UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS
Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos
Área de Bromatologia

Aplicação de fibra obtida da polpa da laranja na elaboração de
mortadela de frango

Rodicler Cerezoli Bortoluzzi

Tese para obtenção do grau de
DOUTOR

Orientador:
Prof. Dr. Massami Shimokomaki

São Paulo
2009

Ficha Catalográfica

Elaborada pela Divisão de Biblioteca e
Documentação do Conjunto das Químicas da USP.

Bortoluzzi, Rodicler Cerezoli

B739a Aplicação de fibra obtida da polpa da laranja na elaboração
de mortadela de frango / Rodicler Cerezoli Bortoluzzi. - - São
Paulo, 2009.

83 p.

Tese (doutorado) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas
da Universidade de São Paulo. Departamento de Alimentos e
Nutrição Experimental

Orientador: Shimokomaki, Massami

1. Carne de frango: Processamento : Tecnologia de alimentos
2. Emulsão : Tecnologia química 3. Fibras vegetais : Ciência
dos alimentos 4. Análise sensorial : Ciência dos alimentos
5. Alimento : Microscopia : Tecnologia I. T. II. Shimokomaki,
Massami, orientador

664.93 CDD

Rodicler Cerezoli Bortoluzzi

Aplicação de fibra obtida da polpa da laranja na elaboração de
mortadela de frango

Comissão Julgadora
da
Tese para obtenção do grau de Doutor

Prof. Dr. Massami Shimokomaki
Orientador/Presidente

Profa. Dra. Ursula Maria Lanfer Marquez
1º. examinador

Prof. Dr. Marcos Franke Pinto
2º. examinador

Prof. Dr. Flávio Finardi Filho
3º. examinador

Profa. Dra. Carmen Josefina Contreras Castillo
4º. examinador

São Paulo, 19 de junho de 2009.

Janus

Universidade de São Paulo

RELATÓRIO DE DEFESA

Aluno: 9131 - 1806720 - 3 / Página 1 de 1

Relatório de defesa pública de Tese do(a) Senhor(a) Rodicler Cerezoli Bortoluzzi no Programa: Ciência dos Alimentos, do(a) Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo.

Aos 19 dias do mês de junho de 2009, no(a) realizou-se a Defesa da Tese do(a) Senhor(a) Rodicler Cerezoli Bortoluzzi, apresentada para a obtenção do título de Doutor intitulada:

"Aplicação de fibra obtida da polpa da laranja na elaboração de mortadela de frango"

Após dedarada aberta a sessão, o(a) Sr(a) Presidente passa a palavra ao candidato para exposição e a seguir aos examinadores para as devidas arguições que se desenvolvem nos termos regimentais. Em seguida, a Comissão Julgadora proclama o resultado:

Nome dos Participantes da Banca	Função	Sigla da CPG	Resultado
Massami Shimokomaki	Presidente	FCF - USP	aprovado
Ursula Maria Lanfer Marquez	Titular	FCF - USP	APROVADA
Marcos Franke Pinto	Titular	UNESP - Externo	APROVADA
Flavio Finardi Filho	Suplente	FCF - USP	APROVADO
Carmen Josefina Contreras Castillo	Suplente	ESALQ - USP	A PROVA DO

Resultado Final:

Parecer da Comissão Julgadora *

Eu, Elaine Midori Yoshico, lavrei a presente ata, que assino juntamente com os(as) Senhores(as). São Paulo, aos 19 dias do mês de junho de 2009.

Ursula Maria Lanfer Marquez

Flavio Finardi Filho

Marcos Franke Pinto

Carmen Josefina Contreras Castillo

Massami Shimokomaki

Presidente da comissão julgadora

* Obs: Se o candidato for reprovado por algum dos membros, o preenchimento do parecer é obrigatório.

O título foi homologado pela Comissão de Pós-Graduação em 24/06/09 e, portanto, o(a) aluno(a) faz jus ao título de Doutor em Ciência dos Alimentos obtido no Programa Ciência dos Alimentos - Área de concentração: Bromatologia.

Presidente da Comissão de Pós-Graduação

Dedico este trabalho aos meus filhos
Gabriel e Ana Clara

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela graça de poder compartilhar da companhia de pessoas tão especiais e por possibilitar mais esse avanço na minha formação profissional.

