,77 ± 0,01 ^{ab}	0,40 ± 0,01 ^{abc}	3,5 ± 0,2 ^{ab}
17	11,1 ± 0,3 ^{ac}	-0,8 ± 0,8 ^{abc}	0,78 ± 0,01 ^{ab}	0,39 ± 0,02 ^{abc}	3,4 ± 0,2 ^{ab}

C – sem adição de fibras vegetais e com 10% de pele de frango; 1 – 0,4% B, 0,4% T e 0,4% E; 2 – 1,6% B, 0,4% T e 0,4% E; 3 – 0,4% B, 1,6% T e 0,4% E; 4 – 1,6% B, 1,6% T e 0,4% E; 5 – 0,4% B, 0,4% T e 1,6% E; 6 – 1,6% B, 0,4% T e 1,6% E; 7 – 0,4% B, 1,6% T e 1,6% E; 8 – 1,6% B, 1,6% T e 1,6% E; 9 – 1,0% T e 1,0% E; 10 – 2,0% B, 1,0% T e 1,0% E; 11 – 1,0% B e 1,0% E; 12 – 1,0% B, 2,0% T e 1,0% E; 13 – 1,0% B e 1,0% T; 14 – 1,0% B, 1,0% T e 2,0% E; 15 – 1,0% B, 1,0% T e 1,0% E; 16 – 1,0% B, 1,0% T e 1,0% E; 17 – 1,0% B, 1,0% T e 1,0% E; onde B = fibra vegetal de bambu; T = fibra vegetal de trigo; E = fibra vegetal de ervilha. Dados referentes às médias de oito resultados ± desvios-padrão. Médias da mesma coluna com letras sobrescritas diferentes indicam uma diferença estatística entre si (p<0,05) – a: Teste de Dunnett; b-f: Teste de Tukey.

Segundo Aleson-Carbonell et al. (2005a), havendo variações no parâmetro coesividade no produto ainda cru, após o preparo elas tendem a desaparecer, devido a diversos fatores, dentre eles a coagulação das proteínas. Este fato pode ser constatado neste trabalho, onde não houve diferenças significativas no parâmetro coesividade. Os mesmos autores afirmam que a diluição de insumos não cárneos em sistemas de proteína cárnea geralmente reduzem o valor instrumental da textura do alimento preparado. Estes ingredientes tendem a reter maiores percentuais de água e gordura na matriz proteica, tornando o alimento mais macio. A mastigabilidade é calculada pelo produto entre os valores dos parâmetros dureza, coesividade e elasticidade e como estes dois últimos apresentaram pouca variação, o maior impacto exercido pela adição das fibras foi o da dureza dos hambúrgueres.

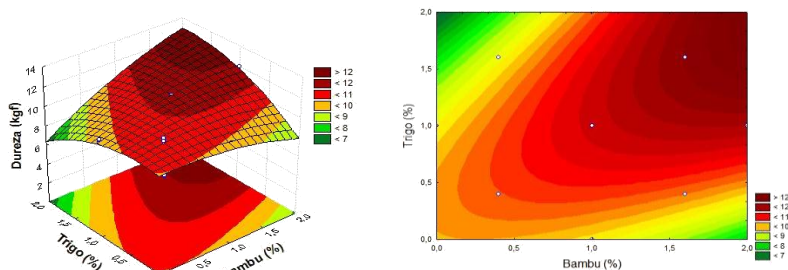
A Equação 14 mostra o modelo matemático gerado para o parâmetro dureza através da análise estatística do DCCR realizado (X_1 = % fibra bambu; X_2 = % fibra trigo; X_3 = % fibra ervilha). Todos os efeitos (lineares e quadráticos) e suas interações foram considerados significativos ($p < 0,05$). Nas Tabelas D5 a D8 do Apêndice D podem ser observados os resultados da avaliação dos efeitos e da análise de variância do modelo gerado. A porcentagem de variação explicada pelo modelo foi de 81,61%, com um valor F calculado mais de 36 vezes superior ao valor F tabelado. Isto sugere que o modelo pode ser adequado para prever a dureza dos hambúrgueres desenvolvidos com adição de fibras.

$$\begin{aligned} \text{Dureza (kgf)} = & 4,12 + 2,30 \cdot X_1 - 0,71 \cdot X_1^2 + 2,02 \cdot X_2 - 1,34 \cdot X_2^2 + 8,48 \cdot X_3 - 2,65 \cdot X_3^2 + \\ & 2,16 \cdot X_1 \cdot X_2 - 1,91 \cdot X_1 \cdot X_3 - 1,12 \cdot X_2 \cdot X_3 \end{aligned} \quad (14)$$

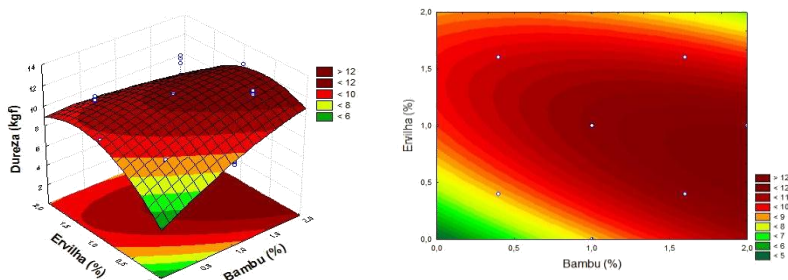
Na Figura 8 são apresentadas as superfícies de resposta e suas respectivas curvas de contorno construídas a partir do modelo obtido para a avaliação instrumental do parâmetro dureza. Observa-se que os gráficos apresentam mais de uma região ótima de resposta (baixos valores de dureza). Porém, nem sempre há o interesse de que as amostras tenham valores de dureza muito baixos, pois produtos extremamente macios descaracterizariam a textura natural da carne, dando um aspecto de produto excessivamente processado.

Figura 8 – a) Superfícies de resposta e curvas de contorno mostrando o efeito dos percentuais de fibras vegetais adicionadas sobre a avaliação instrumental de dureza, para o percentual de fibra de ervilha fixo no ponto central (1,0%); b) Superfícies de resposta e curvas de contorno mostrando o efeito dos percentuais de fibras vegetais adicionadas sobre a avaliação instrumental de dureza, para o percentual de fibra de trigo fixo no ponto central (1,0%); c) Superfícies de resposta e curvas de contorno mostrando o efeito dos percentuais de fibras vegetais adicionadas sobre a avaliação instrumental de dureza, para o percentual de fibra de bambu fixo no ponto central (1,0%).

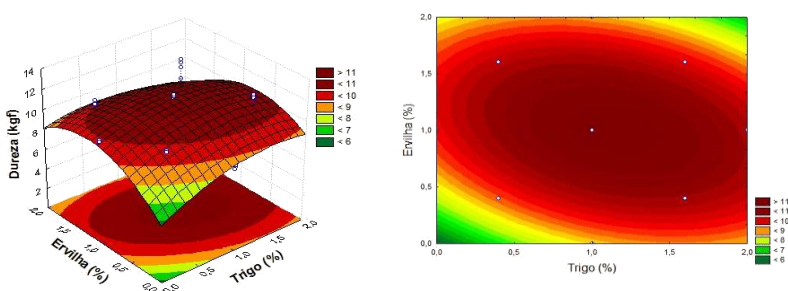
(a)



(b)



(c)



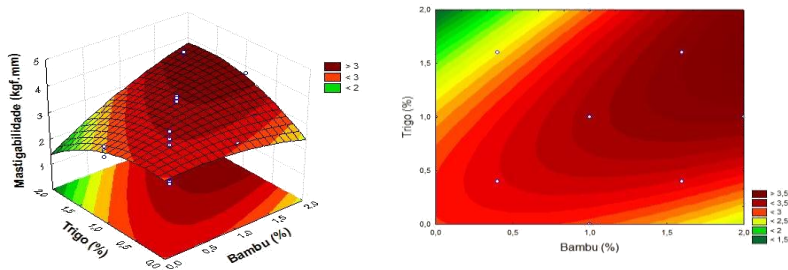
As mesmas considerações feitas para o modelo matemático gerado para o atributo textura podem ser feitas ao atributo mastigabilidade. A Equação 15 apresenta o modelo obtido (X_1 = % fibra bambu; X_2 = % fibra trigo; X_3 = % fibra ervilha). A análise de variância indicou uma porcentagem de variação explicada de 74,33% e um valor crítico F calculado superior ao F tabelado ($44,74(F_{\text{calc}}) > 1,88(F_{\text{tab}})$), sugerindo que o modelo seja adequado para avaliar o parâmetro instrumental mastigabilidade frente à quantidade de fibra adicionada.

$$\begin{aligned} \text{Mastigabilidade (kgf.mm)} = & 0,77 + 1,06 \cdot X_1 - 0,27 \cdot X_1^2 + 0,68 \cdot X_2 - 0,54 \cdot X_2^2 + 3,14 \cdot X_3 - \\ & 0,93 \cdot X_3^2 + 0,75 \cdot X_1 \cdot X_2 - 0,83 \cdot X_1 \cdot X_3 - 0,39 \cdot X_2 \cdot X_3 \end{aligned} \quad (15)$$

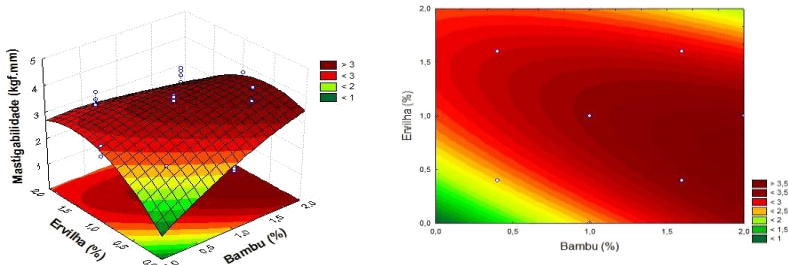
As superfícies de resposta e suas respectivas curvas de contorno construídas a partir do modelo obtido para a avaliação instrumental do parâmetro mastigabilidade são apresentadas na Figura 9.

Figura 9 – a) Superfícies de resposta e curvas de contorno mostrando o efeito dos percentuais de fibras vegetais adicionadas sobre a avaliação instrumental de mastigabilidade, para o percentual de fibra de ervilha fixo no ponto central (1,0%); b) Superfícies de resposta e curvas de contorno mostrando o efeito dos percentuais de fibras vegetais adicionadas sobre a avaliação instrumental de mastigabilidade, para o percentual de fibra de trigo fixo no ponto central (1,0%); c) Superfícies de resposta e curvas de contorno mostrando o efeito dos percentuais de fibras vegetais adicionadas sobre a avaliação instrumental de mastigabilidade, para o percentual de fibra de bambu fixo no ponto central (1,0%).

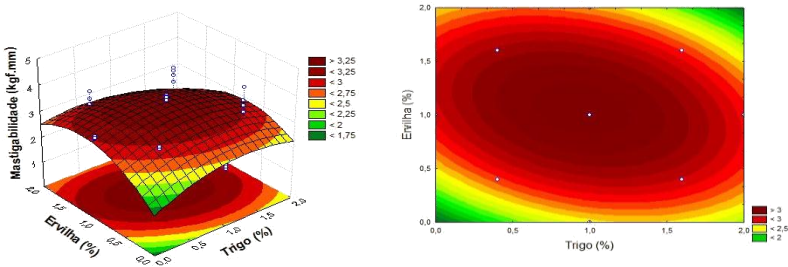
(a)



(b)



(c)



Alguns autores avaliaram o impacto da adição de ingredientes funcionais nos parâmetros instrumentais de textura de produtos cárneos reestruturados. Martínez et al. (2011) concluíram através de um DCCR que um pré-tratamento com transglutaminase, a 40°C por 17 minutos, pode melhorar os parâmetros de textura de hambúrgueres bovinos enriquecidos com fibras (inulina e fibra de aveia), chegando a valores próximos dos de interesse de consumidores habituais. Sariçoban, Yilmaz e Karakaya (2009) avaliaram através de um DCCR, cujos fatores foram os percentuais de gordura, sal e farelo de trigo, os parâmetros instrumentais de textura de hambúrgueres de carne bovina. As superfícies de resposta geradas para o parâmetro textura mostraram que aumentando os percentuais de gordura, sal e de farelo de trigo gera-se um aumento nos valores deste parâmetro. Já a adição de farelo de trigo não exerceu efeito sobre o modelo gerado para a mastigabilidade.

Huang et al. (2005) relataram que a adição de farelo de arroz em almôndegas de carne suína exerce influência nos parâmetros instrumentais de textura. Como neste trabalho, os parâmetros de coesividade e elasticidade não foram considerados estatisticamente diferentes ao controle. A adição de farelo até 1% não apresentou diferença estatística significativa ($p < 0,05$) nos parâmetros textura e mastigabilidade. Os parâmetros de coesividade e elasticidade também não apresentaram diferença estatística em um estudo onde foram comparados dez substitutos de gordura, não cárneos, adicionados a uma tradicional formulação de almôndega de carne suína (HSU; SUN, 2006). O impacto de substitutos de gordura como carragena e goma guar sobre as propriedades instrumentais de textura de almôndegas de carne bovina foi avaliado por Ulu (2006). Em formulações com menores quantidades de gordura e maiores percentuais adicionados de substitutos de gordura, houve um decréscimo dos valores de dureza e mastigabilidade.

O tipo de equipamento que prepara a massa cárnea para produtos reestruturados também pode exercer influência sobre os parâmetros instrumentais de textura. Segundo Devatkal et al. (2011), a solubilização das proteínas e a formação de uma matriz proteica estável são fatores que possuem dependência com o modo e equipamento de preparo. Em estudo recente, os autores observaram que produtos elaborados com emulsões cárneas preparadas em equipamentos tipo *cutter* apresentaram menores valores de dureza e mastigabilidade que os mesmos produtos, porém elaborados em outros equipamentos, como multiprocessadores domésticos e moedores.

Muitos fatores podem interferir nos parâmetros instrumentais de textura. A seleção da matéria-prima, a concentração dos substitutos de

gordura e o modo de preparo dos produtos (crus e cozidos) são os fatores mais relatados pelos autores citados. Cabe ao profissional que desenvolve produtos, inicialmente conhecer o interesse do consumidor alvo e depois desenvolver estudos de experimentação e otimização de formulações.

4.2.2.2 Análise sensorial com provadores

Na Tabela 16 estão apresentadas as notas recebidas por cada experimento, aos atributos avaliados sensorialmente pelos 50 provadores, realizada conforme descrição apresentada no item 3.2.4.2. Como a finalidade desta análise com provadores não foi a geração de modelos preditivos, e sim a avaliação de aceitação, e as amostras 16 e 17 serem repetições do experimento do ponto central, as mesmas foram avaliadas pelos provadores apenas uma única vez (experimento 15).

Tabela 16 – Notas da avaliação sensorial, com provadores, dos hambúrgueres desenvolvidos.

Exp	Aparência	Odor	Sabor	Textura	Aceitabilidade geral
C	5,2 ± 1,1 ^a	5,2 ± 1,1 ^a	5,6 ± 1,1 ^a	5,5 ± 1,3 ^a	5,4 ± 1,2 ^a
1	5,2 ± 1,1 ^{afgh}	5,2 ± 1,1 ^{acd}	5,6 ± 0,9 ^{abc}	5,6 ± 1,4 ^{abc}	5,7 ± 1,3 ^{abc}
2	5,5 ± 0,9 ^{cd}	5,1 ± 1,1 ^{acd}	5,7 ± 0,9 ^{abc}	5,6 ± 1,2 ^{abc}	5,7 ± 1,1 ^{abc}
3	5,2 ± 0,9 ^{ah}	5,3 ± 1,2 ^{ac}	5,7 ± 1,1 ^{abc}	5,6 ± 1,2 ^{abc}	5,4 ± 1,2 ^{abcd}
4	5,4 ± 0,9 ^{de}	5,1 ± 1,1 ^{ad}	5,2 ± 1,2 ^{ac}	5,3 ± 1,2 ^{abc}	5,2 ± 0,9 ^{abcd}
5	5,4 ± 0,9 ^{adefg}	5,1 ± 1,1 ^{acd}	5,4 ± 0,9 ^{abc}	5,2 ± 1,3 ^{abc}	5,4 ± 0,9 ^{abcd}
6	5,3 ± 0,9 ^{aeigh}	5,6 ± 1,1 ^b	5,6 ± 1,1 ^{abc}	5,6 ± 1,3 ^{abc}	5,4 ± 1,3 ^{abcd}
7	5,7 ± 0,9 ^b	5,1 ± 0,9 ^{acd}	5,6 ± 0,9 ^{abc}	5,6 ± 1,2 ^{ab}	5,6 ± 0,9 ^{abc}
8	5,3 ± 0,9 ^{adefgh}	5,2 ± 1,1 ^{acd}	5,2 ± 1,1 ^{ac}	5,2 ± 1,4 ^{abc}	5,3 ± 1,2 ^{abcd}
9	5,4 ± 0,9 ^{def}	5,1 ± 0,9 ^{ad}	5,3 ± 1,2 ^{abc}	5,5 ± 1,3 ^{abc}	4,9 ± 1,1 ^{ad}
10	5,7 ± 0,9 ^{bc}	5,2 ± 1,2 ^{acd}	5,7 ± 1,2 ^{abc}	5,3 ± 1,2 ^{abc}	5,4 ± 1,2 ^{abcd}
11	5,3 ± 0,9 ^{aeigh}	5,3 ± 1,1 ^{ac}	5,9 ± 0,8 ^{ab}	5,6 ± 1,3 ^{abc}	5,9 ± 1,2 ^b
12	5,4 ± 1,1 ^{adefgh}	5,1 ± 1,2 ^{acd}	5,3 ± 0,9 ^{abc}	5,1 ± 1,4 ^{ac}	5,4 ± 1,2 ^{abcd}
13	5,4 ± 0,9 ^{adefgh}	5,2 ± 1,1 ^{acd}	5,4 ± 1,1 ^{abc}	5,5 ± 1,1 ^{abc}	5,4 ± 1,1 ^{abcd}
14	5,2 ± 1,1 ^{agh}	5,2 ± 1,1 ^{acd}	5,6 ± 0,9 ^{abc}	5,3 ± 1,5 ^{abc}	5,6 ± 1,3 ^{abc}
15	5,5 ± 0,8 ^{de}	5,3 ± 1,1 ^{ac}	5,6 ± 1,1 ^{abc}	5,5 ± 1,2 ^{abc}	5,5 ± 1,3 ^{abc}

C – sem adição de fibras vegetais e com 10% de pele de frango; 1 – 0,4% B, 0,4% T e 0,4% E; 2 – 1,6% B, 0,4% T e 0,4% E; 3 – 0,4% B, 1,6% T e 0,4% E; 4 – 1,6% B, 1,6% T e 0,4% E; 5 – 0,4% B, 0,4% T e 1,6% E; 6 – 1,6% B, 0,4% T e 1,6% E; 7 – 0,4% B, 1,6% T e 1,6% E; 8 – 1,6% B, 1,6% T e 1,6% E; 9 – 1,0% T e 1,0% E; 10 – 2,0% B, 1,0% T e 1,0% E; 11 – 1,0% B e 1,0% E; 12 – 1,0% B, 2,0% T e 1,0% E; 13 – 1,0% B e 1,0% T; 14 – 1,0% B, 1,0% T e 2,0% E; 15 – 1,0% B, 1,0% T e 1,0% E; onde B = fibra vegetal de bambu; T = fibra vegetal de trigo; E = fibra vegetal de ervilha. Dados referentes às médias de cinquenta resultados \pm desvios-padrão. Médias da mesma coluna com letras sobrescritas diferentes indicam uma diferença estatística entre si ($p < 0,05$) – a: Teste de Dunnett; b-h: Teste de Tukey.

Observa-se que todas as amostras avaliadas, para todos os atributos, tiveram nota média superior a 4, indicando que houve aceitação por parte dos avaliadores. O atributo aparência interna foi o que apresentou maior variabilidade entre as notas médias. Essa variabilidade foi provavelmente devida à variação natural de aparência interna presente nas porções oferecidas, como aspecto e cor do músculo moído após cozimento. Não foram relatadas observações sobre a presença de partículas de fibra ou especiarias aparentes. Os atributos odor e textura não apresentaram grande variabilidade entre as amostras. Pela avaliação sensorial, não foram percebidas variações de preferência de textura significativas entre os experimentos e a amostra controle (com gordura). Considera-se este resultado como positivo, pois o principal efeito sensorial negativo exercido pela adição de fibras se dá nos parâmetros de textura, como diminuição da suculência e da maciez (GARCÍA et al., 2002).

Quanto ao sabor, os relatos sensoriais foram em relação à percepção de especiarias. Diferenças podem ter relação com a dispersão de determinados ingredientes (como pimenta e cebola) na água adicionada, cuja quantidade variou entre as amostras. Todas as formulações tiveram as mesmas quantidades de condimentos adicionados. Não houve relato de percepção de gosto de fibra ou outro similar que poderia ser relacionado. O atributo aceitabilidade geral é considerado de grande importância, pois tende a refletir a opinião geral do provador. Observou-se que, embora alguns atributos de determinadas amostras tenham recebido notas baixas, isto não teve impacto negativo na nota da aceitabilidade geral. A amostra 11, sem a adição de fibra de trigo, foi a que teve melhor média do atributo aceitabilidade geral.

A Tabela 17 mostra um agrupamento das notas da avaliação sensorial pelo critério de aceitação, proposto pela escala hedônica utilizada. Foram consideradas notas inferiores a 4 como rejeição, a nota 4 como indiferença e notas superiores a 4 como aceitação. Os percentuais foram calculados com base nas 50 avaliações realizadas para cada amostra e atributos.

Tabela 17 – Percentuais de aceitabilidade (% A), de indiferença (% I) e de rejeição (% R) obtidos pelas notas da avaliação sensorial, com provadores, dos hambúrgueres desenvolvidos.

E	Aparência			Odor			Sabor			Textura			Aceitabilidade		
	% A	% I	% R	% A	% I	% R	% A	% I	% R	% A	% I	% R	% A	% I	% R
C	78	18	4	74	22	4	78	20	2	78	12	10	72	24	4
1	84	8	8	76	14	10	88	6	6	82	6	12	82	10	8
2	90	4	6	74	18	8	90	8	2	80	14	6	84	16	0
3	82	12	6	82	8	10	86	10	4	82	12	6	84	6	10
4	90	4	6	76	16	8	78	16	6	78	10	12	84	10	6
5	84	12	4	76	16	8	86	12	2	74	12	14	80	18	2
6	88	6	6	86	10	4	84	12	4	78	16	6	78	12	10
7	94	2	4	80	12	8	92	6	2	78	18	4	92	6	2
8	82	12	6	78	14	8	78	16	6	72	14	14	74	18	8
9	86	10	4	76	20	4	72	24	4	74	18	8	62	28	10
10	92	4	4	82	8	10	86	6	8	76	14	10	80	14	6
11	90	4	6	84	10	6	94	6	0	84	6	10	84	12	4
12	88	4	8	72	18	10	80	18	2	74	6	20	76	18	6
13	90	6	4	82	10	8	84	12	4	86	10	4	80	14	6
14	80	12	8	78	14	8	92	4	4	72	12	16	80	12	8
15	94	4	2	78	14	8	90	6	4	82	8	10	80	10	10

C – sem adição de fibras vegetais e com 10% de pele de frango; 1 – 0,4% B, 0,4% T e 0,4% E; 2 – 1,6% B, 0,4% T e 0,4% E; 3 – 0,4% B, 1,6% T e 0,4% E; 4 – 1,6% B, 1,6% T e 0,4% E; 5 – 0,4% B, 0,4% T e 1,6% E; 6 – 1,6% B, 0,4% T e 1,6% E; 7 – 0,4% B, 1,6% T e 1,6% E; 8 – 1,6% B, 1,6% T e 1,6% E; 9 – 1,0% T e 1,0% E; 10 – 2,0% B, 1,0% T e 1,0% E; 11 – 1,0% B e 1,0% E; 12 – 1,0% B, 2,0% T e 1,0% E; 13 – 1,0% B e 1,0% T; 14 – 1,0% B, 1,0% T e 2,0% E; 15 – 1,0% B, 1,0% T e 1,0% E; onde B = fibra vegetal de bambu; T = fibra vegetal de trigo; E = fibra vegetal de ervilha. Dados referentes às notas de cinquenta avaliadores por experimento.

Com exceção do atributo aceitabilidade geral da amostra 9, que foi aceito por 62% dos provadores, todas as demais amostras apresentaram percentual de aceitação superior a 70% dos provadores, para todos os atributos avaliados. O atributo com maiores percentuais de rejeição, embora baixos, foi a textura. As amostras que apresentaram melhor desempenho na avaliação sensorial, de acordo com a classificação por aceitação, foram as amostras 7 (melhor percentual de aceitabilidade geral), 11, 3, 2, 13 e 15. Não foi percebida uma relação direta entre os diferentes percentuais e tipos de fibras adicionadas com a boa aceitação sensorial, pois todas as amostras tiveram notas médias muito próximas, o que foi considerado positivo para fins de aplicação destes substitutos de gordura.

Grande parte dos estudos realizados com substitutos de gordura em produtos cárneos também vem obtendo boa aceitação sensorial quando submetidos à avaliação com provadores. A adição de fibra de uva, entre 0,5% e 2,0%, em hambúrgueres de carne de frango não apresentou diferença estatística significativa ($p < 0,05$) para os atributos sabor, textura e odor (SÁYAGO-AYERDI et al., 2009). Para o atributo cor, maiores quantidades de fibra resultaram em menores notas médias. No entanto, todos os atributos tiveram boa aceitação sensorial (resultados médios acima do valor de indiferença na escala hedônica utilizada). A adição de fibra de junça (*Cyperus esculentus L.*) em hambúrguer de carne suína resultou em uma boa aceitação sensorial das amostras avaliadas, com exceção do atributo suculência, cujas notas médias diminuíram com o aumento da quantidade de fibra adicionada (SÁNCHEZ-ZAPATA et al., 2010). O emprego de albedo de limão em hambúrguer bovino (ALESON-CARBONELL et al., 2005a) e em mortadela (FERNÁNDEZ-GINÉS et al., 2004) também resultou em boas notas de avaliação sensorial, do atributo aceitabilidade geral, quando os experimentos foram avaliados juntamente com uma amostra controle sem substituto de gordura. Huang et al. (2005) obtiveram notas médias de aceitação sensorial semelhantes à este trabalho, para os atributos aparência, sabor, textura e aceitabilidade geral, na avaliação de amostras de almôndegas de carne suína com farelo de arroz como substituto de gordura.

O emprego de fibra de trigo em hambúrguer bovino realizado por Mansour e Kalil (1999; 1997) mostrou que as notas médias atribuídas à palatabilidade geral tiveram os maiores valores para os maiores percentuais de fibra adicionada. Já a amostra com o maior percentual adicionado (15%) obteve a menor nota no atributo textura. Porém, Yilmaz (2004) encontrou resultados exatamente opostos em seu

trabalho com farelo de trigo adicionado às almôndegas bovinas (baixas notas para palatabilidade geral e elevadas notas para textura, com o aumento do percentual de substituto de gordura adicionado). Em outro estudo, o uso de fibra de laranja em uma linguiça espanhola fermentada, em percentuais acima de 1%, resultou em baixa aceitação sensorial de todos os atributos avaliados quando comparados com amostras controle e com menores quantidades do substituto de gordura (FERNÁNDEZ-LÓPEZ et al., 2008).

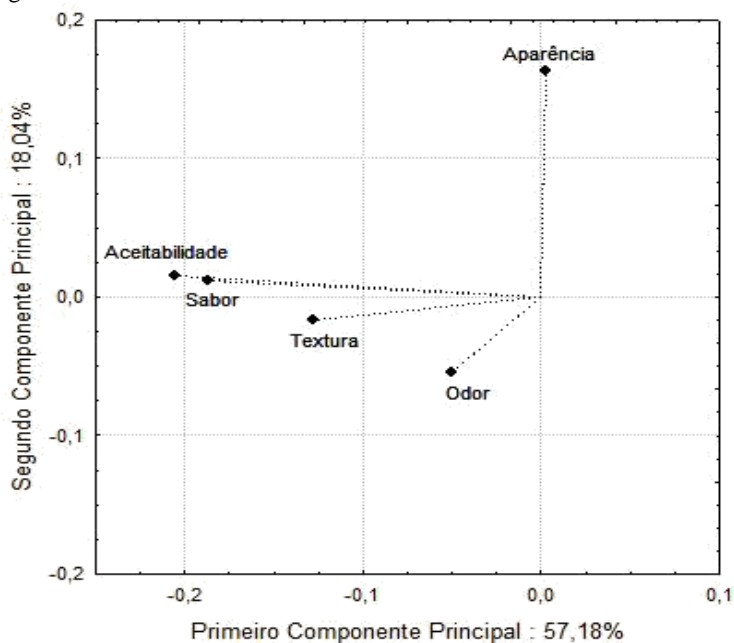
Apesar de constatada a boa aceitação sensorial apresentada pelo emprego dos substitutos de gordura, observa-se certa concordância de que um aumento das quantidades adicionadas reflete em menores notas médias dos atributos de textura, como suculência, maciez e palatabilidade. Isto pode ser verificado em estudos com fibras de aveia, farinha de rosca e albedo em linguiça frescal (ALESON-CARBONELL et al., 2005b), com o uso de purê de ameixa (YILDIZ-TURP e SERDAROGLU, 2010) e com farinha de nozes (JIMÉNEZ COLMENERO et al., 2003) em produtos reestruturados de carne bovina, com fibra de aveia (PIÑERO et al., 2008) e com película de avelã (TURHAN, SAGIR e USTUN, 2005) em hambúrguer bovino, com soro de leite em pó em almôndegas de carne bovina (SERDAROGLU, 2006a), com fibras de trigo, aveia, pêssego, maçã e laranja (GARCÍA et al., 2002) e inulina (MENDOZA et al., 2001) em linguiças fermentadas e com composições de carragena, amido, proteínas, pectina e gomas em hambúrgueres bovinos (TROY, DESMOND e BUCKLEY, 1999). Em todos esses trabalhos, os produtos que continham os maiores percentuais de substitutos de gordura adicionados apresentaram menores notas para os atributos sensoriais avaliados, quando comparados com produtos que continham uma quantidade inferior.

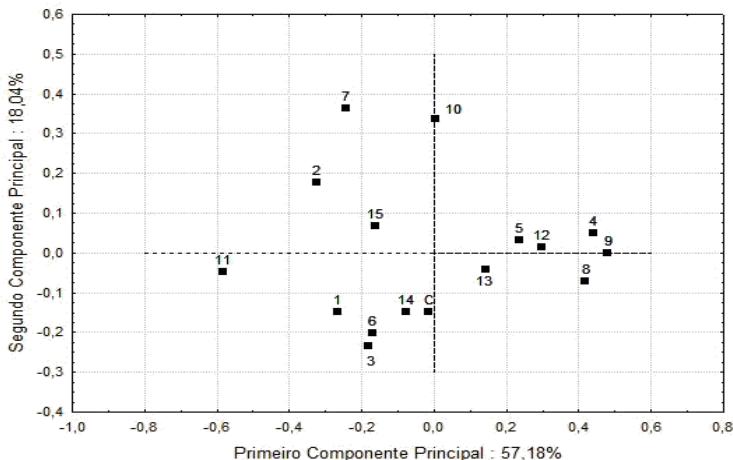
Outra maneira de apresentar e interpretar os dados obtidos em uma análise sensorial é através de ferramentas de estatística multivariada, juntamente com uma metodologia específica denominada mapa de preferência. Dentre estas ferramentas, se encontra a análise dos componentes principais (ACP). Na análise dos componentes principais, os descritores sensoriais são representados como vetores, sendo que os que se apresentam longos ao serem decompostos em um eixo de componente principal, explicam melhor a variabilidade entre as amostras mostradas naquele componente (DUTCOSKY, 2011).

A Figura 10 apresenta uma representação gráfica desta análise, realizada para as notas das avaliações sensoriais obtidas neste estudo. O primeiro componente principal explicou 57,18% da discriminação total

entre as amostras, enquanto que o segundo explicou 18,04%, totalizando 75,22%. Os dois componentes são considerados suficientes para representar a dispersão das amostras, pois eles explicam a maior parte da variação dos dados obtidos quanto à aceitação das mesmas. Verifica-se na Figura 10 a) que 57,18% da variabilidade entre as amostras, explicadas pelo primeiro componente principal, foram devidos, principalmente, aos atributos aceitabilidade geral, sabor e textura, que apresentaram correlação acima de 0,89 com este componente. Já para o segundo componente principal (18,04%), a variabilidade está associada ao atributo aparência (correlação $> 0,97$).

Figura 10 – Análise dos componentes principais: a) Plano fatorial da representação dos atributos para a análise dos componentes principais das formulações de hambúrgueres desenvolvidas; b) Plano fatorial da representação das amostras para a análise dos componentes principais das formulações de hambúrgueres desenvolvidas.





(b)

C – sem adição de fibras vegetais e com 10% de pele de frango; 1 – 0,4% B, 0,4% T e 0,4% E; 2 – 1,6% B, 0,4% T e 0,4% E; 3 – 0,4% B, 1,6% T e 0,4% E; 4 – 1,6% B, 1,6% T e 0,4% E; 5 – 0,4% B, 0,4% T e 1,6% E; 6 – 1,6% B, 0,4% T e 1,6% E; 7 – 0,4% B, 1,6% T e 1,6% E; 8 – 1,6% B, 1,6% T e 1,6% E; 9 – 1,0% T e 1,0% E; 10 – 2,0% B, 1,0% T e 1,0% E; 11 – 1,0% B e 1,0% E; 12 – 1,0% B, 2,0% T e 1,0% E; 13 – 1,0% B e 1,0% T; 14 – 1,0% B, 1,0% T e 2,0% E; 15 – 1,0% B, 1,0% T e 1,0% E; onde B = fibra vegetal de bambu; T = fibra vegetal de trigo; E = fibra vegetal de ervilha.

Vetores próximos uns dos outros indicam atributos que possivelmente apresentaram alta correlação entre si. Portanto, é possível sugerir uma correlação linear entre os atributos aceitabilidade e sabor, com possibilidade de uma menor correlação com a textura das amostras.

A representação das amostras está apresentada na Figura 10 b). O primeiro componente principal permitiu a discriminação entre a amostra 11 das amostras 4, 8 e 9, situando-as em extremos opostos do eixo. Pelo segundo componente principal foi possível verificar a diferença das amostras 7 e 10 com as amostras C, 1, 3, 6 e 14.

Na ACP, as amostras localizam-se na mesma região dos vetores dos atributos que as caracterizam quando os dois gráficos são sobrepostos (região da Figura 10 a) sobre a 10 b)). Verificou-se que a amostra 11 foi a que apresentou maior aceitação quanto aos atributos sabor e aceitabilidade geral, enquanto que as amostras 4, 8 e 9 tiveram pior desempenho nestes atributos. Pelo segundo componente principal,

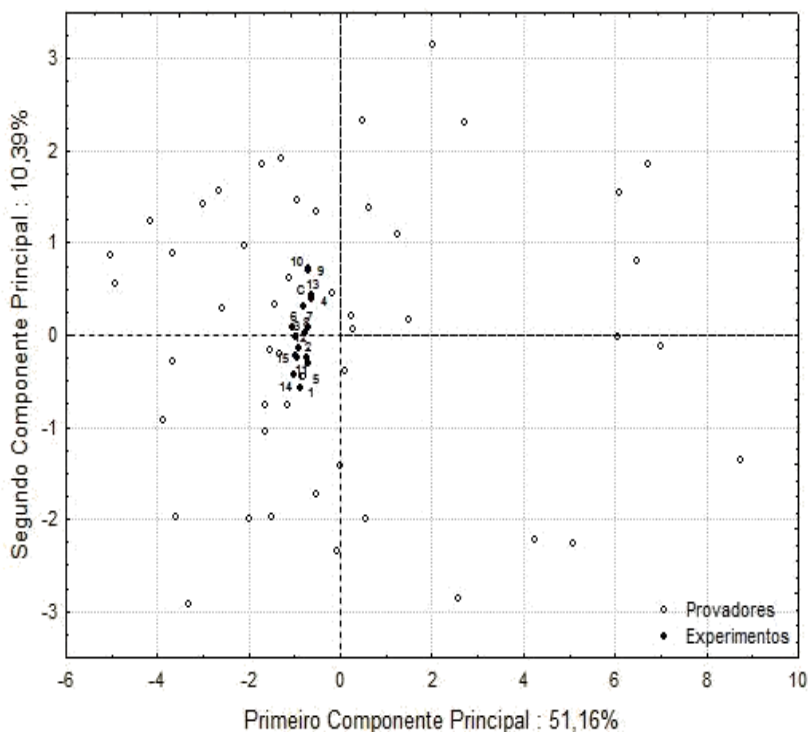
observou-se que as amostras 7 e 10 foram caracterizadas por uma melhor aparência. Já as amostras 6 e 3 foram as que apresentaram melhor aceitação quanto ao odor.

A Figura 11 apresenta o mapa de preferência interno referente ao atributo aceitabilidade geral dos hambúrgueres avaliados. Trata-se de uma análise dos componentes principais na matriz de dados, consistindo de amostras e consumidores. O resultado é um mapa de amostras (experimentos) e outro de consumidores (provadores), que neste caso encontram-se sobrepostos. Juntos, o primeiro e o segundo componentes principais, explicaram 61,5% da variação dos dados avaliados, sendo o mapa considerado satisfatório, pois a maioria das variâncias pode ser ilustrada no mesmo.

Segundo Lawless e Heymann (2010), pontos próximos à interseção zero dos eixos indicam pouca variabilidade entre as opiniões dadas pelos julgadores para determinada amostra. Neste caso, as amostras 6, 9, 14 e 15 foram as que apresentaram maiores divergências de opinião quanto ao atributo aceitabilidade geral. Já as amostras 2, 4, 5 e 7 foram as que apresentaram maior concordância (menores vetores). Observa-se que todas as amostras foram bem aceitas (com exceção do experimento 9, todos apresentaram avaliação média superior a 5,0 (gostei muito)), sendo isto evidenciado pela aglomeração das amostras na mesma região do mapa, com nenhuma amostra localizada no sentido oposto.

Avaliando a preferência dos provadores, fica evidente a separação dos mesmos em dois grupos: um grupo maior de provadores próximos às amostras (lado esquerdo do mapa) e outro menor grupo um pouco mais distante. Indivíduos com similaridades em relação à aceitabilidade geral ficaram mais próximos entre si, mostrando que as amostras tiveram bom desempenho quanto a este atributo. Não ficou evidenciada uma preferência ou rejeição clara por determinada amostra, pois todas foram muito bem aceitas. Esta falta de definição é ilustrada pela falta de uma grande concentração de provadores em uma determinada região do mapa.

Figura 11 – Mapa de preferência interno das formulações de hambúrgueres desenvolvidas em relação ao atributo aceitabilidade geral.



C – sem adição de fibras vegetais e com 10% de pele de frango; 1 – 0,4% B, 0,4% T e 0,4% E; 2 – 1,6% B, 0,4% T e 0,4% E; 3 – 0,4% B, 1,6% T e 0,4% E; 4 – 1,6% B, 1,6% T e 0,4% E; 5 – 0,4% B, 0,4% T e 1,6% E; 6 – 1,6% B, 0,4% T e 1,6% E; 7 – 0,4% B, 1,6% T e 1,6% E; 8 – 1,6% B, 1,6% T e 1,6% E; 9 – 1,0% T e 1,0% E; 10 – 2,0% B, 1,0% T e 1,0% E; 11 – 1,0% B e 1,0% E; 12 – 1,0% B, 2,0% T e 1,0% E; 13 – 1,0% B e 1,0% T; 14 – 1,0% B, 1,0% T e 2,0% E; 15 – 1,0% B, 1,0% T e 1,0% E; onde B = fibra vegetal de bambu; T = fibra vegetal de trigo; E = fibra vegetal de ervilha.

Segundo Dutcosky (2011), ao se utilizar a metodologia de análise dos componentes principais aplicada a um mapa de preferência, o cruzamento das informações de avaliadores (testes afetivos) e de dados é submetido a uma análise de segmentação. Esta visualização permite verificar como a preferência varia ou agrupa-se em segmentos semelhantes, que dá margem à interpretação de diferentes mercados de

atuação. Neste caso esta variação não foi claramente evidenciada, devido à boa aceitação de todas as amostras. Mesmo assim, a utilização do mapa de preferência torna-se uma medida imprescindível para o sucesso da compreensão da visão que consumidores comuns possuem de determinado produto em relação a outros, sendo uma interessante ferramenta no desenvolvimento de novos produtos.

Para focar a continuidade deste estudo, a partir dos resultados obtidos nas avaliações de desempenho de cozimento, avaliação instrumental de textura, avaliação e aceitação sensorial, procurou-se definir as três formulações que tiveram o melhor desempenho geral. Através de um critério de pontuação, de 5 pontos aos melhores resultados em cada avaliação até 1 ponto para as amostras colocadas em quinto lugar (ordem decrescente de desempenho), as amostras 7, 11 e 2, em ordem de classificação geral, foram selecionadas para análises complementares, juntamente com a amostra controle.

4.2.2.3 Análise instrumental de cor

A Tabela 18 apresenta os resultados obtidos nas avaliações instrumentais de cor externa para os hambúrgueres selecionados antes do preparo (crus).

Tabela 18 – Parâmetros da medição da cor externa dos hambúrgueres selecionados crus (Sistema CIE-Lab).