A todos que, direta ou indiretamente, colaboraram na realização deste trabalho e, de forma especial:

A todo o corpo diretivo da Cooperativa Central Oeste Catarinense, em especial ao Sr. Mario Lansnaster pelo estímulo constante na busca de novos conhecimentos e também por permitir, a realização de parte deste trabalho, em suas instalações.

Ao Departamento de Alimentos e Nutrição Experimental, FCF/USP, onde fui bem recebida e consegui apoio para realizar este curso.

Ao Prof. Dr. Massami Shimokomaki, pela orientação, amizade e oportunidade de realizar este programa de doutorado.

A todos os membros da banca, pelas sugestões e correções, que muito valorizaram este trabalho.

Ao Prof. Dr. Francisco J. Hernandez Blazquez, pela orientação e auxílio na realização das análises microscópicas.

Ao Prof. Rubison Olivo, ao Fabio Franco e à Juliane Schneider, pelas sugestões e colaboração na elaboração deste trabalho.

À Cassiana Kissel, pelo auxílio na realização das análises de cor.

A todos os funcionários e estagiários do departamento de P&D da Aurora, que colaboraram para a realização deste trabalho, em especial aos colegas Rodrigo e Hiandra.

À Cristiane Marangoni um agradecimento especial, pela colaboração em todas as etapas deste trabalho.

À Profa. Helen, aos colegas Roger e Rosa auxílio na avaliação estatística.

A todos os colegas e amigos da pós-graduação, em especial à Mariana e à Viviane.

À J. Rettenmaier & Sohne e Danisco Sugar/Trexco, pelo fornecimento das fibras.

Aos meus pais, pela minha formação e aos meus familiares, pelo incentivo constante.

Ao João Francisco, ao Gabriel e à Ana Clara, pela confiança, apoio e por todos os momentos de alegria.

BORTOLUZZI, R. C. **Aplicação de fibra obtida da polpa da laranja na elaboração de mortadela de frango**. 2009. 86p. [Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil, 2009].

RESUMO

Os subprodutos do processamento de laranja representam sérios problemas de contaminação ao meio ambiente, mas estudos os apontam como alternativas promissoras, como ingredientes para a indústria alimentícia, devido ao seu elevado teor de fibra e pectina. Este trabalho teve o objetivo de estudar as propriedades funcionais da fibra obtida da polpa da laranja e sua aplicação em mortadelas de frango com baixo teor de gordura. A fibra da laranja foi obtida do processamento de suco concentrado, com granulometrias de 1.322m μ (grossa), 786m μ (média) e 447 m μ (fina). O resultado da composição da fibra foi de 45,6% de fibra total, 26,8% de fibra insolúvel, 18,8% de fibra solúvel e 11,2% de pectina. Com relação às propriedades funcionais, a fibra “grossa” apresentou maior capacidade de reter água ($p<0,05$) às demais estudadas. A estabilidade da emulsão para as aplicações de 1, 2 e 3% de fibra apresentou resultado superior para a fibra “fina”, não apresentando diferença significativa ($p>0,05$) da fibra de trigo, porém significativamente ($p<0,05$) superior ao controle (sem adição de fibras). Concentrações de 1,0 e 3,0% de fibra fina foram utilizadas para se obter mortadelas de frango com teor reduzido de gordura (4 e 16%), através do planejamento fatorial, sendo comparadas com uma formulação controle contendo 24% de gordura. No nível de 3% de fibra ocorreu aumento de valor b^* , intensificando a cor amarela das mortadelas. A formulação (F3), com 1% de fibra e 4% de gordura, apresentou a melhor aceitação em todos os testes sensoriais realizados. A adição de fibras afetou significativamente ($p<0,05$) o resultado de gordura e o valor calórico. Os valores de pH, aw e estabilidade microbiológica mantiveram-se estáveis no período de estocagem (três meses sob refrigeração). Na microscopia, os produtos com fibra revelaram íntima associação entre fibra e glóbulos de gordura, resultando em emulsão cárnea estável, embora a reação com a fração protéica não esteja totalmente entendida. Concluímos que há possibilidade de produzir ingredientes a partir do resíduo do suco de laranja para serem utilizados como agente emulsionante para estabilizar produtos cárneos emulsionados sem prejudicar as propriedades funcionais da carne, mantendo suas características de sabor e aroma e com benefícios econômicos.

Palavras-chave: mortadela de frango, fibra de laranja, microscopia, emulsões cárneas, análise sensorial.