Exp	L^*	a^*	b^*	C^*	$h^*(^\circ)$
C	$43,2 \pm 0,4^c$	$2,3 \pm 0,4^a$	$8,0 \pm 0,6^b$	$8,3 \pm 0,7^b$	74 ± 2^b
2	$47,4 \pm 0,9^a$	$1,6 \pm 0,3^b$	$10,2 \pm 0,7^a$	$10,3 \pm 0,7^a$	81 ± 2^a
7	$48,6 \pm 0,4^a$	$1,9 \pm 0,1^{ab}$	$10,4 \pm 0,3^a$	$10,6 \pm 0,3^a$	$79,4 \pm 0,5_a$
11	$45,9 \pm 0,9^b$	$1,4 \pm 0,4^b$	$9,7 \pm 0,8^a$	$9,9 \pm 0,7^a$	82 ± 2^a

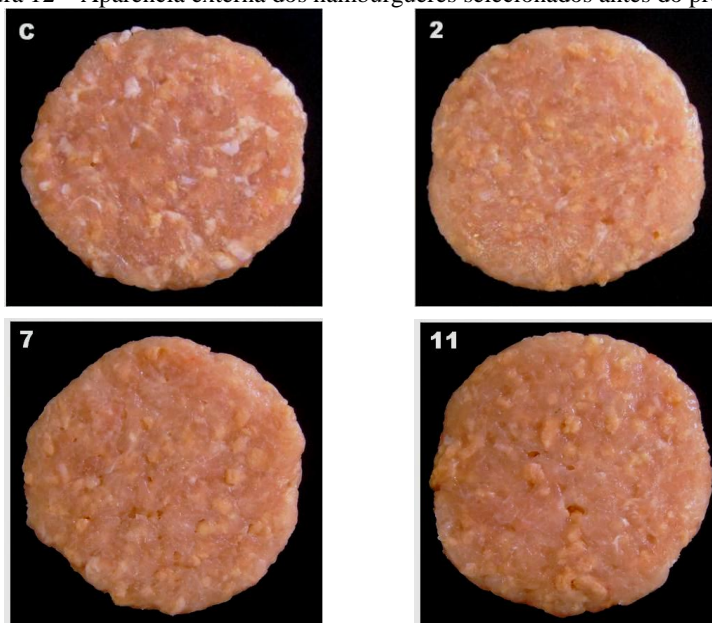
C – sem adição de fibras vegetais e com 10% de pele de frango adicionada 2 – 1,6% de fibra de bambu, 0,4% de fibra de trigo e 0,4% de fibra de ervilha adicionados 7 – 0,4% de fibra de bambu, 1,6% de fibra de trigo e 1,6% de fibra de ervilha adicionados 11 – 1,0% de fibra de bambu e 1,0% de fibra de ervilha adicionados Dados referentes às médias de dez resultados \pm desvios-padrão. a-b: Médias da mesma coluna com letras sobrescritas diferentes indicam uma diferença estatística entre si ($p < 0,05$).

A adição de fibras resultou em uma coloração mais clara nas amostras em relação ao controle. A amostra 7 foi a que apresentou maior valor de L^* , seguida das amostras 2 e 11, correspondendo à mesma ordem decrescente de adição total de fibras. Quanto à amostra controle, valores de L^* e b^* menores que os das amostras com fibras indicam coloração mais escura e de menor intensidade amarela, respectivamente, enquanto valores superiores de a^* indicam maior proximidade da coloração vermelha. Como as fibras adicionadas possuíam coloração próxima ao branco ou bege, era esperada esta diferença entre as amostras, para o produto cru. O valor C^* indica a intensidade de cor (croma). Quanto mais elevado o valor, maior a tonalidade da cor. Observou-se que a amostra padrão, devido ao baixo valor de b^* apresentou menor valor C^* (coloração mais fosca que as demais). O ângulo de tonalidade h^* situou-se na faixa do espectro próxima à transição da coloração laranja (25° a 70°) para amarelo (70° a 100°), indicando coloração característica de produtos cárneos que empregam carne de frango como maior percentual da formulação.

Segundo Wan Rosli et al. (2011), a coloração de produtos processados com carne de frango é um dos mais importantes fatores pelos quais os consumidores julgam a sua aceitabilidade. Esta coloração depende de diversos fatores, incluindo a concentração e o estado químico do pigmento cárneo, as propriedades físicas da carne e a presença de ingredientes não cárneos. Em produtos cárneos não emulsionados, a determinação de cor deve ser realizada com cautela e padronização. A presença de fragmentos de gordura, proteína texturizada de soja ou músculos de colorações diferentes podem gerar variação nos valores medidos, impossibilitando a definição de uma coloração única e definida.

A Figura 12 mostra as fotografias da aparência externa, antes do preparo, das amostras avaliadas. Observa-se a presença de fragmentos de gordura na amostra controle, que por serem provenientes de pele de frango (cor amarela), mantiveram uma coloração característica da carne.

Figura 12 – Aparência externa dos hambúrgueres selecionados antes do preparo.



C – sem adição de fibras vegetais e com 10% de pele de frango adicionada 2 – 1,6% de fibra de bambu, 0,4% de fibra de trigo e 0,4% de fibra de ervilha adicionados 7 – 0,4% de fibra de bambu, 1,6% de fibra de trigo e 1,6% de fibra de ervilha adicionados 11 – 1,0% de fibra de bambu e 1,0% de fibra de ervilha adicionados

Os dados das determinações de coloração interna e externa dos hambúrgueres cozidos estão apresentados na Tabela 19.

Tabela 19 – Parâmetros da medição da cor interna e externa dos hambúrgueres selecionados cozidos (Sistema CIE-Lab).

	Exp	L^*	a^*	b^*	C^*	$h^*(^\circ)$
Cozido Interno	C	67 ± 1^b	$1,8 \pm 0,2^b$	$12,7 \pm 0,6^{ab}$	$12,8 \pm 0,6^b$	$81,8 \pm 0,8^{bc}$
	2	65 ± 2^b	$2,4 \pm 0,3^a$	$13,9 \pm 0,9^a$	$14,1 \pm 0,9^a$	80 ± 1^c
	7	71 ± 1^a	$1,5 \pm 0,3^{bc}$	$12,0 \pm 0,3^b$	$12,1 \pm 0,3^b$	83 ± 1^b
	11	$71,3 \pm 0,9^a$	$1,1 \pm 0,1^c$	$12,6 \pm 0,7^b$	$12,6 \pm 0,7^b$	$84,8 \pm 0,7^a$
Cozido Externo	C	64 ± 2^a	$2,3 \pm 0,2^a$	$16,1 \pm 0,3^b$	$16,3 \pm 0,3^b$	$81,9 \pm 0,9^c$
	2	$65,3 \pm 0,9^a$	$1,1 \pm 0,1^c$	$17,9 \pm 0,5^a$	$17,9 \pm 0,5^a$	$86,6 \pm 0,3^a$
	7	66 ± 2^a	$1,5 \pm 0,4^b$	$15,9 \pm 0,5^b$	$16,0 \pm 0,6^b$	84 ± 1^b
	11	65 ± 1^a	$2,0 \pm 0,2^{ab}$	$16,5 \pm 0,4^b$	$16,6 \pm 0,4^b$	$83,2 \pm 0,8^{bc}$

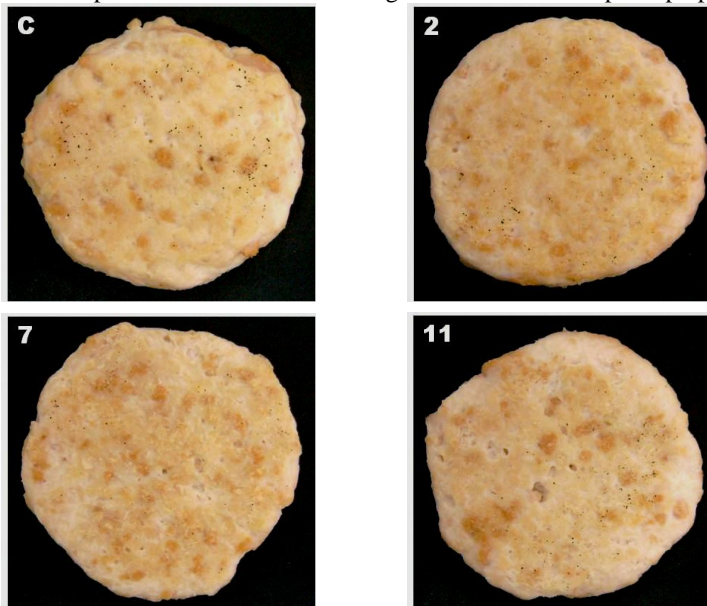
C – sem adição de fibras vegetais e com 10% de pele de frango adicionada 2 – 1,6% de fibra de bambu, 0,4% de fibra de trigo e 0,4% de fibra de ervilha adicionados 7 – 0,4% de fibra de bambu, 1,6% de fibra de trigo e 1,6% de fibra de ervilha adicionados 11 – 1,0% de fibra de bambu e 1,0% de fibra de ervilha adicionados Dados referentes às médias de dez resultados \pm desvios-padrão. a-c: Médias da mesma coluna (separadamente para interno e externo) com letras sobrescritas diferentes indicam uma diferença estatística entre si ($p < 0,05$).

Pela Tabela 19, observa-se uma alteração significativa da coloração após o preparo, tanto na área interna quanto externa. Os valores de L^* tiveram um aumento após o cozimento. Com a desnaturação proteica, a carne de frango passa da coloração amarela/laranja para branca, o que ficou evidente com a elevação dos valores de L^* . Como a área interna não teve contato direto com a chapa de aquecimento, os valores de L^* da coloração externa foram inferiores (mais escuro). Os valores de a^* mantiveram-se na mesma faixa e os valores de b^* sofreram um aumento, indicando uma maior intensidade da cor amarela (mais claro). O mesmo ocorreu para os valores do ângulo h^* .

Na Figura 13 pode ser visualizada, através de fotografias, a aparência externa, após o cozimento, das amostras avaliadas. A presença de pontos com coloração caramelo se deveu à concentração de pigmentos após a desidratação superficial, seja da proteína cárnea ou da proteína de soja. A presença natural de açúcares na carne e no

condimento, embora pequena, também pode causar reação de caramelização sob aquecimento intenso.

Figura 13 – Aparência externa dos hambúrgueres selecionados após o preparo.



C – sem adição de fibras vegetais e com 10% de pele de frango adicionada 2 – 1,6% de fibra de bambu, 0,4% de fibra de trigo e 0,4% de fibra de ervilha adicionados 7 – 0,4% de fibra de bambu, 1,6% de fibra de trigo e 1,6% de fibra de ervilha adicionados 11 – 1,0% de fibra de bambu e 1,0% de fibra de ervilha adicionados

A cor é um atributo sensorial, que exerce grande impacto diante do consumidor, seja pela coloração antes do preparo, que influencia a compra, ou pela coloração após o preparo, que influencia o consumo. A adição de substitutos de gordura exerce diferentes influências sobre a coloração, tanto antes quanto depois do preparo. A coloração do próprio ingrediente adicionado e o modo de preparo (cozimento) são os fatores que mais exercem impacto na cor final do produto.

Assim como este estudo, outros trabalhos relatam a influência do uso de substitutos de gordura sobre a coloração dos produtos onde os mesmos foram aplicados. A adição de fibra de junça (*Cyperus esculentus L.*) em hambúrgueres de carne suína resultou em um aumento

dos valores de L^* e na redução dos valores de a^* e b^* , na medida em que maiores percentuais da mesma eram incorporados aos produtos (SÁNCHEZ-ZAPATA et al., 2010). Isso se deveu à elevada quantidade de pigmentos amarelos no insumo. Devido à característica própria da carne suína, após o cozimento houve escurecimento das amostras avaliadas. A presença de pigmentos amarelos em albedo de limão também provocou aumento dos valores de b^* em hambúrguer bovino (ALESON-CARBONELL et al., 2005a) e em mortadela (FERNÁNDEZ-GINÉS et al., 2004) em relação às amostras controle. Ao utilizar fibra de ervilha em mortadela com baixo teor de gordura, Pietrasik e Janz (2010) não observaram alterações nos valores de a^* , b^* e h^* quando compararam as amostras com um controle. A única diferença significativa foi em relação ao valor de L^* , que devido à presença de gordura emulsionada conferiu ao controle uma coloração mais clara. A presença de gordura em hambúrguer bovino também impactou na redução do valor L^* de um estudo de substituição parcial de gordura por farinha de linhaça (BILEK e TURHAN, 2009). Após o cozimento, as amostras com maiores percentuais de farinha foram as que apresentaram menores valores de L^* . O inverso ocorreu neste trabalho, possivelmente devido à coloração das fibras, que no caso da linhaça é próxima ao preto do espectro de cores.

A influência da adição de fibra de uva sobre a cor de hambúrgueres de frango foi avaliada por Sáyago-Ayerdi, Brenes e Goñi (2009). As alterações ocorridas após o cozimento foram semelhantes às observadas neste trabalho, com elevação dos valores de L^* e b^* e redução dos valores de a^* . Os mesmos autores observaram um decréscimo dos valores de L^* quando as amostras cozidas foram mantidas sob refrigeração por 5 dias, devido principalmente à exposição da superfície das amostras ao oxigênio.

A maior parte dos estudos publicados refere-se à substituição de gordura em produtos elaborados com carne bovina ou suína. Diante desta situação, o impacto da substituição de gordura sobre a cor do produto é muito maior que em produtos de coloração clara (como carne de frango ou peixe), com frequentes relatos de alterações significativas dos valores de L^* . Como este parâmetro relaciona-se ao aspecto claro ou escuro ao produto, a alteração de formulação pode influenciar diretamente na aceitação por parte de consumidores. Dentre os estudos que constataram esta alteração significativa, podem ser citados a adição de farinha de aveia em produtos bovinos reestruturados (SERDAROGLU, 2006b), o uso de farelo de arroz em almôndegas bovinas (YILMAZ, 2004) e em almôndegas de carne suína (HUANG et

al., 2005), o uso de albedo, farinha de rosca e fibra de aveia em linguiça frescal suína (ALESON-CARBONELL et al., 2005b), a adição de película de avelã em hambúrguer bovino (TURHAN; SAGIR; USTUN, 2005) e o emprego de fibra de pêssego em salsichas (GRIGELMO-MIGUEL; ABADÍAS-SERÓS; MARTÍN-BELLOSO, 1999).

4.2.3 Avaliações físico-químicas e microbiológicas

4.2.3.1 Avaliação da composição proximal e do conteúdo de fibra alimentar solúvel, insolúvel e total

Na Tabela 20 estão apresentados os resultados das análises de umidade, proteína, lipídios, cinzas e carboidratos das amostras de hambúrgueres selecionadas antes do preparo.

Tabela 20 – Composição proximal dos hambúrgueres selecionados crus (%).

Exp	Umidade	Proteína	Lipídios	Cinzas	Carboidratos
C	72,5 ± 0,2 ^c	17,8 ± 0,4 ^a	2,5 ± 0,3 ^a	3,0 ± 0,1 ^a	4,2 ± 0,6 ^{bc}
2	74,7 ± 0,3 ^a	18,1 ± 0,1 ^a	0,44 ± 0,03 ^b	3,02 ± 0,04 ^a	3,7 ± 0,4 ^c
7	73,7 ± 0,3 ^b	16,8 ± 0,2 ^b	0,4 ± 0,1 ^b	3,0 ± 0,1 ^a	6,0 ± 0,2 ^a
11	75,2 ± 0,3 ^a	16,5 ± 0,1 ^b	0,4 ± 0,1 ^b	3,1 ± 0,1 ^a	4,8 ± 0,1 ^b

C – sem adição de fibras vegetais e com 10% de pele de frango adicionada 2 – 1,6% de fibra de bambu, 0,4% de fibra de trigo e 0,4% de fibra de ervilha adicionados 7 – 0,4% de fibra de bambu, 1,6% de fibra de trigo e 1,6% de fibra de ervilha adicionados 11 – 1,0% de fibra de bambu e 1,0% de fibra de ervilha adicionados Dados referentes às médias de três resultados ± desvios-padrão. a-c: Médias da mesma coluna com letras sobrescritas diferentes indicam uma diferença estatística entre si (p<0,05).

Segundo o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Hambúrguer (BRASIL, 2000), os hambúrgueres devem possuir uma quantidade máxima de 23% de gordura, uma quantidade mínima de 15% de proteína e uma quantidade mínima de 3,0% de carboidratos totais. Observa-se que todas as amostras encontram-se de acordo com as exigências da legislação brasileira vigente. Industrialmente, as quantidades de proteína são superiores em comparação às deste estudo, devido ao uso da quantidade máxima permitida de proteína não cárnea (geralmente proteína de soja), que é de 4,0%. Neste trabalho foram adicionados 3,0% de proteína texturizada de soja em todas as

formulações, quantidade considerada suficiente para proteína adicional, visto que a matéria-prima cárnea (peito de frango) foi utilizada em um elevado percentual (74,5%). Observou-se também que, apesar da adição de 10,0% de pele de frango, apenas um percentual inferior a 25% da quantidade de pele adicionada foi quantificado como gordura. Isto mostra a variabilidade da composição de matérias-primas cárneas, em especial a pele de frango cujo percentual médio de gordura varia significativamente entre os animais abatidos. Os percentuais de lipídios das amostras sem adição de gordura foram decorrentes, em sua grande maioria, da gordura intramuscular do peito de frango. A quantidade de umidade analisada variou em função da adição de água nas formulações. As amostras com maiores quantidades de água adicionada foram, em ordem decrescente, as amostras 11, 2 e 7, sendo a mesma ordem equivalente ao percentual de umidade obtido na avaliação de composição proximal.

Os resultados das análises físico-químicas de composição proximal dos hambúrgueres selecionados após o preparo (cozimento) estão mostrados na Tabela 21.

Tabela 21 – Composição proximal dos hambúrgueres selecionados cozidos (%).

Exp	Umidade	Proteína	Lipídios	Cinzas	Carboidratos
C	67,6 ± 0,2 ^d	19,3 ± 0,1 ^a	5,2 ± 0,1 ^a	3,36 ± 0,03 ^a	4,6 ± 0,3 ^b
2	72,3 ± 0,1 ^a	15,9 ± 0,5 ^b	1,1 ± 0,1 ^d	3,5 ± 0,2 ^a	7,2 ± 0,7 ^a
7	71,0 ± 0,1 ^c	18,7 ± 0,2 ^a	1,52 ± 0,02 ^b	3,4 ± 0,1 ^a	5,4 ± 0,2 ^b
11	71,9 ± 0,1 ^b	18,8 ± 0,2 ^a	1,26 ± 0,03 ^c	3,41 ± 0,02 ^a	4,6 ± 0,2 ^b

C – sem adição de fibras vegetais e com 10% de pele de frango adicionada 2 – 1,6% de fibra de bambu, 0,4% de fibra de trigo e 0,4% de fibra de ervilha adicionados 7 – 0,4% de fibra de bambu, 1,6% de fibra de trigo e 1,6% de fibra de ervilha adicionados 11 – 1,0% de fibra de bambu e 1,0% de fibra de ervilha adicionados Dados referentes às médias de três resultados ± desvios-padrão. a-d: Médias da mesma coluna com letras sobrescritas diferentes indicam uma diferença estatística entre si (p<0,05).

Observou-se uma diminuição esperada dos percentuais de umidade após o cozimento e uma maior concentração dos demais componentes das amostras. Os resultados de redução da umidade foram de acordo com os percentuais de retenção de umidade obtidos pela avaliação de desempenho de cozimento (Tabela 14). A quantidade e a capacidade de retenção de água da fibra adicionada também exerceram

influência sobre a quantidade final de umidade das amostras. Pequenas divergências podem ser decorrentes de homogeneização das matérias-primas no preparo das amostras ou na realização da análise físico-química. Em geral, os resultados de composição proximal estão intimamente relacionados com a formulação empregada e com o modo de preparo dos produtos. Naturalmente, a adição de substitutos de gordura tende a aumentar o percentual do componente semelhante à fonte de origem do substituto (proteína ou carboidrato). A grande maioria dos substitutos necessita de hidratação, o que favorece maiores percentuais de umidade. Por consequência, menores teores de lipídios são esperados. Após o cozimento, perdas inicialmente de umidade e posteriormente de gordura tendem a elevar os percentuais de proteínas, carboidratos e cinzas. Estas considerações podem ser observadas em diversos trabalhos desenvolvidos (BHAT; KUMAR; KUMAR, 2011; CEGIELKA; MLYNARCZYK, 2010; TALUKDER; SHARMA, 2010; YILDIZ-TURP; SERDAROGLU, 2010; PIÑERO et al.; 2008; MANSOUR; KHALIL, 1999). Também foi observado pelos resultados de composição proximal, que as amostras cozidas que apresentaram maior quantidade de carboidratos (formulação 2) foram as que apresentaram maior tonalidade amarela na análise de coloração externa (Tabela 19), confirmando o efeito da caramelização ocorrida durante a etapa de cozimento.

Pelo Regulamento Técnico sobre Rotulagem Nutricional de Alimentos Embalados (BRASIL, 2003), a informação nutricional complementar deve referir-se ao alimento pronto para o consumo, preparado, quando for o caso, de acordo com as instruções de rotulagem. O mesmo regulamento define que produtos alimentícios sólidos, nas condições de consumo, com quantidade inferior a 3,0% de gorduras totais pode receber os termos *light*, leve ou baixo teor em sua rotulagem. Todas as amostras com adição de fibras vegetais deste estudo poderiam utilizar este apelo nutricional para rotulagem.

A caracterização dos hambúrgueres selecionados, antes e após o preparo, quanto aos percentuais de fibra alimentar solúvel, insolúvel e total está apresentada na Tabela 22.

Tabela 22 – Fibra alimentar solúvel (FAS), fibra alimentar insolúvel (FAI) e fibra alimentar total (FAT) dos hambúrgueres selecionados crus e cozidos (%).

Exp	Cru			Cozido		
	FAS	FAI	FAT	FAS	FAI	FAT
C	-	0,4 ± 0,1 ^c	0,4 ± 0,1 ^c	0,07 ± 0,01 ^a	0,5 ± 0,1 ^c	0,5 ± 0,1 ^c
2	-	1,9 ± 0,2 ^{ab}	1,9 ± 0,2 ^{ab}	0,2 ± 0,1 ^a	2,6 ± 0,3 ^a	2,8 ± 0,4 ^a
7	-	2,37 ± 0,01 ^a	2,37 ± 0,01 ^a	0,07 ± 0,01 ^a	2,35 ± 0,03 ^{ab}	2,42 ± 0,02 ^{ab}
11	0,1 ± 0,1	1,6 ± 0,1 ^b	1,7 ± 0,1 ^b	0,13 ± 0,04 ^a	1,6 ± 0,1 ^b	1,8 ± 0,2 ^b

C – sem adição de fibras vegetais e com 10% de pele de frango adicionada 2 – 1,6% de fibra de bambu, 0,4% de fibra de trigo e 0,4% de fibra de ervilha adicionados 7 – 0,4% de fibra de bambu, 1,6% de fibra de trigo e 1,6% de fibra de ervilha adicionados 11 – 1,0% de fibra de bambu e 1,0% de fibra de ervilha adicionados Dados referentes às médias de três resultados ± desvios-padrão. a-c: Médias da mesma coluna com letras sobrescritas diferentes indicam uma diferença estatística entre si (p<0,05).

Observa-se que a adição de fibras vegetais, aumentou no mínimo quatro vezes o percentual de fibra alimentar total dos hambúrgueres curs. Como as fibras de bambu, trigo e ervilha utilizadas apresentam menos de 1,5% de fibras solúveis em sua composição, com exceção da amostra 11, a contribuição deste tipo de fibra na composição da hambúrguer cru não pode ser detectada pela metodologia de análise utilizada.

Para o hambúrguer cozido foi possível quantificar esta pequena parcela, devido a concentração de sólidos após o cozimento. A presença de fibras na amostra controle se deve basicamente à proteína texturizada de soja adicionada. Como esperado, pela própria composição das fibras adicionadas, a maior porção de fibras presente nos hambúrgueres foi a insolúvel. Diferenças nas homogeneizações das amostras também podem causar pequenas interferências nos resultados de análises de fibra alimentar.

4.2.3.2 Determinação do pH e da atividade de água (a_w)

Os valores de atividade de água e pH dos hambúrgueres selecionados, antes do preparo, estão apresentados na Tabela 23.

Tabela 23 – Valores de atividade de água (a_w) e pH dos hambúrgueres selecionados, antes do preparo.

Exp	a_w	pH
C	$0,982 \pm 0,002^b$	$5,96 \pm 0,03^{ab}$
2	$0,989 \pm 0,003^a$	$6,01 \pm 0,03^a$
7	$0,986 \pm 0,004^{ab}$	$5,99 \pm 0,01^a$
11	$0,989 \pm 0,002^a$	$5,93 \pm 0,01^b$

C – sem adição de fibras vegetais e com 10% de pele de frango adicionada 2 – 1,6% de fibra de bambu, 0,4% de fibra de trigo e 0,4% de fibra de ervilha adicionados 7 – 0,4% de fibra de bambu, 1,6% de fibra de trigo e 1,6% de fibra de ervilha adicionados 11 – 1,0% de fibra de bambu e 1,0% de fibra de ervilha adicionados Dados referentes às médias de três resultados \pm desvios-padrão. a-b: Médias da mesma coluna com letras sobrescritas diferentes indicam uma diferença estatística entre si ($p < 0,05$).

Observa-se que devido à adição de água para hidratação das fibras, as amostras com substitutos de gordura apresentaram maiores valores de atividade de água. Sob o ponto de vista industrial, os valores

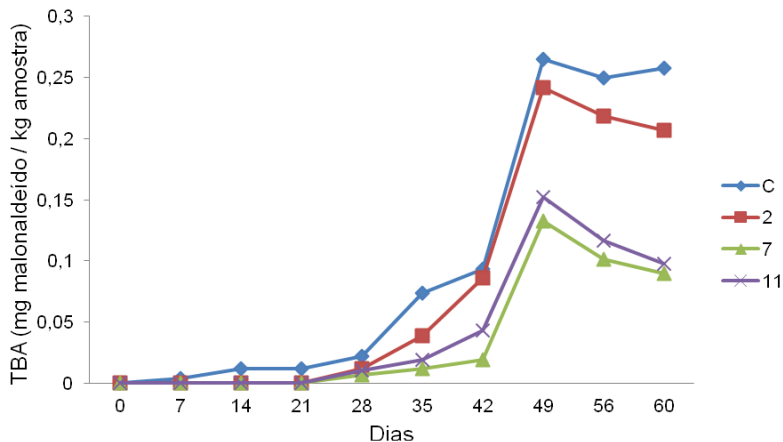
obtidos são considerados muito próximos e por se tratar de um produto congelado, sem desenvolvimento bacteriano esperado, o mesmo não apresentaria riscos de proliferação microbiológica durante a estocagem. Os valores de pH também apresentaram-se muito semelhantes e na faixa característica de produtos cárneos. A presença de um determinado componente da formulação (carne, fibra ou água) em maior quantidade na porção amostral avaliada pode ter implicado nas pequenas variações obtidas.

Os valores de atividade de água e pH têm relação direta com a formulação das amostras. O tipo de carne utilizada (como por exemplo, tipos PSE (carne pálida, macia e exsudativa) ou DFD (carne escura, firme e seca)), a quantidade de água adicionada, a característica e fonte de obtenção da fibra, o uso de aditivos complementares na forma líquida são alguns dos fatores que podem exercer influência nestes dois parâmetros. Além destes, pode ocorrer diminuição dos valores de atividade de água durante a estocagem, devido queimaduras por frio decorrentes da sublimação superficial (sob congelamento) e aumento de pH devido ao acúmulo de metabólitos de ação bacteriana na carne e à desaminação das proteínas da carne (quando estocados sob refrigeração) (BHAT; KUMAR; KUMAR, 2011). Durante o cozimento também pode ocorrer uma elevação do pH. Segundo Talukder e Sharma (2010), o aumento da concentração de sais devido à perda de umidade e alterações na matriz proteica devido à desnaturação das proteínas provoca alterações de pH em produtos cárneos cozidos.

4.2.3.3 Avaliação da estabilidade à oxidação lipídica

Na Figura 14 pode ser visualizada a evolução da concentração média em miligramas de malonaldeído por quilograma de amostra avaliada durante os sessenta dias de estocagem dos hambúrgueres selecionados. Quanto maior a quantidade de malonaldeído detectada, maior a indicação de oxidação sofrida pelo alimento.

Figura 14 – Evolução temporal da quantidade de malonaldeído (mg) por quilograma de amostra (Teste TBA) durante os 60 dias de vida de prateleira avaliados para os hambúrgueres selecionados (estocagem sob congelamento).



C – sem adição de fibras vegetais e com 10% de pele de frango adicionada 2 – 1,6% de fibra de bambu, 0,4% de fibra de trigo e 0,4% de fibra de ervilha adicionados 7 – 0,4% de fibra de bambu, 1,6% de fibra de trigo e 1,6% de fibra de ervilha adicionados 11 – 1,0% de fibra de bambu e 1,0% de fibra de ervilha adicionados.

Pela Tabela 24 é possível verificar os testes de diferenças estatísticas para os valores médios apresentados no gráfico da Figura 14. Observa-se que a partir de 28 dias de estocagem, todas as amostras apresentaram quantidades detectadas de malonaldeído. Os valores máximos foram atingidos com 49 dias de estocagem, seguido de um pequeno decréscimo destes, para todas as amostras com fibras, até o final da vida de prateleira avaliada (60 dias). Segundo Georgantelis et al. (2007), decréscimos das quantidades de malonaldeído durante a estocagem de carnes podem ser atribuídos a dois fatores: decomposição do malonaldeído por bactérias, como pseudomonas e enterobactérias, que possuem a habilidade de atacar seletivamente e consumir compostos carbonílicos, incluindo o malonaldeído; ou devido à oxidação do malonaldeído em outros produtos orgânicos da oxidação lipídica (como álcoois e ácidos) que não podem ser determinados pela reação com ácido tiobarbitúrico.

Tabela 24 – Quantidade (mg) de malonaldeído por quilograma de amostra durante os 60 dias de vida de prateleira avaliados para os hambúrgueres selecionados (estocagem sob congelamento).

Dias	C	2	7	11
0	0 ± 0 ^{aD}	0 ± 0 ^{aB}	0 ± 0 ^{aC}	0 ± 0 ^{aC}
7	0,004 ± 0,006 ^{aD}	0 ± 0 ^{aB}	0 ± 0 ^{aC}	0 ± 0 ^{aC}
14	0,01 ± 0,01 ^{aCD}	0 ± 0 ^{bB}	0 ± 0 ^{bC}	0 ± 0 ^{bC}
21	0,02 ± 0,01 ^{aCD}	0 ± 0 ^{bB}	0 ± 0 ^{bC}	0 ± 0 ^{bC}
28	0,022 ± 0,002 ^{aCD}	0,01 ± 0,01 ^{aB}	0,007 ± 0,001 ^{aC}	0,01 ± 0,01 ^{aC}
35	0,07 ± 0,03 ^{aBC}	0,04 ± 0,02 ^{aB}	0,01 ± 0,01 ^{aC}	0,02 ± 0,01 ^{aC}
42	0,09 ± 0,02 ^{aB}	0,09 ± 0,06 ^{aB}	0,02 ± 0,01 ^{aC}	0,04 ± 0,02 ^{aC}
49	0,27 ± 0,01 ^{aA}	0,24 ± 0,02 ^{aA}	0,13 ± 0,01 ^{bA}	0,15 ± 0,03 ^{bA}
56	0,25 ± 0,02 ^{aA}	0,22 ± 0,02 ^{aA}	0,10 ± 0,01 ^{bB}	0,12 ± 0,01 ^{bAB}
60	0,26 ± 0,03 ^{aA}	0,21 ± 0,02 ^{aA}	0,09 ± 0,01 ^{bB}	0,10 ± 0,01 ^{bB}

C – sem adição de fibras vegetais e com 10% de pele de frango adicionada 2 – 1,6% de fibra de bambu, 0,4% de fibra de trigo e 0,4% de fibra de ervilha adicionados 7 – 0,4% de fibra de bambu, 1,6% de fibra de trigo e 1,6% de fibra de ervilha adicionados 11 – 1,0% de fibra de bambu e 1,0% de fibra de ervilha adicionados Dados referentes às médias de três resultados ± desvios-padrão. a-b: Médias da mesma linha com letras sobrescritas diferentes indicam uma diferença estatística entre si ($p < 0,05$). A-D: Médias da mesma coluna com letras sobrescritas diferentes indicam uma diferença estatística entre si ($p < 0,05$).

A amostra controle foi a que mais oxidou durante o período avaliado, enquanto as amostras 7 e 11 foram consideradas estatisticamente iguais durante o período avaliado. Não deve ser ignorada a possibilidade da fibra de ervilha ter exercido algum efeito antioxidante sobre as amostras. Observou-se que quanto maior o percentual de fibra de ervilha adicionado, menor foi a quantidade de malonaldeído formada. Estudos realizados por Shum (2011) e Bertelsen, Ohlen e Skibsted (1991) comprovaram a presença de compostos polifenólicos em fibras de ervilha, caracterizando um potencial efeito antioxidante sobre radicais livres deste ingrediente.

Alguns autores citam quantidades limites de malonaldeído por quilograma de amostra que poderiam indicar rancidez percebida por provadores sensoriais. Sheard et al. (2000) relatam que concentrações acima de 0,5 mg/kg são o suficiente para que consumidores percebam

alterações oxidativas (rancidez). Alakali, Irtwange e Mzer (2010) sugerem ampliar esta quantidade limite para 1,0 mg/kg. Terra, Cichoski e Freitas (2006) citam quantidades de até 1,59 mg/kg e Yildiz-Turp e Serdaroglu (2010) relatam que concentrações de malonaldeído de até 2,0 mg/kg são consideradas aceitáveis para produtos cárneos. Neste trabalho, a maior concentração de malonaldeído encontrada foi de 0,27 mg/kg de amostra (formulação controle, 49 dias de estocagem), considerando, portanto, que todas as amostras não atingiram o limite máximo de concentração que indicaria uma alteração sensorial de rancidez durante os 60 dias de estocagem sob congelamento.

Alguns fatores devem ser considerados como auxiliares na prevenção da oxidação das amostras avaliadas. A substituição total da gordura por fibras nas amostras 2, 7 e 11 e o baixo percentual de gordura da formulação controle ofereceu pouco substrato para a ocorrência de reações oxidativas (KUMAR et al., 2011; ALAKALI; IRTWANGE; MZER, 2010). A presença de embalagem com um material de baixa permeabilidade ao oxigênio previne consideravelmente a oxidação lipídica (BHAT; KUMAR; KUMAR, 2011). O emprego de substâncias antioxidantes também é amplamente utilizado em produtos cárneos. Neste trabalho, em cada uma das formulações foi adicionada uma mesma quantidade de antioxidante (0,04% de eritorbato de sódio), o que contribuiu na prevenção das reações de oxidação, porém este não foi o ingrediente responsável pelas diferenças de concentração de malonaldeído obtidas entre as amostras.

4.2.3.4 Avaliação microbiológica

Na Tabela 25 podem ser verificados os resultados das análises microbiológicas das amostras selecionadas, realizadas nos dias zero, 30 e 60 de estocagem sob congelamento.

Tabela 25 – Contagem de coliformes a 45°C (UFC/g), estafilococcus coagulase positiva (UFC/g), *Salmonella* sp. (em 25 gramas) e clostrídios sulfito redutores (UFC/g) dos hambúrgueres selecionados após 0, 30 e 60 dias de elaboração.

Dia	Exp	Coliformes a 45°C	Estafilococcus coagulase positiva	<i>Salmonella</i> sp.	Clostrídios sulfito redutores
0	C	< 10	< 100	Ausente	< 10
	2	< 10	< 100	Ausente	< 10
	7	< 10	< 100	Ausente	< 10
	11	< 10	< 100	Ausente	< 10
30	C	< 10	< 100	Ausente	< 10
	2	< 10	< 100	Ausente	< 10
	7	< 10	< 100	Ausente	< 10
	11	< 10	< 100	Ausente	< 10
60	C	< 10	< 100	Ausente	< 10
	2	< 10	< 100	Ausente	< 10
	7	< 10	< 100	Ausente	< 10
	11	< 10	< 100	Ausente	< 10

C – sem adição de fibras vegetais e com 10% de pele de frango adicionada 2 – 1,6% de fibra de bambu, 0,4% de fibra de trigo e 0,4% de fibra de ervilha adicionados 7 – 0,4% de fibra de bambu, 1,6% de fibra de trigo e 1,6% de fibra de ervilha adicionados 11 – 1,0% de fibra de bambu e 1,0% de fibra de ervilha adicionados Dados referentes às médias de três resultados \pm desvios-padrão.

Observa-se que todas as amostras apresentaram excelente estabilidade microbiológica durante a vida de prateleira avaliada. Todos os resultados das análises realizadas atenderam aos exigidos pela legislação brasileira (BRASIL, 2001). Estes resultados são um indicativo das boas condições de higiene do preparo das amostras (instalações, equipamentos, utensílios, manipuladores, matérias-primas, ingredientes e embalagens) e da eficiência da etapa de estocagem (congelamento). Devido aos resultados numéricos das análises serem baixos, não foi possível estabelecer alguma correlação entre formulações e contagens microbiológicas.

Através dos resultados das análises complementares (análise instrumental de cor, composição proximal, conteúdo de fibra alimentar, pH, atividade de água, estabilidade à oxidação lipídica e microbiológica), juntamente com as análises iniciais (desempenho de cozimento, textura instrumental e avaliação sensorial com provadores) foi possível definir a formulação com o melhor desempenho global para dar continuidade ao trabalho através da etapa 3. Pela primeira classificação foram selecionadas as amostras 2, 7 e 11. Todas as amostras apresentaram coloração, composição proximal, pH, atividade de água e contagem microbiológica muito semelhantes, porém as avaliações de fibra alimentar total e estabilidade à oxidação lipídica indicaram um melhor desempenho da amostra 7 (0,4% de fibra de bambu, 1,6% de fibra de trigo e 1,6% de fibra de ervilha adicionados), sendo esta a selecionada para a continuidade do trabalho.

4.3 DESENVOLVIMENTO DE UM PRODUTO EMPANADO DE FRANGO COM A ADIÇÃO DE FIBRAS ALIMENTARES COMO SUBSTITUTO DE GORDURA

Nesta seção são apresentados e discutidos os resultados das avaliações realizadas dos empanados de frango elaborados com adição de fibras. Para comparação com a amostra controle (C), a amostra 7 foi chamada nesta seção de amostra teste (T).

4.3.1 Avaliações físico-químicas e microbiológicas

A Tabela 26 apresenta os resultados obtidos nas análises de composição proximal para os produtos crus e cozidos.

Tabela 26 – Composição proximal dos empanados de frango desenvolvidos crus e cozidos (%).

	Exp	Umidade	Proteína	Lipídios	Cinzas	Carboidratos
Cru	C	56,1 ± 0,3 ^a	13,3 ± 0,4 ^a	4,7 ± 0,4 ^a	2,7 ± 0,1 ^a	23,1 ± 0,5 ^a
	T	58,2 ± 0,3 ^a	12,6 ± 0,2 ^b	4,4 ± 0,2 ^b	2,65 ± 0,02 ^b	22,1 ± 0,5 ^b
Cozido	C	51,5 ± 0,2 ^b	16,2 ± 0,3 ^a	3,5 ± 0,1 ^b	2,89 ± 0,02 ^b	25,9 ± 0,2 ^a
	T	53,9 ± 0,1 ^a	13,6 ± 0,5 ^b	4,1 ± 0,2 ^a	3,1 ± 0,1 ^a	25,3 ± 0,3 ^a

C – sem adição de fibras vegetais e com 10% de pele de frango adicionada T – 0,4% de fibra de bambu, 1,6% de fibra de trigo e 1,6% de fibra de ervilha adicionados Dados referentes às médias de três resultados ± desvios-padrão. a-

b: Médias da mesma coluna (cru ou cozido) com letras sobrescritas diferentes indicam uma diferença estatística entre si ($p < 0,05$).

Com exceção dos resultados das análises de umidade para o produto cru e carboidratos totais para o produto cozido, para os demais componentes avaliados, as amostras foram consideradas estatisticamente diferentes ($p < 0,05$), sejam na forma crua ou cozida. O percentual de lipídios do produto teste cozido foi superior ao controle, provavelmente pela capacidade de retenção de óleo das fibras adicionadas ou pela maior quantidade de água disponível presente na formulação. Durante o processo de pré-fritura, ocorre a evaporação da água do produto, sendo esta substituída por óleo vegetal, aumentando a concentração de lipídios da amostra (FMC FOODTECH, 2008). A evaporação da água também se deu na etapa de cozimento do produto em forno elétrico.

Pelo Regulamento Técnico sobre Rotulagem Nutricional de Alimentos Embalados (BRASIL, 2003), nenhuma das amostras poderia ser classificada como *light*, leve ou baixo teor de gordura em sua rotulagem, pois ambas apresentaram percentuais de lipídios superiores a 3,0%.

Segundo o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Empanados (BRASIL, 2001), os produtos cárneos empanados devem possuir uma quantidade máxima de 30% de carboidratos totais e uma quantidade mínima de 10% de proteína. Assim como para hambúrgueres, é permitida a adição máxima de 4,0% de proteína não cárnea. Observa-se que todas as amostras encontram-se de acordo com as exigências da legislação brasileira vigente. O percentual máximo de carboidratos é controlado para evitar um empanamento excessivo por parte das indústrias, reduzindo proporcionalmente o percentual proteico, lesando o consumidor final.

Os resultados das análises de fibra alimentar solúvel, insolúvel e total dos empanados de frango podem ser observados na Tabela 27.

Tabela 27 – Fibra alimentar solúvel (FAS), fibra alimentar insolúvel (FAI) e fibra alimentar total (FAT) dos empanados de frango crus e cozidos (%).

Exp	Cru			Cozido		
	FAS	FAI	FAT	FAS	FAI	FAT
C	< 0,5 ^b	0,7 ± 0,1 ^b	< 1,3 ^b	< 0,5 ^b	0,8 ± 0,1 ^b	< 1,4 ^b
T	1,1 ± 0,1 ^a	2,4 ± 0,1 ^a	3,5 ± 0,1 ^a	1,3 ± 0,1 ^a	2,5 ± 0,3 ^a	3,8 ± 0,2 ^a

C – sem adição de fibras vegetais e com 10% de pele de frango adicionada T – 0,4% de fibra de bambu, 1,6% de fibra de trigo e 1,6% de fibra de ervilha adicionados Dados referentes às médias de três resultados \pm desvios-padrão. a-b: Médias da mesma coluna com letras sobrescritas diferentes indicam uma diferença estatística entre si ($p < 0,05$).