BORTOLUZZI, R. C. **Orange pulp fiber application in the broiler chicken mortadella processing.** 2009. 86p. [Pharmaceutical Science School, University of São Paulo, São Paulo, Brazil, 2009].

ABSTRACT

Orange by-products from orange juice production represent deleterious and ecological problems to the environment. However reports have been pointed out a promising role as ingredients for food production by being relevant sources of fiber and pectin. This work aims to evaluate the fibers functional properties obtained from orange pulp and its application in a light emulsion poultry product as mortadella. The orange fiber was obtained from concentrated orange juice residue under different sizes of granulometry of 1322 μ m (thick size) 786 μ m (middle size) and 447 μ m (thin size). This residue presented a total fiber amount of 45.6% being insoluble fiber fraction of 26.8%, soluble fiber fraction of 18.8% and pectin fraction of 11.2%. In relation to functional properties, the thick fiber presented highest water holding capacity in comparison to the others. The emulsion stability (ES) by the use of 1.0, 2.0, and 3.0% of thin fiber presented superior result although not different in relation to wheat fiber and higher in relation to the control formulation without fiber ($p < 0.05$). One to 3.0% of thin fiber concentrations were used to obtain poultry mortadella with reduced amount of fat, 4.0% and 16.0%, respectively, defined by a factorial planning statistic and comparing to the control formulation of 24.0% fat. Results showed that at the level of 3.0% there was an increase of b^* value meaning the increase of mortadella yellow color. The formulation containing 1.0% fiber and 4.0% fat was the product most accepted by the panelists in every attribute evaluated. The fiber addition affected the final result of fat content and caloric value classifying the product as a light meat product. Moreover, values of pH and a_w did not altered and microbiologically this product was stable (3 months of storage under refrigeration). Under microscopy, the fiber-meat product revealed an intimate association between the fiber and fat globule although a possibility of reacting to protein fraction is not ruled out thus helping to stabilize the meat emulsion. In conclusion, our results show the possibility of producing orange juice residue ingredients to use as emulsifier agents in order to stabilize the meat emulsion products without sacrificing their meat functional properties keeping their typical taste and flavour with economical benefits.

Keywords: chicken mortadella, orange fiber, microscopy, meat emulsion, sensorial analysis.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

	Pág.
Figura 1. Fluxograma de industrialização do suco de laranja concentrado com indicação de ponto de coleta da polpa	18
Figura 2. Fotografia da polpa de laranja retirada da extratora obtida em resolução de 7,2 <i>megapixels</i> e qualidade de impressão de 600dpi	19
Figura 3. Disposição da polpa de laranja nas bandejas de secagem da estufa piloto obtida em resolução de 7,2 <i>megapixels</i> e qualidade de impressão de 600dpi	19
Figura 4. Vista frontal da estufa piloto, com o arranjo de bandejas de polpa de laranja e fluxo de ventilação	20
Figura 5. Parâmetro da secagem da polpa da laranja: (a) programa de secagem em estufa piloto (tempo x temperatura no cento da estufa) e (b) curva de perda de umidade da polpa da laranja em função do tempo de secagem.....	21
Figura 6. Ilustração da moagem da fibra após secagem em cutter obtida em resolução de 7,2 <i>megapixels</i> e qualidade de impressão de 600dpi	22
Figura 7. Ilustração da fibra de laranja após secagem e trituração obtida em resolução de 7,2 <i>megapixels</i> e qualidade de impressão de 600dpi	23
Figura 8. Fluxograma das etapas do processo de elaboração de mortadela de frango.....	30
Figura 9. Fotografia da cabine utilizada para realização das análises sensoriais	35
Figura 10. Modelo de ficha utilizada para teste de escala hedônica	36
Figura 11. Fotografia da apresentação das amostras para o teste de escala hedônica.....	36
Figura 12. Modelo da ficha utilizada para o teste de intenção de compra	37
Figura 13. Modelo de ficha utilizada para o teste de escala do ideal	37
Figura 14. Fotografia da apresentação das amostras para escala do ideal .	38
Figura 15. Comparativo do comportamento entre as fibras de laranja “fina”, “média” e “grossa” obtidas neste experimento e das fibras comerciais nos níveis de aplicação de 1, 2 e 3% com relação à estabilidade de emulsão	46