Observa-se que as amostras foram consideradas estatisticamente diferentes ($p < 0,05$) em todas as análises realizadas, seja na forma crua ou cozida. As farinhas de cobertura (*predust*, *batter* e *breader*) são constituídas na sua maior parte por farinhas de trigo e milho, que possuem fibra alimentar em sua composição. Isto contribui na elevação dos percentuais de fibras das amostras. De acordo com o Regulamento Técnico sobre Rotulagem Nutricional de Alimentos Embalados (BRASIL, 2003), produtos prontos para o consumo com um percentual de fibra alimentar total superior a 3,0% podem receber na rotulagem o termo “fonte de fibras”. O produto teste, desenvolvido neste trabalho, poderia utilizar este termo (3,8% de fibra alimentar total) o que refletiria em um potencial apelo de venda diante de consumidores e mercados específicos.

A Tabela 28 apresenta os valores de pH e atividade de água dos empanados de frango antes do preparo (crus).

Tabela 28 – Valores de atividade de água (a_w) e pH dos empanados de frango desenvolvidos, antes do preparo.

Exp	a_w	pH
C	$0,972 \pm 0,001$ ^b	$6,01 \pm 0,01$ ^b
T	$0,980 \pm 0,001$ ^a	$6,14 \pm 0,02$ ^a

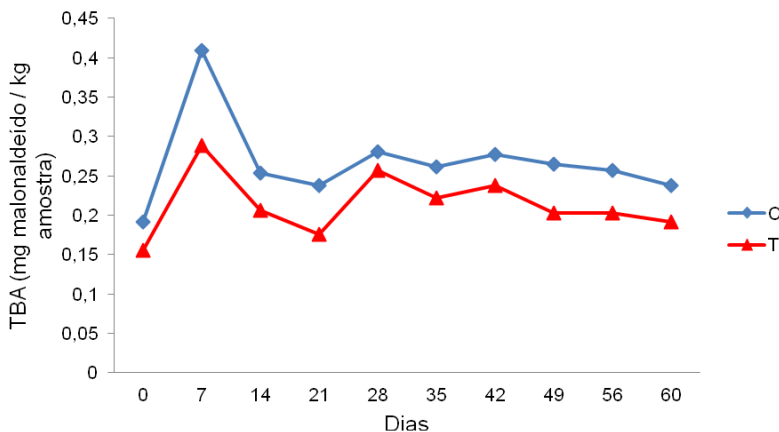
C – sem adição de fibras vegetais e com 10% de pele de frango adicionada T – 0,4% de fibra de bambu, 1,6% de fibra de trigo e 1,6% de fibra de ervilha adicionados Dados referentes às médias de três resultados \pm desvios-padrão. a-b: Médias da mesma coluna com letras sobrescritas diferentes indicam uma diferença estatística entre si ($p < 0,05$).

As amostras controle e teste foram consideradas estatisticamente diferentes ($p < 0,05$) para os resultados das análises de pH e atividade de água. Os valores de atividade de água foram inferiores aos realizados para as amostras de hambúrguer com mesma formulação de massa cárnea. A presença de cobertura com baixa atividade de água e a etapa de pré-fritura contribuíram para a redução destes valores. O pH da amostra teste foi superior ao da amostra controle provavelmente

devido à maior quantidade de água adicionada à formulação. Os pHs das amostras deste trabalho foram semelhantes às desenvolvidas por Kumar et al. (2011) de empanados de frango formulados com farinha de banana e de casca de soja.

Segundo Osawa, Felício e Gonçalves (2005), processos envolvidos na elaboração de produtos cárneos que incluam moagem, mistura e cozimento favorecem a formação de malonaldeído, sendo fundamental o emprego da análise de TBA na avaliação da qualidade do produto final. A Figura 15 mostra o comportamento da concentração de malonaldeído das amostras controle e teste, durante os 60 dias de estocagem sob congelamento. A Tabela 29 apresenta os valores destas concentrações e os resultados da respectiva análise estatística de diferenças entre as amostras.

Figura 15 – Evolução temporal da quantidade de malonaldeído (mg) por quilograma de amostra (Teste TBA) durante os 60 dias de vida de prateleira avaliados para os empanados desenvolvidos.



C – sem adição de fibras vegetais e com 10% de pele de frango adicionada
 T – 0,4% de fibra de bambu, 1,6% de fibra de trigo e 1,6% de fibra de ervilha adicionados

Observa-se que a amostra teste foi a que apresentou os menores valores de concentração do malonaldeído formado nas reações oxidativas. Apenas no dia 60 as amostras foram consideradas estatisticamente diferentes ($p < 0,05$). Entre os dias 7 e 21 observou-se um decréscimo da concentração de malonaldeído, porém entre os dias 21 e 28 ocorreu um aumento na concentração do produto da oxidação.

Segundo Fogaça (2005), esta elevação pode ser explicada pela oxidação de proteínas, levando à formação de aldeídos e outros compostos que têm capacidade de reagir com o ácido tiobarbitúrico formando um cromógeno rosa, detectado em leitura de absorbância. Outros autores também encontraram comportamento semelhante de aumento e diminuição dos valores de malonaldeído durante a estocagem de hambúrgueres de tilápia congelados (TOKUR et al., 2003), de filé de pacu congelado (SANT'ANA; FERNANDES, 2000) e de filé de chicharro congelado (AUBOURG; LEHMANN; GALLARDO, 2002).

Tabela 29 – Quantidade (mg) de malonaldeído por quilograma de amostra durante os 60 dias de vida de prateleira avaliados para os empanados desenvolvidos.

Dias	C	T
0	0,19 ± 0,02 ^{aB}	0,16 ± 0,01 ^{aA}
7	0,4 ± 0,1 ^{aA}	0,29 ± 0,03 ^{aA}
14	0,25 ± 0,03 ^{aB}	0,21 ± 0,01 ^{aA}
21	0,24 ± 0,05 ^{aB}	0,18 ± 0,05 ^{aA}
28	0,28 ± 0,03 ^{aAB}	0,26 ± 0,01 ^{aA}
35	0,3 ± 0,1 ^{aAB}	0,22 ± 0,2 ^{aA}
42	0,28 ± 0,01 ^{aAB}	0,2 ± 0,1 ^{aA}
49	0,27 ± 0,01 ^{aAB}	0,2 ± 0,1 ^{aA}
56	0,26 ± 0,01 ^{aAB}	0,2 ± 0,1 ^{aA}
60	0,24 ± 0,01 ^{aB}	0,19 ± 0,01 ^{ba}

C – sem adição de fibras vegetais e com 10% de pele de frango adicionada T – 0,4% de fibra de bambu, 1,6% de fibra de trigo e 1,6% de fibra de ervilha adicionados Dados referentes às médias de três resultados ± desvios-padrão. a-b: Médias da mesma linha com letras sobrescritas diferentes indicam uma diferença estatística entre si ($p < 0,05$). A-B: Médias da mesma coluna com letras sobrescritas diferentes indicam uma diferença estatística entre si ($p < 0,05$).

Os valores obtidos para os empanados mostraram-se superiores aos das mesmas formulações utilizadas na elaboração de hambúrgueres. Tal ocorrência se deve à presença de óleo de soja no produto final, decorrente da pré-fritura do mesmo. A oxidação deste óleo vegetal é favorecida, pois parte dele fica retida na cobertura superficial (*breader*), local de maior superfície de contato com oxigênio. Kumar e Tanwar (2011) encontraram valores superiores ao deste trabalho, variando de 0,34 mg malonaldeído/kg amostra, no dia zero, até 1,4 mg/kg, no dia 15,

em empanados de frango elaborados com 10% de óleo vegetal em substituição à gordura animal, estocados sob refrigeração (4°C). Porém, assim como para os hambúrgueres, nenhuma das amostras de empanados apresentaria característica de rancidez perceptível (todas as concentrações foram inferiores a 0,5 mg/kg).

Os resultados das análises microbiológicas mensais para os empanados de frango controle e teste, durante os 60 dias de armazenamento sob congelamento, encontram-se na Tabela 30.

Tabela 30 – Contagem de coliformes a 45°C (UFC/g), estafilococcus coagulase positiva (UFC/g), *Salmonella* sp. (em 25 gramas) e clostrídios sulfito redutores (UFC/g) dos empanados de frango após 0, 30 e 60 dias de elaboração.

Dia	Exp	Coliformes a 45°C	Estafilococcus coagulase positiva	<i>Salmonella</i> sp.	Clostrídios sulfito redutores
0	C	< 10	< 100	Ausente	< 10
	T	< 10	< 100	Ausente	< 10
30	C	< 10	2,0 x 10 ²	Ausente	< 10
	T	< 10	< 100	Ausente	< 10
60	C	< 10	< 100	Ausente	< 10
	T	< 10	< 100	Ausente	< 10

C – sem adição de fibras vegetais e com 10% de pele de frango adicionada T – 0,4% de fibra de bambu, 1,6% de fibra de trigo e 1,6% de fibra de ervilha adicionados Dados referentes às médias de três resultados ± desvios-padrão.

Todos os resultados das análises microbiológicas encontram-se de acordo com a Resolução da Diretoria Colegiada n° 12, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (BRASIL, 2001), indicando novamente que todos os cuidados com as boas práticas de fabricação foram tomados durante a elaboração dos produtos avaliados. Além disto, a alteração da formulação não afetou o comportamento microbiológico da amostra controle durante os 60 dias de estocagem avaliados.

4.3.2 Avaliações de rendimento de cozimento

A avaliação de rendimento demonstrou mais uma vez que o emprego de fibras vegetais como substitutos de gordura em produtos cárneos reestruturados pode melhorar o desempenho destes em etapas de cozimento. Os percentuais obtidos foram de $91,9\% \pm 0,7\%$ para a amostra controle e $93,7\% \pm 0,6\%$ para a amostra teste (média \pm desvio-padrão). Foram avaliadas 20 repetições para cada amostra e os percentuais médios de rendimento das amostras foram considerados estatisticamente diferentes ($p < 0,05$) entre si. O rendimento da amostra controle foi semelhante ao encontrado por Kumar et al. (2011) para *nuggets* de frango formulados com farinha de banana e casca de soja. O método e o tempo de preparo das amostras (cozimento em forno, vapor ou fritura) também possui impacto direto sobre os percentuais de rendimento (DAS, PAWAR e MODI, 2011).

4.3.3 Análises instrumentais e sensoriais

As análises instrumentais de textura foram conduzidas através de 20 repetições para cada amostra. Os resultados obtidos indicaram maior tendência à maciez para a amostra controle. Os valores médios da dureza indicaram uma diferença estatística significativa ($p < 0,05$) entre as amostras. A dureza da amostra controle foi de $3,3 \text{ kgf} \pm 0,3 \text{ kgf}$ (média \pm desvio-padrão) e da amostra teste foi de $3,6 \text{ kgf} \pm 0,2 \text{ kgf}$. As alturas percorridas para as amostras controle e teste foram, respectivamente, $1,3 \text{ cm} \pm 0,3 \text{ cm}$ e $1,2 \text{ cm} \pm 0,3 \text{ cm}$ (média \pm desvio-padrão). De acordo com Lyon e Lyon (1998), as medições instrumentais de textura são apenas uma medida relativa de como as amostras se comportam diante da aplicação de uma força externa e não devem ser consideradas unicamente como critério de definição da magnitude de um atributo sensorial. Em produtos empanados, esta definição torna-se ainda mais difícil, pois deve ser considerado o sistema de cobertura aderido à massa cárnea, cujo impacto em medições de textura é altamente significativo (DAS, PAWAR e MODI, 2011).

A Tabela 31 apresenta os resultados da análise instrumental de cor dos empanados de frango desenvolvidos.

Tabela 31 – Parâmetros da medição da cor dos empanados de frango desenvolvidos (Sistema CIE-Lab).

	Exp	L^*	a^*	b^*	C^*	$h^* (^\circ)$
Cru Externo	C	63 ± 1^a	$1,3 \pm 0,4^a$	25 ± 1^a	25 ± 1^a	87 ± 1^a
	T	$62,9 \pm 0,4^a$	$1,4 \pm 0,1^a$	26 ± 1^a	26 ± 1^a	$86,9 \pm 0,3^a$
Cozido Externo	C	51 ± 3^a	7 ± 2^a	30 ± 2^a	31 ± 3^a	78 ± 3^a
	T	$53,2 \pm 0,5^a$	7 ± 2^a	30 ± 2^a	31 ± 2^a	78 ± 3^a
Cozido Interno	C	77 ± 2^a	$0,7 \pm 0,4^a$	17 ± 1^a	17 ± 1^a	88 ± 1^a
	T	75 ± 1^a	$0,9 \pm 0,3^a$	17 ± 1^a	17 ± 1^a	87 ± 1^a

C – sem adição de fibras vegetais e com 10% de pele de frango adicionada T – 0,4% de fibra de bambu, 1,6% de fibra de trigo e 1,6% de fibra de ervilha adicionados Dados referentes às médias de dez resultados \pm desvios-padrão. a-b: Médias da mesma coluna (comparando cada cor avaliada para C e T) com letras sobrescritas diferentes indicam uma diferença estatística entre si ($p < 0,05$).

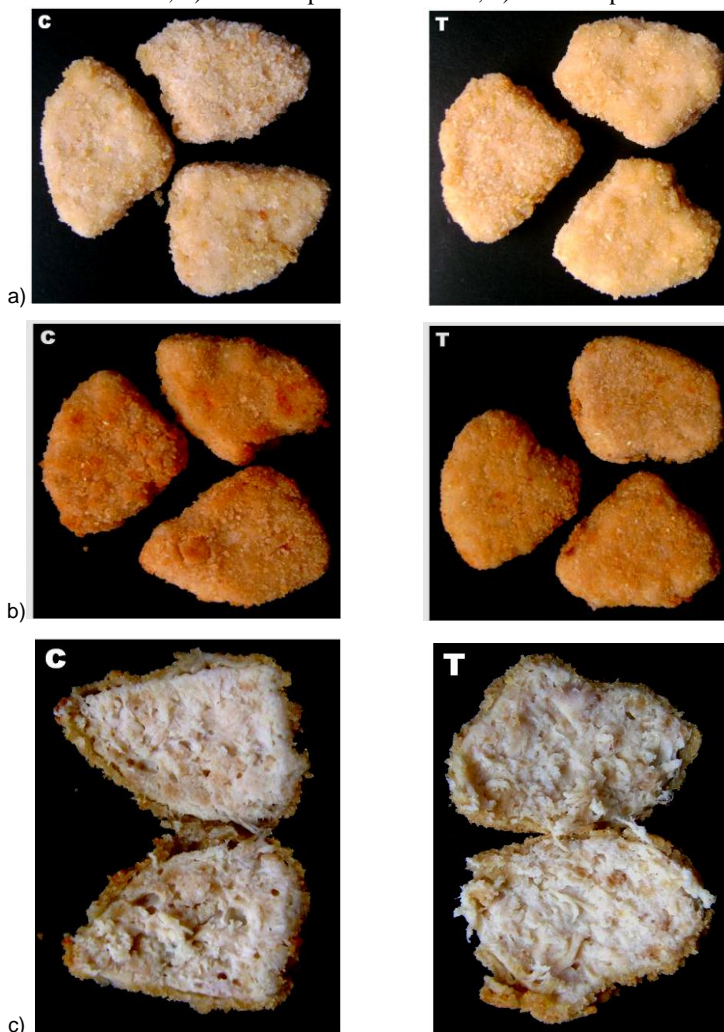
Não foram observadas diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as amostras para nenhum dos parâmetros avaliados e em nenhuma área de medição (interna ou externa) quando comparadas as amostras cruas ou cozidas entre si. Observa-se novamente que após o preparo, a área externa sofreu um escurecimento e área interna tornou-se mais clara (diminuição e aumento dos valores de L^* em relação ao produto cru, respectivamente). A adição de fibras não promoveu alteração significativa dos parâmetros instrumentais de cor. Segundo Dogan, Sahin e Sumnu (2005), a fritura geralmente provoca um decréscimo do valor L^* , um aumento do valor a^* e pouca variação no valor b^* . Tais considerações foram constatadas neste trabalho.

Na Figura 16 podem ser visualizadas, através de fotografias, as aparências externas (a), antes do cozimento, e as aparências internas (b) e externas (c), após o cozimento, das amostras avaliadas.

Nas superfícies externas das amostras cozidas podem ser encontrados alguns pontos de coloração mais escura. Estes pontos são conhecidos como *highlights* e geralmente aparecem em produtos que possuem ovo em pó na composição de seu sistema de cobertura (DOGAN, SAHIN e SUMNU, 2005). No caso deste trabalho, tanto as misturas de *predust* quanto *batter* possuem este ingrediente em sua

composição. Ao se posicionar o colorímetro sobre algum destes pontos, deve se evitar o erro de generalizar a coloração escura a toda peça.

Figura 16 – Aparência dos empanados de frango desenvolvidos: a) Externa antes do cozimento; b) Externa após o cozimento; c) Interna após o cozimento.



C – sem adição de fibras vegetais e com 10% de pele de frango adicionada T – 0,4% de fibra de bambu, 1,6% de fibra de trigo e 1,6% de fibra de ervilha adicionados

Os resultados médios das notas atribuídas pelos provadores aos empanados de frango, para cada atributo sensorial avaliado, se encontram na Tabela 32.

Tabela 32 – Médias das notas da avaliação sensorial, com provadores, dos empanados de frango desenvolvidos.

Exp	Aparência	Odor	Sabor	Textura	Aceitabilidade geral
C	6,1 ± 0,7 ^a	6,0 ± 0,6 ^a	6,2 ± 0,8 ^a	6,0 ± 0,8 ^a	6,1 ± 0,6 ^a
T	6,1 ± 0,8 ^a	5,8 ± 0,8 ^a	5,7 ± 0,9 ^b	6,1 ± 0,8 ^a	6,0 ± 0,8 ^a

C – sem adição de fibras vegetais e com 10% de pele de frango adicionada T – 0,4% de fibra de bambu, 1,6% de fibra de trigo e 1,6% de fibra de ervilha adicionados Dados referentes às médias de cinquenta resultados ± desvios-padrão. a-b: Médias da mesma coluna com letras sobrescritas diferentes indicam uma diferença estatística entre si ($p < 0,05$).

A amostra controle obteve melhores médias de aceitação para os atributos odor, sabor e aceitabilidade geral. Porém, apenas para o atributo sabor, a diferença entre as médias de aceitação das amostras foi considerada estatisticamente diferente ($p < 0,05$). Os provadores não apontaram alguma causa comum que identificasse o motivo de uma melhor aceitação do sabor da amostra controle, apenas poucos relatos de “mais saboroso” e “mais picante”. Arditti (1997) realizou um estudo com 119 crianças entre 7 e 12 anos, avaliando sensorialmente 11 diferentes marcas de empanados de frango da Europa e o resultado mostrou que grande parte dos avaliadores não aprovou as amostras com sabores marcantes. Esta comparação ilustra a importância da definição do público alvo, pois neste trabalho o sabor considerado mais pronunciado recebeu melhores avaliações por parte de provadores adultos. Porém, correções de sabor são facilmente realizadas através da adição ou remoção de especiarias, sal, realçadores de sabor ou algum outro ingrediente que possa conferir gosto particular ao alimento. Apesar do resultado da medida instrumental da textura da amostra controle ter sido inferior (menor dureza) ao da amostra teste, os painelistas preferiram ligeiramente a textura da amostra teste. Inconsistências entre medição instrumental de textura por cisalhamento e preferência sensorial foram relatadas por Huidobro et al. (2005).

Ambas as amostras foram muito bem aceitas, com notas médias superiores a 6 pontos em uma escala hedônica de 7 pontos. A nota 6 equivale à manifestação de “gostei muito”, indicando a excelente aceitabilidade dos produtos desenvolvidos. Os bons resultados desta avaliação comprovam novamente a potencialidade de desenvolvimento de um produto cárneo reestruturado com substituição de gordura por fibras vegetais.

5 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos a partir do desenvolvimento deste trabalho permitiram concluir que:

- Todas as fibras avaliadas apresentaram alguma propriedade ou característica positiva para a aplicação em produtos cárneos. A quantidade de fibra alimentar total é importante quando se busca apelo diante do consumidor através da rotulagem. Ingredientes com maiores percentuais de fibra alimentar total implicam em menores quantidades adicionadas e redução de impactos indesejáveis, como alteração de coloração e aumento da dureza. As fibras de cereais (aveia e trigo) e bambu apresentaram os maiores percentuais deste componente;

- A finalidade de aplicação tem relação direta com a coloração das fibras. Para produtos de carne de frango, a fibra de maçã seria a única não indicada devido à sua coloração escura. As fibras de ervilha, trigo e aveia apresentaram os maiores valores de capacidades de retenção de água e óleo, enquanto que as fibras de cereais e de bambu apresentaram as melhores capacidades de formar e estabilizar emulsões;

- Através da substituição total da gordura adicionada na forma de pele de frango por diferentes combinações de fibras de bambu, ervilha e trigo, foi possível desenvolver hambúrgueres de frango com percentuais de rendimento e de retenção de umidade superiores e percentuais de encolhimento e redução de diâmetro inferiores a uma formulação controle, sem fibras.

- Com a aplicação da metodologia de superfície de resposta foi possível gerar modelos preditivos para as variáveis percentual de rendimento e percentual de encolhimento. Todas as fibras exerceram influência nos modelos gerados. Em ambos os modelos houve a influência de pelo menos um termo quadrático e de termos de interação entre as fibras adicionadas. Também foram gerados modelos preditivos para os parâmetros dureza e mastigabilidade, obtidos através de análise instrumental de textura. Novamente foi observada a influência dos três tipos de fibra adicionados, tanto na forma de termos lineares e quadráticos quanto à interação entre todas as combinações.

- Todas as formulações desenvolvidas obtiveram boa aceitação sensorial. Com exceção de uma única amostra (9), para o atributo aceitabilidade geral, todas as demais tiveram percentual de aceitação superior a 70% em todos os atributos avaliados. A metodologia de mapa de preferência permitiu agrupar as amostras por grupos de aceitação, identificando aquelas com maior afinidade de aceitação ou rejeição por atributo avaliado.

- Através da análise de todos os resultados obtidos nas avaliações com hambúrgueres foi possível selecionar as três formulações com melhor desempenho global: 7 (0,4% de fibra de bambu, 1,6% de fibra de trigo e 1,6% de fibra de ervilha adicionados), 11 (1,0% de fibra de bambu e 1,0% de fibra de ervilha adicionados) e 2 (1,6% de fibra de bambu, 0,4% de fibra de trigo e 0,4% de fibra de ervilha adicionados).

- A continuidade do estudo, através de análises complementares, mostrou que as três amostras selecionadas apresentaram coloração característica de hambúrguer de frango, com uma tonalidade levemente mais clara que a amostra controle, devido à adição de fibras. A composição proximal de todas as amostras com fibras atendeu às exigências da legislação brasileira para hambúrgueres, sendo que todas poderiam ser rotuladas como *light* devido ao baixo percentual de gordura do produto após o preparo. As amostras 2 e 7 foram as que apresentaram maior percentual de fibra alimentar total e as amostras 7 e 11 foram as que demonstraram melhor estabilidade às reações de oxidação. Todas as amostras não apresentaram crescimento microbiano durante os 60 dias de estocagem.

- A avaliação global de todos os resultados das análises resultadas levaram à escolha da formulação 7 (0,4% de fibra de bambu, 1,6% de fibra de trigo e 1,6% de fibra de ervilha adicionados) para a aplicação em outro produto cárneo reestruturado.

- O desenvolvimento de um empanado de frango com a combinação de fibras selecionada através dos experimentos anteriores permitiu comprovar os bons efeitos proporcionados ao produto através da adição destes ingredientes. A composição proximal de ambas as amostras (controle e teste) atendeu aos critérios exigidos pela legislação brasileira, sendo que para a formulação teste seria possível comercializar o produto com o apelo “fonte de fibras”. O produto teste apresentou menores valores da concentração de malonaldeído por quilograma de amostra durante os 60 dias de estocagem sob congelamento, indicando menor possibilidade de rancificação quando comparado com o produto controle.

- O empanado teste também apresentou melhores valores de percentual de rendimento de cozimento. A presença de gordura na amostra controle influenciou positivamente os resultados da avaliação instrumental de dureza (maior maciez) e da avaliação sensorial dos atributos sabor e aceitabilidade geral. Porém, neste último atributo não

foram encontradas diferenças significativas entre as médias das notas obtidas pelas amostras.

Diante das conclusões obtidas, é possível confirmar a possibilidade de se desenvolver produtos cárneos reestruturados com substituição total da gordura adicionada por fibras vegetais. Este trabalho demonstrou ser possível elaborar formulações de produtos que obtiveram ótima aceitação por parte de potenciais consumidores, que apresentaram boa estabilidade às reações de oxidação e crescimento microbiológico, e que proporcionariam ganhos de rendimento para as indústrias (melhores percentuais de retenção de água, óleo e rendimento) e para os consumidores (menores percentuais de encolhimento). Produtos considerados como pouco saudáveis (hambúrgueres e empanados) poderiam receber apelos de *light* ou “fonte de fibras” tornando-se aliados de uma boa alimentação para crianças e adultos em geral. Em caso de um futuro desenvolvimento em escala industrial, uma avaliação econômica juntamente com as áreas de pesquisa de mercado, *marketing* e pesquisa e desenvolvimento deve ser realizada. A disponibilidade de matéria-prima cárnea, a aceitação pelo público-alvo, os tipos de embalagem e sistemas de distribuição devem ser criteriosamente avaliados para definir os custos de produção e de venda do produto.

Desenvolver produtos é uma atividade dinâmica e que necessita de constantes pesquisas e aplicações. Estudos adicionais, sejam abrangentes ou específicos, devem ser continuamente conduzidos na área de substitutos de gordura, para que cada vez mais o profissional da área de alimentos possa contribuir na formação de uma geração de consumidores com opções de uma alimentação saudável.

6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Após o término deste trabalho foram observadas oportunidades de novos estudos que poderiam contribuir para melhorar a compreensão do tema e descobrir de novos resultados. Podem ser citadas como sugestões de trabalhos futuros dentro das linhas de pesquisa do Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos:

- desenvolvimento de produtos reestruturados empregando diferentes tipos de matérias-primas cárneas, isoladas ou combinadas (produtos mistos), como carnes mecanicamente separadas, carnes provenientes de carcaças de outros tipos de animais abatidos (bovino, suíno, peru), extratos de carne, dentre outras;

- investigação e emprego de outras fibras vegetais, comerciais ou obtidas experimentalmente, aplicadas em diferentes concentrações das utilizadas neste estudo;

- aplicação de fibras vegetais como substitutos de gordura em outras categorias de produtos cárneos, como emulsionados, cozidos ou fermentados;

- combinação de estratégias de funcionalidade e apelos saudáveis juntamente com a substituição de gordura, como redução de sódio, de nitritos e de nitratos, além de tratamentos térmicos adaptados, etc.;

- utilização de aditivos para padronizar as propriedades e ampliar a vida de prateleira dos produtos desenvolvidos, como corantes, emulsificantes, conservantes e outros;

- combinação de substitutos de gordura de diferentes fontes, como fibras, mucilagens, gomas, proteínas, amidos resistentes e outros ingredientes funcionais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AACC. American Association of Cereal Chemists. **Approved Methods of Analysis**. 11 ed. St. Paul, MN. 1999. 1089 p.
- AACC. American Association of Cereal Chemists. The definition of dietary fiber. **Cereal Foods World**, v. 46, n. 3, p. 112-126, 2001.
- ADITIVOS & INGREDIENTES. Substitutos de gordura. **Revista Aditivos & Ingredientes**, n. 59, p. 42-55, 2008.
- AFSSA. Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments. **Les fibres alimentaire: définitions, méthodes de dosage, allégations nutritionnelles**. Rapport du comité d'experts spécialisé nutrition humaine. France: Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments, 2002. 62 p.
- AJILA, C. M. et al. Mango peel powder: a potential source of antioxidant and dietary fiber in macaroni preparations. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 11, n. 1, p. 219-224, 2010.
- AKOH, C. C. Fat replacers. **Food Technology**, v. 52, n. 3, p. 47-52, 1998.
- ALAKALI, J. S.; IRTWANGE, S. V.; MZER, M. T. Quality evaluation of beef patties formulated with bambara groundnut (*Vigna subterranean. L*) seed flour. **Meat Science**, v. 85, n. 2, p. 215-223, 2010.
- ALESON-CARBONELL, L. et al. Characteristics of beef burger as influenced by various types of lemon albedo. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 6, n. 2, p. 247-255, 2005a.
- ALESON-CARBONELL, L. et al. Functional and sensory effects of fibre rich ingredients on breakfast fresh sausages manufacture. **Food Science and Technology International**, v. 11, n. 2, p. 89-97, 2005b.
- ALFREDO, V. O. et al. Physicochemical properties of a fibrous fraction from chia (*Salvia hispanica L.*). **Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie**, v. 42, p. 168-173, 2009.

ALMEIDA, E. L. **Efeito da adição de fibra alimentar sobre a qualidade de pão pré-assado congelado.** 2006. 370 f. Tese (Doutorado) – Curso de Engenharia de Alimentos, Unicamp, Campinas, 2006.

ÁLVAREZ, E. E.; SÁNCHEZ, P. G. La fibra dietética. **Nutrición Hospitalaria**, v. 21, n. 2, p. 61-72, 2006.

ANDERSON, E. T.; BERRY, B. W. Sensory, shear and cooking properties of lower-fat beef patties made with inner pea fiber. **Journal of Food Science**, v. 65, n. 5, p. 805-810, 2000.

ANDERSON, E. T.; BERRY, B. W. Effects of inner pea fiber on fat retention and cooking yield in high fat ground beef. **Food Research International**, v. 34, n. 8, p. 689-694, 2001.

AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis of AOAC International.** 18 ed. 2 v., Gaithersburg, MD. 2006.

AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis of AOAC International.** 14 ed., Gaithersburg, MD. 1984.

APHA. American Public Health Association. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods.** 4 ed. Washington, DC. 2001. 676 p.

ARDITTI, S. Preference mapping: a case study. **Food Quality and preference**, v. 8, n. 5/6, p. 323-327, 1997.

ARIHARA, K. Strategies for designing novel functional meat products. **Meat Science**, v. 74, n. 1, p. 219-229, 2006.

ASGHAR, A. **Effect of modified whey protein concentrates on physical, thermal and rheological properties of frozen dough.** 2009. 204 f. Tese (PhD) – National Institute of Food Science and Technology, University of Agriculture Faisalabad, 2009.

AUBOURG, S. P.; LEHMANN, I.; GALLARDO, J. M. Effect of previous chilled storage on rancidity development in frozen horse

mackerel (*Trachurus trachurus*). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 82, n. 15, p. 1764-1771, 2002.

AUFFRET, A. et al. Effect of grinding and experimental conditions on the measurement of hydration properties of dietary fibres. **Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie**, v. 27, n. 2, p. 166-172, 1994.

AYO, J. et al. Effect of total replacement of pork backfat with walnut on the nutritional profile of frankfurters. **Meat Science**, v. 77, n. 2, p. 173-181, 2007.

BAGGIO, S. R.; BRAGAGNOLO, N. Lipid fraction quality evaluation of Brazilian meat-based products. **Journal of the Brazilian Chemistry Society**, v. 19, n. 3, p. 463-470, 2008.

BARRETO, A. C. S. **Efeito da adição de fibras como substitutos de gordura em mortadela**. 2007. 189 f. Tese (Doutorado) – Curso de Tecnologia de Alimentos, Unicamp, Campinas, 2007.

BERTELSEN, G.; OHLEN, A.; SKIBSTED, L. H. Pea fibre as a source of natural antioxidants in frozen minced beef - lipid oxidation and colour stability during retail display. **zeitschrift für lebensmitteluntersuchung und forschung**, v. 192, n. 4, p. 319-322, 1991.

BHAT, Z. F.; KUMAR, P.; KUMAR, S. Effect of skin, enrobing and refrigerated storage on the quality characteristics of chicken meat balls. **Journal of Food Science and Technology**. Online First, 2011. Disponível em: <<http://www.springerlink.com/content/3316361612252025/fulltext.pdf>>. Acesso em: 30 de junho de 2012.

BILEK, A. E.; TURHAN, S. Enhancement of the nutritional status of beef patties by adding flaxseed flour . **Meat Science**, v. 82, n. 4, p. 472-477, 2009.

BILGIÇLI, N.; IBANOGLU, S.; HERKEN, E. N. Effect of dietary fibre addition on the selected nutritional properties of cookies. **Journal of Food Engineering**, v. 78, n. 1, p. 86-89, 2007.

BIRD, A. R; TOPPING, D. L. Resistant starches, fermentation, and large bowel health. In: CHO, S. S.; DREHER, M. L. (Org.). **Handbook of Dietary Fiber**. New York: Marcel Dekker Inc, 2001. Cap. 9.

BORDERÍAS, A. J.; SÁNCHEZ-ALONSO, I.; PÉREZ-MATEOS, M. New applications of fibres in foods: addition to fishery products. **Trends in Food Science and Technology**, v. 16, n. 10, p. 458-465, 2005.

BOSI, M. G. **Desenvolvimento de processo de fabricação de requeijão light e de requeijão sem adição de gordura com fibra alimentar**. 2008. 284 f. Tese (Doutorado) – Curso de Engenharia de Alimentos, Unicamp, Campinas, 2008.

BOTELHO, L.; CONCEIÇÃO, A.; CARVALHO, V. D. Caracterização das fibras alimentares da casca e cilindro central do abacaxi “*Smooth cayenne*”. **Ciência Agrotécnica**, v. 26, n. 2, p. 362-367, 2002.

BOTSOGLOU, N. A. Rapid, sensitive and specific thiobarbituric acid method for measuring lipid peroxidation in animal tissue, food and feedstuff samples. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 42, p. 1931-1937, 1994.

BOURNE, M. C. Texture profile analysis. **Food Technology**, v. 32, n. 7, p. 62-66, 1978.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Aprova o Regulamento Técnico referente aos Princípios Gerais para o Estabelecimento de Níveis Máximos de Contaminantes Químicos em Alimentos e seu Anexo: limites máximos de tolerância para contaminantes inorgânicos. Portaria nº 685, de 27 de Agosto de 1998. Brasília: Diário Oficial da União de 28 de Agosto de 1998, Seção I, p. 28-29.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Aprova os Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade de Almôndega, de Apresentado, de Fiambre, de Hamburger, de Kibe, de Presunto Cozido e de Presunto. Instrução Normativa nº 20, de 31 de Julho de 2000. Brasília: Diário Oficial da União de 03 de Agosto de 2000, Seção I, p. 7-12.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Aprova o Regulamento Técnico Sobre Padrões Microbiológicos Para Alimentos. Resolução de Diretoria Colegiada n° 12, de 02 de Janeiro de 2001. Brasília: Diário Oficial da União de 10 de janeiro de 2001 (a), Seção I, p. 45-53.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Aprova os Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade de Paleta Cozida, de Produtos Cárneos Salgados, de Empanados, de Presunto tipo Serrano e de Prato Elaborado Pronto ou Semipronto Contendo Produtos de Origem Animal. Instrução Normativa n° 6, de 15 de Fevereiro de 2001. Brasília: Diário Oficial da União de 19 de Fevereiro de 2001 (b), Seção I, p. 60-64.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Aprova o Regulamento Técnico sobre Rotulagem Nutricional de Alimentos Embalados. Resolução n. 360, de 23 de dezembro de 2003. Brasília: Diário Oficial da União de 26 de dezembro de 2003.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. Brasília: Ministério da Saúde, 2005. 1018 p.

BROOKS, S. P. J. et al. Dietary fibre in baby foods of major brands sold in Canada. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 19, n. 1, p. 59-66, 2006.

BROWNLEE, I. A. The physiological roles of dietary fibre. **Food Hydrocolloids**, *In press*, 2009.

CAC. Codex Alimentarius Commission. **Report of the 27th session of the Codex Committee on Nutrition and Foods for special dietary uses**. Germany: Codex Alimentarius Commission. 2006. 108 p.

CALLEGARO, M. G. K. et al. Determinação da fibra alimentar insolúvel, solúvel e total de produtos derivados de milho. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 2, p. 271-274, 2005.

CARRAPISO, A. I. Effect of fat content on flavour release from sausages. **Food Chemistry**, v. 103, n. 2, p. 396-403, 2007.

CARVALHO, A. F. U. et al. Physiological and physico-chemical characterization of dietary fibre from the green seaweed *Ulva Fasciata* Delile. **Brazilian Journal of Biology**, v. 69, n. 3, p. 969-977, 2009.

CEGIELKA, A.; MLYNARCZYK, K. The effect of addition of the wheat fibre Vitacel WF400 on the quality of chicken hamburgers. **Nauka Przyroda Technologic**, v. 4, n. 5, p. 1-9, 2010.

CHAMP, M. et al. Advances in dietary fibre characterization. 1. Definition of dietary fibre, physiological relevance, health benefits and analytical aspects. **Nutrition Research Reviews**, v. 16, p. 71-82, 2003.

CHAU, C. F.; HUANG, Y. L. Comparison of the chemical composition and physicochemical properties of different fibers prepared from the peel of *Citrus sinensis* L. Cv. Liucheng. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, p. 2615-2618, 2003.

CHEN, H. et al. Chemical, physical, and baking properties of apple fiber compared with wheat and oat bran. **Cereal Chemistry**, v. 65, n. 3, p. 244-247, 1988.

CHOI, Y. S. et al. Effects of dietary fiber from rice bran on the quality characteristics of emulsion-type sausages. **Korean Journal for Food Science of Animal Resources**, v. 28, n. 1, p. 14-20, 2008.

CHOI, Y. S. et al. Characteristics of low-fat meat emulsion systems with pork fat replaced by vegetable oils and rice bran fiber. **Meat Science**, v. 82, n. 2, p. 266-271, 2009.

CHOI, Y. S. et al. Effects of replacing pork back fat with vegetable oils and rice bran fiber on the quality of reduced-fat frankfurters. **Meat Science**, v. 84, n. 3, p. 557-563, 2010a.

CHOI, Y. S. et al. Optimization of replacing pork back fat with grape seed oil and rice bran fiber for reduced-fat meat emulsion systems. **Meat Science**, v. 84, n. 1, p. 212-218, 2010b.

CHOI, Y. S. et al. Practical use of surimi-like material made from porcine *longissimus dorsi* muscle for the production of low-fat pork patties. **Meat Science**, v. 90, n. 1, p. 292-296, 2012.

COMMISSION REGULATION. **Comission Regulation (EC) n. 629/2008 of 2 July 2008 amending Regulation (EC) n. 1881/2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs.** EU: Official Journal of the European Union, L173/6, 2008.

CREHAN, C. M. et al. Effects of fat level and maltodextrin on the functional properties of frankfurters formulated with 5, 12 and 30% fat. **Meat Science**, v. 55, n. 4, p. 463-469, 2000.

CUMMINGS, J. H.; EDMOND, L. M.; MAGEE, E. A. Dietary carbohydrates and health: do we still need the fibre concept? **Clinical Nutrition Supplements**, v. 1, n. 2, p. 5-17, 2004.

DAS, R.; PAWAR, D. P.; MODI, V. K. Quality characteristics of battered and fried chicken: comparison of pressure frying and conventional frying. **Journal of Food Science and Technology**. Online First, 2011. Disponível em: < <http://www.springerlink.com/content/vr4692612021gh15/fulltext.pdf> >. Acesso em: 30 de junho 2012.

DECKER, E. A.; PARK, Y. Healthier meat products as functional foods. **Meat Science**, v. 86, n. 1, p. 49-55, 2010.

DESMOND, E. Reducing salt: a challenge for the meat industry. **Meat Science**, v. 74, n. 1, p. 188-196, 2006.

DEVATKAL, S. K. et al. Evaluation of quality characteristics of chicken meat emulsion/nuggets prepared by using different equipment. **Journal of Food Science and Technology**. Online First, 2011. Disponível em: < <http://www.springerlink.com/content/j08m720v153751p1/fulltext.pdf> >. Acesso em: 30 de junho 2012.

DERVISOGLU, M.; YAZICI, F. The effect of citrus fibre on the physical, chemical and sensory properties of ice cream. **Food Science and Technology International**, v. 12, n. 2, p. 159-164, 2006.

DeVRIES, J. W.; RADER, J. I. Historical perspective as a guide for identifying and developing applicable methods for dietary fiber. **Journal of AOAC International**, v. 88, n. 5, p. 1349-1366, 2005.

DIKEMAN, C. L.; FAHEY JR, G. C. Viscosity as related to dietary fiber: a review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 46, n. 8, p. 649-663, 2006.

DOGAN, S. F.; SAHIN, S.; SUMNU, G. Effects of batters containing different protein types on the quality of deep-fat-fried chicken nuggets. **European Food Research Technology**, v. 220, n. 5/6, p. 502-508, 2005.

DONATTO, F. F.; PALLANCH, A.; CAVAGLIERI, C. R. Fibras dietéticas: efeitos terapêuticos e no exercício. **Saúde em revista**, v. 8, n. 20, p. 65-71, 2006.

DREHER, M. L. Dietary fiber overview. In: CHO, S. S.; DREHER, M. L. (Org.). **Handbook of Dietary Fiber**. New York: Marcel Dekker Inc, 2001. Cap. 1, p. 1-16.

DUTCOSKY, S. D. **Análise Sensorial de Alimentos**, 3. ed. Curitiba: Champagnat, 2011. 426 p.

EDWARDS, C. A.; PARRETT, A. M. Dietary fiber in infancy and childhood. **Critical Proceedings of the Nutrition Society**, v. 62, n. 1, p. 17-23, 2003.

EIM, V. S. et al. Effects of addition of carrot dietary fibre on the ripening process of a dry fermented sausage (sobrassada). **Meat Science**, v. 80, n. 2, p. 173-182, 2008.

EL-MAGOLI, S.; LAROIA, S.; HANSEN, P. Flavor and texture characteristics of low fat ground beef patties formulated with whey protein concentrate. **Meat Science**, v. 42, n. 2, p. 179-193, 1996.

ESTELLER, M. S.; LIMA, A. C. O.; LANNES, S. C. S. Color measurement in hamburger buns with fat and sugar replacers. **LWT – Food Science and Technology**, v. 39, n. 2, p. 184-187, 2006.

FERNÁNDEZ-GINÉS, J. M. et al. Lemon albedo as a new source of dietary fiber: application to bologna sausages. **Meat Science**, v. 67, n. 1, p. 7-13, 2004.