Figura 16.	Superfície de resposta para o atributo gordura do delineamento 2 ³ , em função das variáveis água e fibra (a), gordura e fibra (b) e gordura e água (c).....	51
Figura 17.	Superfície de resposta para o atributo valor calórico do delineamento 2 ³ , em função das variáveis água e fibra (a), gordura e fibra (b) e gordura e água (c).....	54
Figura 18.	Diagrama de Pareto da análise dos efeitos dos ingredientes testados na resposta amido	56
Figura 19.	Superfície de resposta para o atributo textura do delineamento 2 ³ , em função das variáveis água e fibra (a), gordura e fibra (b) e gordura e água (c).....	60
Figura 20.	Fotografia das mortadelas fatiadas em 1,5cm e expostas à luz natural, obtida em resolução de 7,2 <i>megapixels</i> e qualidade de impressão de 600dpi	61
Figura 21.	Representação gráfica das médias obtidas da análise sensorial das mortadelas a partir da escala hedônica	65
Figura 22.	Histogramas dos valores obtidos para sabor residual de laranja na escala do ideal na avaliação mortadelas	66
Figura 23.	Histogramas dos valores obtidos para sabor ácido na escala do ideal na avaliação mortadelas	67
Figura 24.	Histogramas dos valores obtidos para brilho na escala do ideal na avaliação mortadelas	67
Figura 25.	Resultado do teste de intenção de compra das mortadelas de frango(%)	68
Figura 26.	Microscopia óptica da formulação controle (sem adição de fibra) com objetiva de 20 vezes (a) e 40 vezes (b), com qualidade de impressão de 600dpi	74
Figura 27.	Microscopia óptica da formulação controle (sem adição de fibra) (a) e formulação F3 (1% de fibra, 4% de gordura) (b) com objetiva de 10 vezes, com qualidade de impressão de 600dpi ...	74
Figura 28.	Microscopia óptica da formulação F8 (3% de fibra, 16% de gordura) com aumento de 20 vezes (a) e com objetiva de 40 vezes (b) (na mesma imagem), com qualidade de impressão de 600dpi	75
Figura 29.	Microscopia óptica com aumento de 40 vezes da formulação controle (24% de gordura) (a) e da F3 (4% de gordura) (b) com coloração <i>Sudan Black</i> , com qualidade de impressão de 600dpi	75

LISTA DE TABELAS

	Pág.
Tabela 1. Tamanho das partículas da fibra de laranja após secagem e trituração (mμ).....	22
Tabela 2. Composição da massa cárnea (em %) elaborada para medir a estabilidade da emulsão.....	24
Tabela 3. Variáveis e níveis de variação do planejamento composto 2^3	28
Tabela 4. Variáveis da formulação básica das mortadelas do planejamento 2^3 e da formulação controle (em %).....	29
Tabela 5. Programa de cozimento das mortadelas.....	31
Tabela 6. Resultados físico-químicos da fibra de laranja obtida neste experimento e das fibras comerciais	42
Tabela 7. Resultados da composição das frações de fibras: total, insolúvel, solúvel e pectina(%)	43
Tabela 8. Comportamento da capacidade de retenção de água (CRA) das fibras de laranja com três tipos de granulometria e de marcas comerciais, expressas em quantidade de água absorvida (g) por uma grama de fibra (fibra:água).	45
Tabela 9. Composição química aproximada das mortadelas de frango	48
Tabela 10. Análise de efeitos para o atributo gordura do delineamento 2^3	49
Tabela 11. Análise de variância do modelo matemático para o atributo gordura do delineamento 2^3	50
Tabela 12. Avaliação do valor calórico das mortadelas e redução calórica (em %) das formulações em relação ao controle	52
Tabela 13. Análise de efeitos para o atributo valor calórico do delineamento 2^3	52
Tabela 14. Análise de variância do modelo matemático para o atributo valor calórico do delineamento 2^3	53
Tabela 15. Determinação de amido das mortadelas.....	55

Tabela 16.	Determinação do perfil de textura das mortadelas através da análise de firmeza (g/cm ²)	57
Tabela 17.	Análise de efeitos para o atributo textura do delineamento 2 ³	58
Tabela 18.	Análise de variância do modelo matemático para o atributo textura	59
Tabela 19.	Avaliação objetiva de cor das mortadelas.....	62
Tabela 20.	Médias das notas obtidas na avaliação sensorial das mortadelas através da escala hedônica	64
Tabela 21.	Resultado médio do teste de intenção de compra das mortadelas de frango.....	68
Tabela 22.	Avaliação de atividade de água (Aa) das mortadelas durante o período de estocagem de 90 dias a 5°C	69
Tabela 23.	Avaliação de pH das mortadelas durante o período de estocagem de 90 dias a 5°C	70
Tabela 24.	Padrões microbiológicos máximos para mortadela.....	71
Tabela 25.	Avaliação microbiológicos das mortadela com 90 dias de estocagem a 5°C.....	72