FERNÁNDEZ-GINÉS, J. M. et al. Meat products as functional foods: a review. **Journal of Food Science**, v. 70, n. 2, p. 37-43, 2005.

FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J. et al. Physico-chemical and microbiological profiles of “salchichón” (Spanish dry-fermented sausage) enriched with orange fiber. **Meat Science**, v. 80, n. 2, p. 410-417, 2008.

FIGUEROLA, F. et al. Fibre concentrates from apple pomace and citrus peel as potential fibre sources for food enrichment. **Food Chemistry**, v. 91, n. 3, p. 395-401, 2005.

FILISSETTI, T. M. C. C. Fibra alimentar: definição e métodos analíticos. In: LAJOLO, F. M.; MENEZES, E. W. (Org.). **Carboidratos em Alimentos Regionales Iberoamericanos**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2006. Cap. 11, p. 255-286.

FMC FOODTECH. **The processor's guide to coating & cooking**. Sandusky, 2008. 60 p.

FOGAÇA, F. H. S. **Efeito do tocoferol no desempenho e na estabilidade lipídica da Tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*)**. 2005. 79 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Aquicultura, UNESP, Jaboticabal, 2005.

FOOD INGREDIENTS BRASIL. Desenvolvendo alimentos com baixo teor de gordura. **Revista Food Ingredients Brasil**, n. 5, p. 42-65, 2008a.

FOOD INGREDIENTS BRASIL. Dossiê: fibras alimentares. **Revista Food Ingredients Brasil**, n. 3, p. 42-65, 2008b.

FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos alimentos**. São Paulo: Ed. Atheneu, 2005. 182 p.

GALANAKIS, C. M.; TORNBERG, E.; GEKAS, V. Dietary fiber suspensions from olive mill wastewater as potential fat replacements in meatballs. **LWT – Food Science and Technology**, v. 43, n. 7, p. 1018-1025, 2010.

GANHÃO, R.; MORCUENDE, D.; ESTÉVEZ, M. Protein oxidation in emulsified cooked burger patties with added fruit extracts: influence on

colour and texture deterioration during chill storage. **Meat Science**, v. 85, n. 3, p. 402-409, 2010.

GARAU, M. C. et al. Effect of air-frying temperature on physico-chemical properties of dietary fibre and antioxidant capacity of orange (*Citrus aurantium* v. Canoneta) by products. **Food Chemistry**, v. 104, n. 3, p. 1014-1024, 2007.

GARCÍA, M. L. et al. Utilization of cereal and fruit fibres in low fat dry fermented sausages. **Meat Science**, v. 60, n. 3, p. 227-236, 2002.

GARCÍA, M. L.; CALVO, M. M.; SELGAS, M. D. Beef hamburgers enriched in lycopene using dry tomato peel as an ingredient. **Meat Science**, v. 83, n. 1, p. 45-49, 2009.

GARRIDO, M. D. et al. Effect of two different red grape pomace extracts obtained under different extraction systems on meat quality of pork burgers. **LWT – Food Science and Technology**, v. 44, n. 10, p. 2238-2243, 2011.

GEORGANTELIS, D. et al. Effect of rosemary extract, chitosan and α -tocopherol on microbiological parameters and lipid oxidation of fresh pork sausages stored at 4°C. **Meat Science**, v. 76, n. 1, p. 172-181, 2007.

GOLDRING, J. M. Resistant starch: safe intakes and legal status. **Journal of AOAC International**, v. 87, n. 3, p. 733-739, 2004.

GONÇALVES, J. R. et al. Determinação de metais pesados em leite integral bovino pasteurizado no estado de Goiás. **Ciência Animal Brasileira**, v. 9, n. 2, p. 365-374, 2008.

GRAY, J. **Dietary fiber: definition, analysis, physiology and health**. Bélgica: International Life Sciences Institute (ILSI), 2006. 44 p.

GRIGELMO-MIGUEL, N.; ABADIÁS-SERÓS, M. I.; MARTÍN-BELLOSO, O. Characterisations of low-fat high dietary fibre frankfurters. **Meat Science**, v. 52, n. 3, p. 247-256, 1999.

GRIGELMO-MIGUEL, N.; MARTÍN-BELLOSO, O. Characterization of dietary fiber from orange juice extraction. **Food Research International**, v. 31, n. 5, p. 355-361, 1999.

GULLON, F.; CHAMP, M. Structural and physical properties of dietary fibres, and consequences of processing on human physiology. **Food Research International**, v. 33, p. 233-245, 2000.

HAULY, M. C. O.; MOSCATTO, J. A. Inulina e oligofrutoses: uma revisão sobre as propriedades funcionais, efeito prebiótico e importância na indústria de alimentos. **Semina: Ciências Exatas e Tecnológica**, v. 23, n. 1, p. 105-118, 2002.

HCN. Health Council of the Netherlands. **Guideline for dietary fibre intake**. The Hague: Health Council of the Netherlands, 2006. 86 p.

HUANG, S. C. et al. Effects of rice bran on sensory and physico-chemical properties of emulsified pork meatballs. **Meat Science**, v. 70, n. 4, p. 613-619, 2005.

HUIDOBRO, F. R. et al. A comparison between two methods (Warner-Bratzler and texture profile analysis) for testing either raw meat or cooked meat. **Meat Science**, v. 69, n. 4, p. 527-536, 2005.

HSU, S. Y.; SUN, L-Y. Comparisons on 10 non-meat protein fat substitutes for low-fat Kung-wans. **Journal of Food Engineering**, v. 74, n. 1, p. 47-53, 2006.

ICMSF. International Commission on Microbiological Specifications for Foods. **Microorganismos de los alimentos: ecología microbiana de los productos alimentarios**. Zaragoza, Espanha: Editorial Acribia S.A., 1998. 593 p.

IOM. Institute of Medicine. **Dietary Reference Intakes: Proposed definition of dietary fiber**. Washington D. C.: The National Academic Press, 2001. 74 p.

IOM. Institute of Medicine. **Dietary Reference Intakes: Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein and Amino Acids**. Washington D. C.: The National Academic Press, 2002. 1359 p.

ISO. International Organization for Standardization. **International Standard ISO 6888-1**: Microbiology of food and animal feeding stuffs – Horizontal method for the enumeration of coagulase-positive staphylococci (*Staphylococcus aureus* and other species) – Part 1: Technique using Baird-Parker agar medium. Geneva. 1999. 11 p.

JAY, J. M. **Microbiologia dos alimentos**. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. 711 p.

JENKINS, D. J. A. et al. Viscous dietary fibre and metabolic effects. **Clinical Nutrition Supplements**, v. 1, p. 39-49, 2004.

JIMÉNEZ-COLMENERO, F. Technologies for developing low-fat meat products. **Trends in Food Science and Technology**, v. 7, n. 2, p. 41-48, 1996.

JIMÉNEZ-COLMENERO, F. Relevant factors in strategies for fat reduction in meat products. **Trends in Food Science and Technology**, v. 11, n. 2, p. 56-66, 2000.

JIMÉNEZ-COLMENERO, F.; AYO, M. J.; CARBALLO, J. Physicochemical properties of low sodium frankfurter with added walnut: effect of transglutaminase combined with caseinate, KCl and dietary fibre as salt replacers. **Meat Science**, v. 69, n. 4, p. 781-788, 2005.

JIMÉNEZ-COLMENERO, F.; CARBALLO, J.; COFRADES, S. Healthier meat and meat products: their role as functional foods. **Meat Science**, v. 59, n. 1, p. 5-13, 2001.

JIMÉNEZ-COLMENERO, F. et al. Physicochemical and sensory characteristics of restructured beef steak with added walnuts. **Meat Science**, v. 65, n. 4, p. 1391-1397, 2003.

KAACK, K. et al. New potato fibre for improvement of texture and colour of wheat bread. **European Food Research and Technology**, v. 224, n. 2, p. 199-207, 2006.

KAACK, K.; LAERKE, H. N.; MEYER, A. S. Liver paté enriched with dietary fibre extracted from potato fibre as fat substitutes. **European Food Research and Technology**, v. 223, n. 2, p. 267-272, 2006.

KENDALL, C. W.; ESFAHANI, A.; JENKINS, D. J. The link between dietary fibre and human health. **Food Hydrocolloids**, v. 24, n. 1, p. 42-48, 2010.

KINNEBERG, K. M.; LINDBERG, K. G. Dry rehydratable film method for rapid enumeration of coliforms in foods (3M™ Petrifilm™ rapid coliform count plate: collaborative study. **Journal of AOAC International**, v. 85, n. 1, p. 56-71, 2002.

KUMAR, V. et al. Quality and storability of chicken nuggets formulated with green banana and soybean hulls flours. **Journal of Food Science and Technology**. Online First, 2011. Disponível em: <<http://www.springerlink.com/content/3137471n433378w4/fulltext.pdf>>. Acesso em: 30 de junho 2012.

KUMAR, D.; TANWAR, V. K. Effects of incorporation of ground mustard on quality attributes of chicken nuggets. **Journal of Food Science and Technology**, v. 48, n. 6, p. 759-762, 2011.

KUAN, Y. H.; LIONG, M. T. Chemical and physicochemical characterization of agrowaste fibrous materials and residues. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, p. 9252-9257, 2008.

LAJOLO, F. M.; MENEZES, E. W. Dietary fiber and resistant starch intake in Brazil: recommendations and actual consumption patterns. In: CHO, S. S.; DREHER, M. L. (Org.). **Handbook of Dietary Fiber**. New York: Marcel Dekker Inc, 2001. Cap. 45.

LARRAURI, J. A. et al. Mango peels as a new tropical fibre: preparation and characterization. **Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie**, v. 29, p. 729-733, 1996.

LARRAURI, J. A. New approaches in the preparation of high dietary fibre powders from fruit by-products. **Trends in Food Science and Technology**, v. 10, n. 1, p. 3-8, 1999.

LAWLESS, H. T.; HEYMANN, H. **Sensory Evaluation of Food: principles and practices**. New York: Springer, 2010. 596 p.

LAWLOR, D. A.; NESS, A. R. Commentary: the rough world of nutritional epidemiology: does dietary fibre prevent large bowel cancer? **International Journal of Epidemiology**, v. 32, p. 239-243, 2003.

LAWRIE, R. A. **Ciência da carne**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. 384 p.

LECUMBERRI, E. et al. Dietary fibre composition, antioxidant capacity and physico-chemical properties of a fibre-rich product from cocoa (*Theobroma cacao* L.). **Food Chemistry**, v. 104, n. 3, p. 948-954, 2007.

LIMA, J. R. Caracterização físico-química e sensorial de hambúrguer vegetal elaborado a base de caju. **Ciência Agrotécnica**, v. 32, n. 1, p. 191-195, 2008.

LÓPEZ-LÓPEZ, I. et al. Effect of cooking on the chemical composition of low-salt, low-fat Wakame/olive oil added beef paties with special reference to fatty acid content. **Meat Science**, v. 89, n. 1, p. 27-34, 2011.

LYON, B. G.; LYON, C. E. Assessment of three devices used in shear tests of cooked breast meat. **Poultry Science**, v. 77, n. 10, p. 1585-1590, 1998.

MAI, V. et al. Dietary fibre and risk of colorectal cancer in the Breast Cancer Detection Demonstration (BCDDP) follow-up cohort. **International Journal of Epidemiology**, v. 32, p. 234-239, 2003.

MANSOUR, E. H.; KHALIL, A. H. Characteristics of low-fat beefburger as influenced by various types of wheat fibers. **Food Research International**, v. 30, n. 3-4, p. 199-205, 1997.

MANSOUR, E. H.; KHALIL, A. H. Characteristics of low-fat beefburger as influenced by various types of wheat fibers. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 79, n. 4, p. 493-498, 1999.

MARTÍNEZ, B. et al. Evaluation of transglutaminase and caseinate for a novel formulation of beef patties enriched in healthier lipid and dietary fiber. **LWT – Food Science and Technology**, v. 44, n. 4, p. 949-956, 2011.

McKEE, L. H.; LATNER, T. A. Underutilized sources of dietary fiber: a review. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 55, p. 285-304, 2000.

MENDOZA, E. et al. Inulin as fat substitute in low fat, dry fermented sausages. **Meat Science**, v. 57, n. 4, p. 387-393, 2001.

MENEZES, E. W. et al. New information on carbohydrates in the Brazilian food composition database. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 22, n. 5, p. 446-452, 2009.

MINIM, V. P. R. **Análise Sensorial: estudos com consumidores**. Viçosa: Ed. UFV, 2006. 225 p.

NEVES, G. A. R.; SANTANA, M. F. S.; VALENÇA, R. S. F. Capacidade higroscópica de farinhas de diferentes frutas. **Anais do VI Seminário de Iniciação Científica da UFRA e XII Seminário de Iniciação Científica da EMPRAPA Amazônia Oriental**. Manaus: UFRA, 2008.

OAKENFULL, D. Physicochemical properties of dietary fiber: overview. In: CHO, S. S.; DREHER, M. L. (Org.). **Handbook of Dietary Fiber**. New York: Marcel Dekker Inc, 2001. Cap. 13, p. 195-206.

OLIVO, R. **O mundo do frango: cadeia produtiva da carne de frango**. Criciúma: Ed. do autor, 2006. 688 p.

OLIVO, R.; OLIVO, N. **O mundo das carnes: ciência, tecnologia & mercado**. 2 ed. Criciúma: Ed. do autor, 2005. 214 p.

OSAWA, C. C.; FELÍCIO, P. E.; GONÇALVES, L. A. G. Teste de TBA aplicado a carnes e derivados: métodos tradicionais, modificados e alternativos. **Química Nova**, v. 28, n. 4, p. 655-663, 2005.

ÖZVURAL, E. B.; VURAL, H. Utilization of interesterified oil blends in the production of frankfurters. **Meat Science**, v. 78, n. 3, p. 211-216, 2008.

PASSOS, M. H. C. R.; KUAYE, A. Y. Influence of the formulation, cooking time and final internal temperature of beef hamburgers on the destruction of *Listeria monocytogenes*. **Food Control**, v. 13, n. 1, p. 33-40, 2002.

PERLO, F. et al. Physicochemical and sensory properties of chicken nuggets with washed mechanically deboned chicken meat: research note. **Meat Science**, v. 72, n. 4, p. 785-788, 2006.

PIETRASIK, Z.; JANZ, J. A. M. Utilization of pea flour, starch rich and fiber-rich fractions in low fat bologna. **Food Research International**, v. 43, n. 2, p. 602-608, 2010.

PIÑERO, M. P. et al. Effect of oat's soluble fibre (β -glucan) as a fat replacer on physical, chemical, microbiological and sensory properties of low-fat beef patties. **Meat Science**, v. 80, n. 3, p. 675-680, 2008.

PINHEIRO, M. V. S.; PENNA, A. L. B. Substitutos de gordura: tipos e aplicações em produtos lácteos. **Alimentos e Nutrição**, v. 15, n. 2, p. 175-186, 2004.

PRAKONGPAN, T.; NITITHAMYONG, A.; LUANGPITUKSA, P. Extraction and application of dietary fiber and cellulose from pineapple cores. **Journal of Food Science**, v. 67, n. 4, p. 1308-1313, 2002.

PRAYSON, B.; McMAHON, J. T.; PRAYSON, R. A. Fast food hamburgers: what are we really eating? **Annals of Diagnostic Pathology**, v. 12, n. 6, p. 406-409, 2008.

PROSKY, L. What is fibre? Current controversies. **Trends in Food Science and Technology**, v. 10, n. 8, p. 271-275, 1999.

RAHARJO, S.; SOFOS, J. N.; SCHMIDT, G. R. Improved speed, specificity, and limit of determination of an aqueous acid extraction thiobarbituric acid – C₁₈ method for measuring lipid peroxidation in beef. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 40, n. 11, p. 2182-2185, 1992.

RAKHA, A.; AMAN, P.; ANDERSSON, R. Characterisation of dietary fibre components in rye products. **Food Chemistry**, v. 119, n. 3, p. 859-867, 2010.

RALET et al. Sugar beet fiber: production, characteristics, food applications, and physiological benefits. In: CHO, S. S.; SAMUEL, P. **Fiber ingredients: food applications and health benefits**. Boca Raton, FL: CRC Press, 2009. Cap. 16, p. 359-392.

RAMOS, E. M.; GOMIDE, L. A. M. **Avaliação da Qualidade de Carnes: fundamentos e metodologias**, Viçosa: Ed. UFV, 2007. 599 p.

RESURRECCION, A. V. A. Sensory aspects of consumer choices for meat and meat products. **Meat Science**, v. 66, n. 1, p. 11-20, 2003.

ROBERTSON, J. et al. Hydration properties of dietary fibre and resistant starch: a European collaborative study. **Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie**, v. 33, p. 72-79, 2000.

ROCHA, A. et al. Análise sensorial de produto reestruturado (hambúrguer). **Cadernos Temáticos MEC**, n. 25, p. 21-24, 2010.

RODRÍGUEZ, R. et al. Dietary fibre from vegetable products as source of functional ingredients. **Trends in Food Science and Technology**, v. 17, n. 1, p. 3-15, 2006.

RODRÍGUEZ-CARPENA, J. G.; MORCUENDE, D.; ESTÉVEZ, M. Avocado, sunflower oils as replacers of pork back-fat in burger patties: effect on lipid composition, oxidative stability and quality traits. **Meat Science**, v. 90, n. 1, p. 106-115, 2012.

RODRÍGUEZ-CARPENA, J. G.; MORCUENDE, D.; ESTÉVEZ, M. Avocado by-products as inhibitors of color deterioration and lipid and protein oxidation in raw porcine patties subjected to chilled storage. **Meat Science**, v. 89, n. 2, p. 166-173, 2011.

ROLLER, S.; JONES, S. A. **Handbook of fat replacers**, New York: CRC Press, 1996. 664 p.

ROSELL, C. M.; SANTOS, E.; COLLAR, C. Physico-chemical properties of commercial fibres from different sources: a comparative approach. **Food Research International**, v. 42, n. 1, p. 176-184, 2009.

RUUSUNEN, M. et al. Reducing the sodium content in meat products: the effect of the formulation in low-sodium ground meat patties. **Meat Science**, v. 69, n. 1, p. 53-60, 2005.

RUUSUNEN, M.; PUOLANNE, E. Reducing sodium intake from meat products. **Meat Science**, v. 70, n. 3, p. 531-541, 2005.

SAAD, S. M. I. Probióticos e prebióticos: o estado da arte. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 42, n. 1, p. 1-15, 2006.

SADLER, M, J. Meat alternatives – market developments and health benefits. **Trends in Food Science and Technology**, v. 15, n. 5, p. 250-260, 2004.

SALES, R. L. et al. Mapa de preferência de sorvetes ricos em fibras. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, p. 27-31, 2008.

SÁNCHEZ-ALONSO, I.; HAJI-MALEKI, R.; BORDERÍAS, A. J. Effect of wheat fibre in frozen stored fish muscular gels. **European Food Research and Technology**, v. 223, n. 4, p. 571-576, 2006.

SÁNCHEZ-ALONSO, I.; HAJI-MALEKI, R.; BORDERÍAS, A. J. Wheat fiber as a functional ingredient in restructured fish products. **Food Chemistry**, v. 100, n. 3, p. 1037-1043, 2007.

SÁNCHEZ-GONZÁLEZ, I. et al. Raman analysis of surimi gelation by addition of wheat dietary fibre. **Food Chemistry**, v. 112, n. 1, p. 162-168, 2009.

SÁNCHEZ-ZAPATA, E. et al. Effect of tiger nut fibre on quality characteristics of pork burger. **Meat Science**, v. 85, n. 1, p. 70-76, 2010.

SANGNARK, A.; NOOMHORM, A. Effect of particle sizes on functional properties of dietary fibre prepared from sugarcane bagasse. **Food Chemistry**, v. 80, n. 2, p. 221-229, 2003.

SANT'ANA, L. S.; FERNANDES, J. B. Efeito do armazenamento na composição em ácidos graxos de filés de peixe da espécie pacu (*Piaractus mesopotamicus*). **Anais do Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Fortaleza: SBCTA, 2000.

SANTANA, M. F. S. **Caracterização físico-química de fibra alimentar de laranja e maracujá**. 2005. 188 f. Tese (Doutorado) – Curso de Engenharia de Alimentos, Unicamp, Campinas, 2005.

SARIÇOBAN, C.; YILMAZ, M. T.; KARAKAYA, M. Response surface methodology study on the optimization of effects of fat, wheat

bran and salt on chemical, textural and sensory properties of patties. **Meat Science**, v. 83, n. 4, p. 610-619, 2009.

SAURA-CALIXTO, F. Evolución Del concepto de fibra. In: LAJOLO, F. M.; MENEZES, E. W. (Org.). **Carbohidratos en Alimentos Regionales Iberoamericanos**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2006. Cap. 10, p. 235-254.

SÁYAGO-AYERDI, S. G.; BRENES, A.; GOÑI, I. Effect of grape antioxidant dietary fiber on the lipid oxidation of raw and cooked chicken hamburgers. **LWT – Food Science and Technology**, v. 42, n. 5, p. 971-976, 2009.

SCHEPPACH, W. et al. Antiinflammatory and anticarcinogenic effect of dietary fiber. **Clinical Nutrition Supplements**, v. 1, p. 51-58, 2004.