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DA LITERATURA	3
2.1 Fibra	3
2.1.1 Definições e caracterizações	3
2.1.2 Aspectos relacionados à saúde	6
2.1.3 Aplicação de fibra em produtos cárneos como ingrediente funcional ..	8
2.2 Produtos cárneos emulsionados	10
2.2.1 Fatores que afetam a formação da estabilidade da emulsão	11
2.3 Mortadela: definição e aspectos legais	14
3. OBJETIVOS	16
3.1 Objetivo geral	16
3.2 Objetivos específicos	16
4. MATERIAIS E MÉTODOS	17
4.1 Obtenção da fibra	17
4.2 Caracterização das fibras	23
4.2.1 Análise das propriedades funcionais das fibras	23
4.2.1.1 Capacidade de retenção de água (CRA)	23
4.2.1.2 Estabilidade da emulsão (EE)	24
4.2.2 Rendimento de secagem da fibra de laranja	25
4.2.3 Análises físico-químicas	25
4.2.3.1 Umidade	25
4.2.3.2 Proteína	25
4.2.3.3 Gordura	26
4.2.3.4 Resíduo mineral	26
4.2.3.5 Fibras e pectina	26
4.2.3.6 pH	27
4.3 Elaboração da mortadela de frango	27
4.3.1 Delineamento experimental	27
4.3.2 Processamento	29
4.4 Análises realizadas nas mortadelas	31
4.4.1 Análises físico-químicas	31
4.4.1.1 Umidade	31
4.4.1.2 Proteína	31
4.4.1.3. Gordura	31
4.4.1.4 Resíduo mineral	32
4.4.1.5 Amido	32
4.4.1.6 Fibra	32
4.4.1.7 pH	32
4.4.1.8 Carboidratos totais das mortadelas	33
4.4.1.9 Valor energético das mortadelas	33
4.4.1.10 Atividade de água (Aa) das mortadelas	33

4.4.1.11 Perfil de textura das mortadelas.....	33
4.4.1.12 Cor das mortadelas.....	34
4.4.2 Análise sensorial das mortadelas.....	34
4.4.3 Análise microbiológica das mortadelas.....	38
4.4.4 Vida de prateleira (<i>Shelf-life</i>) das mortadelas.....	39
4.4.5 Microscopia óptica das mortadelas.....	39
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
5.1.1 Rendimento de secagem.....	41
5.1.2 Resultados físico-químicos da fibra.....	41
5.1.3 Resultados de análise de fibras.....	42
5.1.4 Análise das propriedades funcionais	44
5.1.4.1 Capacidade de retenção de água (CRA)	44
5.1.4.2 Estabilidade da emulsão (EE)	46
5.2 Resultados da aplicação da fibra de laranja na mortadela.....	47
5.2.1 Resultados físico-químicos.....	47
5.2.2 Avaliação de textura (medida de firmeza)	56
5.2.3 Determinação de cor	61
5.2.4 Resultados da análise sensorial	63
5.2.5 Análise de vida de prateleira (<i>Shelf-life</i>)	69
5.2.5.1 Atividade de água (Aa).....	69
5.2.5.2 pH.....	70
5.2.5.3 Avaliação da estabilidade microbiológica.....	71
5.2.6 Microscopia óptica.....	72
6. CONCLUSÕES	76
7. REFERÊNCIAS*	77

1. INTRODUÇÃO

O número de pessoas que buscam um estilo de vida mais saudável, com alimentação balanceada, optando por alimentos com teores reduzidos de gorduras e açúcares e com incrementos de ingredientes funcionais, tem aumentado nos últimos anos (ARIHARA, 2006). Alguns ingredientes com propriedades funcionais têm sido aplicados pela indústria de alimentos. Dentre eles, destacam-se as fibras, que correspondem a mais de 50% do total dos ingredientes utilizados em todo o mundo (SAURA-CALIXTO, 2006).

O aumento da ingestão de fibras dietéticas tem proporcionado o desenvolvimento de procedimentos tecnológicos para obtenção de concentrados de fibras, a partir de uma gama de matérias-primas, entre as quais estão os subprodutos industriais (PÉREZ; SÁNCHEZ, 2001). Pelas atuais demandas a indústria de alimentos tem a oportunidade de melhorar a saúde dos consumidores e reduzir o risco de doenças através de alimentos funcionais (ARIHARA, 2006).

De acordo com Thebaudin *et al.* (1997), as fibras alimentares são desejáveis não apenas por suas propriedades nutricionais, mas também por apresentarem propriedades funcionais, tecnológicas e econômicas. As fibras possuem funções de formar géis, reter água e gordura, aumentar a viscosidade, influenciando na textura, na formação e na estabilidade de emulsão (DIEPENMAAT-WOLTERS *et al.*, 1993).

O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de suco de laranja, a maior parte da produção brasileira de laranja destina-se à indústria do suco concentrado (ABECITRUS, 2008). Além do suco, a indústria gera subprodutos, entre os quais o farelo de polpa cítrica, que é um resíduo com alta quantidade de fibras, geralmente parte deste material é utilizado para a alimentação animal. Os resíduos gerados pela agroindústria de frutas e hortaliças podem chegar a até 50% do total processado (SCHAUB; LEONARD, 1996).

Segundo Schieber, Stintzing e Carle (2001), o aproveitamento de subprodutos é um tema de grande interesse, devido a sua possibilidade de aplicação, como ingrediente para a indústria de alimentos, a partir do entendimento de suas propriedades nutricionais, funcionais e tecnológicas com benefícios para a saúde e com redução dos riscos por contaminação na indústria e no meio ambiente.

De acordo com Fernández-López *et al.* (2004), os subprodutos do processamento de frutas cítricas representam sérios problemas para a indústria, devido a pouca oportunidade de uso.

No Brasil o consumo de mortadela se popularizou, especialmente por ser um produto elaborado a partir de carnes de várias espécies de animais e por possuir uma legislação que permite a sua vasta classificação. De acordo com informações da Nilsen (2008), o consumo *per capita* no Brasil é de 1,15 kg/ano, totalizando o volume de vendas de aproximadamente 184.000 ton/ano.

Paralelamente à demanda por produtos com baixo teor de gordura, as indústrias e os institutos de pesquisas estão intensificando o desenvolvimento de novas formulações ou modificações de produtos alimentícios tradicionais com o objetivo de buscar alternativas para reduzir o teor de gordura. De acordo com Jiménez Colmenero, Carballo e Cofrades (2001), a redução da gordura pela simples diminuição da quantidade não é aceitável sob o ponto de vista sensorial, especialmente com relação à textura, suculência e sabor.

A utilização de substitutos de gordura, como as fibras, ou a sua combinação com outros ingredientes, vem sendo estudada para se obter formulações com melhor aceitação pelos consumidores (CACERES, GARCIA, SELGAS, 2004). A legislação brasileira precisa ser revisada para que estes ingredientes possam ser adicionados com o intuito de melhorar a qualidade dos produtos e promover o desenvolvimento de alternativas mais inovadoras para a indústria da carne.

Diante deste novo quadro tornam-se válidas as pesquisas para obtenção de fibra e sua caracterização em relação as suas propriedades funcionais, físicas e químicas, assim como sua aplicação como ingredientes em formulações de produtos cárneos com baixo teor de gordura.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Fibra

2.1.1 Definições e caracterizações

No Brasil, segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), em sua Resolução RDC n. 360, de 23/12/2003 (BRASIL, 2003b), a fibra alimentar é definida como qualquer material comestível, consumido normalmente como componente de um alimento, que não seja hidrolisado pelas enzimas endógenas do trato digestivo humano.

Filiseti (2006) descreve que, para a Food and Agriculture Administration (FAO), a fibra alimentar é constituída de substância cuja origem pode ser animal ou vegetal, sendo resistente à hidrólise de enzimas do trato gastrointestinal.

Apesar de inúmeras pesquisas já desenvolvidas, existem muitas controvérsias sobre sua definição, componentes químicos envolvidos, métodos de análise utilizados para sua determinação, necessidade diária de ingestão e efeito fisiológico no organismo. Isto se deve ao fato de que a fibra alimentar não pode ser tratada como uma única substância: ela é composta de diferentes polissacarídeos interligados entre si formando uma rede tridimensional na presença de várias substâncias, como proteína de parede celular, lignina, compostos fenólicos, fitatos, oxalatos e outros (FILISETTI, 2006). Para Asp *et al.* (1992), a fibra alimentar não constitui um grupo químico definido, mas uma combinação de substâncias químicas heterogêneas.

As principais fontes das fibras alimentares são componentes da parede celular (celulose, hemicelulose, lignina e pectinas) e componentes não estruturais (gomas e mucilagens), assim como aditivos industriais (celulose modificada, pectina modificada, gomas comerciais e polissacarídeos de algas) (GRIGELMO-MIGUEL *et al.*, 1999; SAURA-CALIXTO, 2006). O que estas substâncias têm em comum é que não são degradadas no intestino delgado dos mamíferos pelas enzimas digestivas. Contudo, a maior parte destas substâncias é degradada em maior ou menor extensão pelas bactérias resistentes do intestino grosso (COULTATE, 2007).

A fibra alimentar total pode ser dividida em duas frações, uma solúvel em água a 100°C e pH entre 6 e 7 e a outra insolúvel (FERNÁNDEZ LÓPEZ *et al.*, 2004). A fração insolúvel é composta por celuloses, ligninas e hemiceluloses; a solúvel inclui as pectinas, gomas e mucilagens (RODRIGUEZ *et al.*, 2006). De acordo com a proporção destes componentes, a fibra alimentar é também classificada como solúvel e insolúvel. O grau de solubilidade está diretamente relacionado com suas propriedades físico-químicas e funcionais (PERIAGO *et al.*, 1993).

A celulose é o composto orgânico encontrado com maior frequência na natureza e um dos principais constituintes da parede celular dos vegetais superiores, constituindo o seu elemento de estrutura mais importante. É um homopolissacarídeo neutro formado por cadeias retilíneas de anidro D-glucose unidas em ligações β -1, 4. Essas cadeias podem facilmente se colocar paralelamente umas às outras, formando uma estrutura linear estabilizada por ligações de hidrogênio intermoleculares, formando regiões de ordem cristalina muito alta, o que provavelmente contribui para a insolubilidade e para a pouca reatividade da celulose (BOBBIO; BOBBIO, 1992). A celulose é caracterizada pela alta força mecânica e resistência a químicos e pode ser parcialmente degradada pela microbiota humana presente no cólon (THEANDER; AMAN, 1979). Uma propriedade importante é a sua capacidade de absorver água e inchar, o que explica o aumento do peso do bolo fecal, diminuindo o tempo de trânsito intestinal (SOUTHGATE *et al.*, 1992).

Hemiceluloses são, por definição, solúveis em álcali diluído, mas não em água. É um grupo heterogêneo de substâncias com vários açúcares em sua cadeia principal e nas cadeias laterais. Xilose, manose e galactose frequentemente estão presentes na cadeia principal, enquanto que arabinose, galactose e ácidos urônicos estão presentes nas cadeias laterais. O tamanho da molécula e o grau de ramificação são altamente variáveis. As hemiceluloses ligam os filamentos da celulose e formam ligações covalentes com a lignina (BENNINK, 1998). Estas não são digeridas no intestino grosso, mas são utilizadas por microorganismos presentes no cólon mais facilmente que a celulose (SOUTHGATE *et al.*, 1992).

A pectina, juntamente com a celulose e a hemicelulose, formam o material estrutural das paredes celulares dos vegetais. A pectina é um polissacarídeo constituído de ácido galacturónico, ramnose, arabinose e galactose (BOBBIO; BOBBIO, 1992 e MANRIQUE; LAJOLO, 2001). As frutas cítricas são fontes de pectina de alta qualidade, sendo que maçã e beterraba são particularmente ricas nesse grupo de polissacarídeos (THEANDER, 1977; SCHIEBER; STINTZING; CARLE, 2001).

De acordo com Cummings (1976) e Leroux *et al.* (2003), duas importantes propriedades das pectinas para a nutrição humana é a capacidade de formar géis e a de ligar íons, sendo solúveis em água quente. As pectinas em água formam soluções altamente viscosas, mesmo em baixas concentrações, e em presença de sacarose e ácido, em proporções adequadas, formam géis muito estáveis (BOBBIO; BOBBIO, 2003). As pectinas são classificadas como fibras alimentares, pois não são hidrolisadas pelas enzimas digestivas no intestino, mas podem ser amplamente fermentadas pela microbiota intestinal (THEANDER, 1977; GIRARD; MAZZA, 1998).

Fibras solúveis formam uma rede de gel (alginatos, carragenas e pectinas) ou uma rede de espessão (goma xantana, algumas hemiceluloses) em algumas condições físico-químicas e, dessa forma, se ligam à água (THEBAUDIN *et al.*, 1997; SAURA-CALIXTO, 2006).

Fibras insolúveis possuem forte capacidade higroscópica: favorecendo o aumento da capacidade de absorção de água, que pode ser superior a 20 vezes seu peso em água e também apresenta capacidade de absorver gordura (THEBAUDIN *et al.*, 1997; JIMÉNEZ COLMENERO; CARBALLO; COFRADES, 2001).

A preparação de concentrados de fibras, assim como as suas características, dependem do tipo de subproduto industrial empregado; as frutas e os vegetais se caracterizam por apresentar uma relação de fibra dietética solúvel e insolúvel mais equilibrada, portanto são considerados de melhor qualidade (FERNANDEZ *et al.*, 1993).

Aravantinos-Zafiridis, Oreopoulou e Thomopoulos (1994) estudaram a fração de fibra obtida após a extração da pectina dos resíduos da laranja e obtiveram 21,3% de fibra solúvel e 62,9% de fibra insolúvel, 6,9% de proteína, 3,1% de açúcar total e 3,3% de umidade em base seca. Esta fibra apresentou capacidade de absorção de água e gordura, cor e pH comparáveis com à das fibras comerciais.

Em estudo realizado por Marín *et al.* (2007), a fibra de laranja apresentou composição de 4,52% de flavonóides, 22,53% de pectina, 7,55% de lignina, 36,22% de celulose e 11,05% de hemilcelulose.

Pérez e Sánchez (2001) utilizaram subproduto da linha de extração de suco de laranja (*Citrus paradisi*) para obter uma fibra através de lavagem, separação e secagem do material até umidade de 8%, com rendimentos de 13,9% em relação ao peso inicial. O estudo apresentou uma relação muito importante para a temperatura de lavagem da fibra; o tratamento que incluiu uma lavagem de 95°C por 5 minutos melhorou significativamente a capacidade de reter água e mostrou-se uma fonte valiosa de fibra, com 74% de fibra total.

2.1.2 Aspectos relacionados à saúde

A presença de fibra nos alimentos é de grande interesse na área da saúde, já que têm sido relatados inúmeros estudos que relacionam o papel da fibra alimentar com a prevenção de certas enfermidades, como diverticulite, câncer de cólon, obesidade, problemas cardiovasculares e diabetes (DERIVI; MENDES, 2001; ALESON-CARBONELL *et al.*, 2004).

De acordo com Derivi e Mendez (2001), as recomendações feitas pela *American Heart Association* para a redução de riscos de doenças cardiovasculares incluem a ingestão de gordura total correspondente a 30% ou menos da energia total, de gordura saturada correspondente a 10% ou menos da energia total, de 300 mg por dia ou menos de colesterol e de 20 g de fibra ou mais por dia. Algumas organizações de saúde, como a *World Health Organization*, sugerem o consumo de fibra alimentar, com recomendações de 30 a 40 g por dia (GUILLON; CHAMP; THIBAUT, 2000). Pessoas em países em desenvolvimento ingerem diariamente, aproximadamente, de 11 a 12 g de fibra alimentar (GRIGELMO-MIGUEL *et al.*, 1999).

No Brasil, segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), em sua Resolução RDC n. 360, de 23/12/2003 (BRASIL, 2003b), a recomendação de consumo para a fibra alimentar é de 25 g, sendo este o seu

valor diário de referência (VDR) e de declaração obrigatória na rotulagem dos alimentos (BRASIL, 2003b).

A classificação das fibras alimentares, em fibras alimentares solúveis e fibras alimentares insolúveis, é muito útil para entendimento das propriedades fisiológicas das fibras, permitindo uma divisão simples entre aquelas que têm efeitos principalmente sobre a absorção de glicose e lipídios no intestino delgado, que são facilmente fermentadas por bactérias no cólon (solúveis), e aquelas que são fermentadas lenta e incompletamente, tendo efeitos mais pronunciados nos hábitos intestinais (insolúveis) (REISER, 1987).

Em termos de benefícios para a saúde, a proporção