SCHIEBER, A.; STINTZING, F. C.; CARLE, R. By-products of plant food processing as a source of functional compounds – recent developments. **Trends in Food Science and Technology**, v. 12, p. 401-413, 2001.

SEMBRIES, S. et al. Effects of dietary fibre-rich juice colloids from apple pomace extraction juices on intestinal fermentation products and microbiota in rats. **British Journal of Nutrition**, v. 90, n. 3, p. 607-615, 2003.

SENDRA, E. et al. Viscoelastic properties of orange fiber enriched yogurt as a function of fiber dose, size and thermal treatment. **LWT – Food Science and Technology**, v. 43, n. 4, p. 708-714, 2010.

SERDAROGLU, M. Improving low fat meatball characteristics by adding whey powder. **Meat Science**, v. 72, n. 1, p. 155-163, 2006a.

SERDAROGLU, M. The characteristics of beef patties containing different levels of fat and oat flour. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 41, p. 147-153, 2006b.

SERRANO, A.; COFRADES, S.; JIMÉNEZ-COLMENERO, F. Characteristics of restructured beef steak with different proportions of walnut during frozen storage. **Meat Science**, v. 72, n. 1, p. 108-115, 2006.

SERRANO, E. L.; JEDDA, V. B. Comparison of fast-food and non-fast-food children's menu items. **Journal of Nutrition Education and Behaviour**, v. 41, n. 2, p. 132-137, 2009.

SHEARD, P. R. et al. Shelf life and quality of pork and pork products with raised n-3 PUFA. **Meat Science**, v. 55, n. 2, p. 213-221, 2000.

SHUM, A. L. **Examining the bubble structure and antioxidant activity of pea fibre-enriched bread using image and texture analysis, ultrasound techniques and antioxidant assays**. 2011. 165 f. Dissertação (mestrado) – Department of Food Science, University of Manitoba, Winnipeg, 2011.

SOSULSKI, F. W.; WU, K.K. High-fiber breads containing field pea hulls, wheat, corn and wild oat brans. **Cereal Chemistry**, v. 65, n. 3, p. 186-191, 1988.

SOUKOLIS, C.; LEBESI, D.; TZIA, C. Enrichment of ice cream with dietary fibre: effects on rheological properties, ice crystallization and glass phenomena. **Food Chemistry**, v. 115, n. 2, p. 665-671, 2009.

SPILLER, G. A.; SPILLER, M. Correlations of transit time to a critical fecal weight (CFW) and to substances associated with dietary fiber. In: SPILLER, G. A. **CRC Handbook of Dietary Fiber in Human Nutrition**. 3 ed. Boca Raton: CRC Press LLC, 2001. Cap. 4.5.

STAFFOLO, M. D. et al. Influence of dietary fiber addition on sensory and rheological properties of yogurt. **International Dairy Journal**, v. 14, n. 3, p. 263-268, 2004.

STEENBLOCK, R. L. et al. The effects of oat fiber on the properties of light bologna and fat-free frankfurters. **Journal of Food Science**, v. 66, n. 9, p. 1409-1415, 2001.

TALUKDER, S.; SHARMA, D. P. Development of dietary fiber rich chicken meat patties using wheat and oat bran. **Journal of Food Science and Technology**, v. 47, n. 2, p. 224-229, 2010.

TERRA, N. N.; CICHOSKI, A. J.; FREITAS, R. J. S. Valores de nitrito e TBARS durante o processamento e armazenamento da paleta suína curada, maturada e fermentada. **Ciência Rural**, v. 36, n. 3, p. 965-970, 2006.

THOMAS, R.; ANJANEYULU, A. S. R.; KONDAIAH, N. Quality and shelf life evaluation of emulsion and restructured buffalo meat nuggets at cold storage. **Meat Science**, v. 72, n. 3, p. 373-379, 2006.

TOKUR, B. et al. Changes in the quality of fishburger produced from tilapia (*Oreochromis niloticus*) during frozen storage (-18°C). **European Food Research and Technology**, v. 218, n. 5, p. 420-423, 2003.

TOKUSOGLU, O.; ÜNAL, K. Fat replacers in meat products. **Pakistan Journal of Nutrition**, v. 2, n. 3, p. 196-203, 2003.

TOMA, A. et al. Children's acceptance, nutritional and instrumental evaluations of whole grain and soluble fiber enriched foods. **Journal of Food Science**, v. 74, n. 5, p. 139-146, 2009.

TRINIDAD, T. P. et al. Dietary fiber from coconut flour: a functional food. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 7, n. 4, p. 309-317, 2006.

TROWELL, H. Ischemic heart disease and dietary fiber. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 25, p. 926-932, 1972.

TROY, D. J.; DESMOND, E. M.; BUCKLEY, D. J. Eating quality of low-fat beef burgers containing fat-replacing functional blends. **Journal of Science of Food and Agriculture**, v. 79, n. 4, p. 507-516, 1999.

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. 3, n. 3, p. 90-109, 2002.

TURHAN, S.; SAGIR, I.; USTUN, N. S. Utilization of hazelnut pellicle in low fat beef burgers. **Meat Science**, v. 71, n. 2, p. 312-316, 2005.

ULU, H. Effects of carrageenan and guar gum on the cooking and textural properties of low fat meatballs. **Food Chemistry**, v. 95, n. 4, p. 600-605, 2006.

VALSTA, L. M.; TAPANAINEN, H.; MANNISTO, S. Meat fats in nutrition. **Meat Science**, v. 70, n. 2, p. 525-530, 2005.

VELIOGLU, H. M. et al. Investigating the effects of ingredient levels on physical quality properties of cooked hamburger patties using response surface methodology and image processing technology. **Meat Science**, v. 84, n. 3, p. 477-483, 2010.

VERMA, A. K.; SHARMA, B. D.; BANERJEE, R. Effect of sodium chloride replacement and apple pulp inclusion on the physico-chemical, textural and sensory properties of low fat chicken nuggets. **LWT – Food Science and Technology**, v. 43, n. 4, p. 715-719, 2010.

VICTORINO, L. C. S. **Efeito da adição de fibras sobre as propriedades tecnológicas de emulsões com altos teores de carne de frango mecanicamente separada**. 2008. 140 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia de Alimentos, Unicamp, Campinas, 2008.

VITAGLIONE, P.; NAPOLITANO, A.; FOGLIANO, V. Cereal dietary fibre: a natural functional ingredient to deliver phenolic compounds into the gut. **Trends in Food Science and Technology**, v. 19, n. 9, p. 451-463, 2008.

VITALI, D.; DRAGOJEVIC, I. V.; SEBECIC, B. Effects of incorporation of integral raw materials and dietary fibre on the selected nutritional and functional properties of biscuits. **Food Chemistry**, v. 114, n. 4, p. 1462-1469, 2009.

VIUDA-MARTOS, M. et al. Effect of added citrus fibre and spice essential oils on quality characteristics and shelf-life of mortadella. **Meat Science**, v. 85, n. 3, p. 568-576, 2010a.

VIUDA-MARTOS, M. et al. Effect of orange dietary fibre, oregano essential oil and packaging conditions on shelf-life of bologna sausages. **Food Control**, v. 21, n. 4, p. 436-443, 2010b.

WAN ROSLI, W. I. et al. Colour, textural properties, cooking characteristics and fibre content of chicken patty added with oyster mushroom (*Pleurotus sajor-caju*). **International Food Research Journal**, v. 18, n. 2, p. 612-618, 2011.

WASZKOWIAK, K.; SZYMANDERA-BUSZKA, K. The application of wheat fibre and soy isolate impregnated with iodine salts to fortify processed meats. **Meat Science**, v. 80, n. 4, p. 1340-1344, 2008.

WEISS, J. et al. Advances in ingredient and processing systems for meat and meat products. **Meat Science**, v. 86, n. 1, p. 196-213 2010.

WONG, K. H.; CHEUNG, P. C. K. Enzymatic preparation of mushroom dietary fibre: a comparison between analytical and industrial enzymes. **Food Chemistry**, v. 115, n. 3, p. 795-800, 2009.

WONG, K.; CHEUNG, P. C. K. Dietary fibers from Mushroom Sclerotia: 1. Preparation and physicochemical and functional properties. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, n. 24, p. 9395-9400, 2005.

WYLIE-ROSETT, J. Fat substitutes and health: an advisory from the Nutrition Committee of the American Heart Association. **Circulation**, n. 105, p. 2800-2804, 2002.

XU, J. et al. Multiple-particle tracking study of microheterogeneity of Nutrim-10 suspensions. **Cereal Chemistry**, v. 83, n. 1, p. 37-41, 2006.

YILDIZ-TURP, G.; SERDAROGLU, M. Effects of using plum puree on some properties of low fat beef paties. **Meat Science**, v. 86, n. 4, p. 896-900, 2010.

YILMAZ, I. Effects of rye bran addition on fatty acid composition and quality characteristics of low-fat meatballs. **Meat Science**, v. 67, n. 2, p. 245-249, 2004.

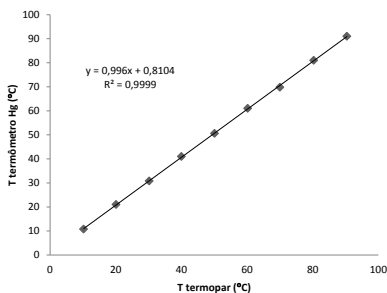
YILMAZ, I.; DAGLIOGLU, O. The effect of replacing fat with bran on fatty acid composition and physicochemical properties of meatballs. **Meat Science**, v. 65, n. 2, p. 819-823, 2003.

YOON, K. S. Texture and microstructure properties of frozen chicken breasts pretreated with salt and phosphate solutions. **Poultry Science**, v. 81, n. 12, p. 1910-1915, 2002.

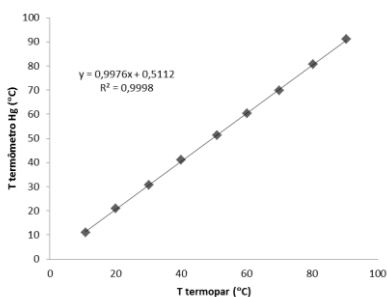
ZHANG, W. et al. Improving functional value of meat products. **Meat Science**, v. 86, n. 1, p. 15-31, 2010.

APÊNDICE A – CURVAS DE CALIBRAÇÃO PARA OS TERMOPARES UTILIZADOS NOS PROCESSOS DE COZIMENTO E PRÉ-FRITURA DESTE TRABALHO

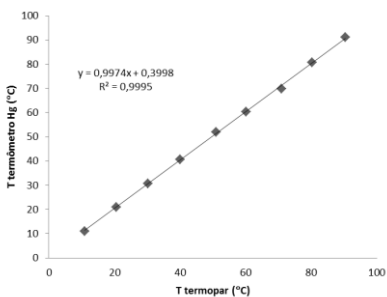
Figura A – Curvas de calibração para os termopares: a) termopar 1; b) termopar 2; c) termopar 3



a)



b)



c)

APÊNDICE B – AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA E FICHA DE AVALIAÇÃO SENSORIAL DOS HAMBÚRGUERES DESENVOLVIDOS COM E SEM FIBRAS VEGETAIS ADICIONADAS COMO SUBSTITUTO DE GORDURA

Tabela B1 – Contagem de coliformes a 45°C (UFC/g), estafilococcus coagulase positiva (UFC/g), *Salmonella* sp. (em 25 gramas) e clostrídios sulfito redutores (UFC/g) dos hambúrgueres elaborados previamente à análise sensorial com provadores.

Exp	Coliformes a 45°C	Estafilococcus coagulase positiva	<i>Salmonella</i> sp.	Clostrídios sulfito redutores
C	< 10	< 100	Ausente	< 10
1	< 10	< 100	Ausente	< 10
2	< 10	< 100	Ausente	< 10
3	7,0 X 10 ¹	< 100	Ausente	< 10
4	< 10	< 100	Ausente	< 10
5	< 10	< 100	Ausente	< 10
6	< 10	< 100	Ausente	< 10
7	< 10	< 100	Ausente	< 10
8	< 10	< 100	Ausente	< 10
9	< 10	< 100	Ausente	< 10
10	< 10	< 100	Ausente	< 10
11	< 10	< 100	Ausente	< 10
12	< 10	< 100	Ausente	< 10
13	< 10	< 100	Ausente	< 10
14	< 10	< 100	Ausente	< 10
15	3,5 X 10 ¹	< 100	Ausente	< 10

Tabela B2 – Contagem de coliformes a 45°C (UFC/g), estafilococos coagulase positiva (UFC/g), *Salmonella* sp. (em 25 gramas) e clostrídios sulfito redutores (UFC/g) dos empanados elaborados previamente à análise sensorial com provedores.

Exp	Coliformes a 45°C	Estafilococcus coagulase positiva	<i>Salmonella</i> sp.	Clostrídios sulfito redutores
C	< 10	< 100	Ausente	< 10
T	< 10	< 100	Ausente	< 10

Figura B1 – Modelo da ficha utilizada pelos provedores para avaliação sensorial dos hambúrgueres desenvolvidos neste trabalho.

Ficha de avaliação

Nome: _____ Data: _____

Por favor, avalie cada uma das amostras codificadas e responda às questões de acordo com a escala abaixo para indicar o quanto você gostou ou desgostou de cada atributo do produto:

7 – Gostei muitíssimo

6 – Gostei muito

5 – Gostei ligeiramente

4 – Não gostei nem desgostei

3 – Desgostei ligeiramente

2 – Desgostei muito

1 – Desgostei muitíssimo

Atributo	Amostra 352	Amostra 415	Amostra 289	Amostra 631
Aparência				
Odor				
Sabor				
Textura				
Aceitabilidade geral				

Comentários:

APÊNDICE C – FICHA DE AVALIAÇÃO SENSORIAL DOS EMPANADOS DESENVOLVIDOS COM E SEM FIBRAS VEGETAIS ADICIONADAS COMO SUBSTITUTO DE GORDURA

Figura C1 – Modelo da ficha utilizada pelos provadores para avaliação sensorial dos empanados desenvolvidos neste trabalho.

Ficha de avaliação

Nome: _____ Data: _____

Por favor, avalie cada uma das amostras codificadas e responda às questões de acordo com a escala abaixo para indicar o quanto você gostou ou desgostou de cada atributo do produto:

7 – Gostei muitíssimo

6 – Gostei muito

5 – Gostei ligeiramente

4 – Não gostei nem desgostei

3 – Desgostei ligeiramente

2 – Desgostei muito

1 – Desgostei muitíssimo

Atributo	Amostra 720	Amostra 291
Aparência		
Odor		
Sabor		
Textura		
Aceitabilidade geral		

Comentários:

APÊNDICE D – ANÁLISES ESTATÍSTICAS REALIZADAS PARA A OBTENÇÃO DOS MODELOS MATEMÁTICOS APRESENTADOS NESTE TRABALHO

Tabela D1 – Coeficientes de regressão para o modelo matemático para o valor de % de rendimento do DCCR ($R^2 = 0,7321$) ($p < 0,05$).

Fator	Coefficiente de regressão	Erro padrão	P	LI (95%)	LS (95%)
Média	78,97	1,49	0,00	75,96	81,97
Bambu (L)	8,07	1,44	0,00	5,15	10,98
Bambu (Q)	-1,68	0,54	0,00	-2,78	-0,58
Trigo (L)	6,82	1,44	0,00	3,90	9,74
Trigo (Q)	-1,81	0,54	0,00	-2,91	-0,71
Ervilha (L)	6,23	1,44	0,00	3,31	9,15
Ervilha (Q)	-1,57	0,54	0,01	-2,67	-0,47
B x T	-1,50	0,64	0,02	-2,79	-0,21
B x E	-1,45	0,64	0,03	-2,74	-0,16
T x E	-0,24	0,64	0,71	-1,53	1,05

Tabela D2 – Análise de variância do modelo matemático para o percentual de rendimento do DCCR ($R^2 = 0,7321$) ($p < 0,05$).

Fonte de variação	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Média quadrática	F calc	F tab
Regressão	142,1561	9	17,2714	13,61	2,12
Resíduos	52,0235	41	1,2689		
Total	194,1796				

Tabela D3 – Coeficientes de regressão para o modelo matemático para o valor de % de encolhimento do DCCR ($R^2 = 0,7445$) ($p < 0,05$).

Fator	Coefficiente de regressão	Erro padrão	P	LI (95%)	LS (95%)
Média	2,75	1,28	0,04	0,18	5,33
Bambu (L)	-2,80	1,24	0,03	-5,30	-0,31

Bambu (Q)	0,69	0,47	0,15	-0,26	1,63
Trigo (L)	-2,71	1,24	0,03	-5,21	-0,21
Trigo (Q)	0,78	0,47	0,10	-0,16	1,72
Ervilha (L)	8,55	1,24	0,00	6,06	11,05
Ervilha (Q)	-1,29	0,47	0,01	-2,23	-0,35
B x T	3,61	0,55	0,00	2,50	4,71
B x E	-2,32	0,55	0,00	-3,43	-1,22
T x E	-2,89	0,55	0,00	-3,99	-1,78

Tabela D4 – Análise de variância do modelo matemático para o percentual de encolhimento do DCCR ($R^2 = 0,7445$) ($p < 0,05$).

Fonte de variação	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Média quadrática	F calc	F tab
Regressão	111,1085	9	11,8252	12,71	2,12
Resíduos	38,1200	41	0,9298		
Total	149,2285				

Tabela D5 – Coeficientes de regressão para o modelo matemático para o valor de dureza (kgf) do DCCR ($R^2 = 0,8161$) ($p < 0,05$).

Fator	Coefficiente de regressão	Erro padrão	P	LI (95%)	LS (95%)
Média	4,12	0,51	0,00	3,12	5,13
Bambu (L)	2,30	0,49	0,00	1,32	3,27
Bambu (Q)	-0,71	0,19	0,00	-1,08	-0,35
Trigo (L)	2,02	0,49	0,00	1,05	3,00
Trigo (Q)	-1,34	0,19	0,00	-1,71	-0,97
Ervilha (L)	8,48	0,49	0,00	7,50	9,45
Ervilha (Q)	-2,65	0,19	0,00	-3,02	-2,29
B x T	2,16	0,22	0,00	1,73	2,59
B x E	-1,91	0,22	0,00	-2,34	-1,48
T x E	-1,12	0,22	0,00	-1,55	-0,69

Tabela D6 – Análise de variância do modelo matemático para o valor de dureza (kgf) do DCCR ($R^2 = 0,8161$) ($p < 0,05$).

Fonte de variação	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Média quadrática	F calc	F tab
Regressão	219,4766	9	26,8043	68,27	1,88
Resíduos	49,4725	126	0,3926		
Total	268,9491				

Tabela D7 – Coeficientes de regressão para o modelo matemático para o valor de mastigabilidade (kgf.mm) do DCCR ($R^2 = 0,7433$) ($p < 0,05$).

Fator	Coefficiente de regressão	Erro padrão	P	LI (95%)	LS (95%)
Média	0,77	0,23	0,00	0,30	1,23
Bambu (L)	1,06	0,23	0,00	0,61	1,51
Bambu (Q)	-0,27	0,09	0,00	-0,44	-0,10
Trigo (L)	0,68	0,23	0,00	0,23	1,13
Trigo (Q)	-0,54	0,09	0,00	-0,71	-0,37
Ervilha (L)	3,14	0,23	0,00	2,69	3,59
Ervilha (Q)	-0,93	0,09	0,00	-1,10	-0,76
B x T	0,75	0,10	0,00	0,55	0,95
B x E	-0,83	0,10	0,00	-1,03	-0,63
T x E	-0,39	0,10	0,00	-0,59	-0,19

Tabela D8 – Análise de variância do modelo matemático para o valor de mastigabilidade (kgf.mm) do DCCR ($R^2 = 0,7433$) ($p < 0,05$).

Fonte de variação	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Média quadrática	F calc	F tab
Regressão	30,7047	9	3,7652	44,74	1,88
Resíduos	10,6032	126	0,0842		
Total	41,3079				

ANEXO A – CERTIFICADO DE APROVAÇÃO DO PROJETO DESTE ESTUDO PELO COMITÊ DE ÉTICA DE PESQUISA COM SERES HUMANOS (CEPSH) DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

Imprimir Certificado

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
 Pró-Reitoria de Pesquisa e Extensão
 Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos



CERTIFICADO Nº 1855

O Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos (CEPSH) da Pró-Reitoria de Pesquisa e Extensão da Universidade Federal de Santa Catarina, instituído pela PORTARIA N.º 0384/GR.99 de 04 de novembro de 1999, com base nas normas para a constituição e funcionamento do CEPSH, considerando o conteúdo no Regimento Interno do CEPSH, **CERTIFICA** que os procedimentos que envolvem seres humanos no projeto de pesquisa abaixo especificado estão de acordo com os princípios éticos estabelecidos pela Comissão Nacional de Ética em Pesquisa – CONEP.

APROVADO

PROCESSO: 1855

FR: 408307

TÍTULO: Desenvolvimento de produtos cárneos reestruturados (hambúrguer e empapanado de frango) com adição de fibras vegetais como substitutos de gordura

AUTOR: SANDRA REGINA SALVADOR FERREIRA, Eduardo Huber

FLORIANÓPOLIS, 25 de Abril de 2011.

 Coordenador do CEPSH/UFSC

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA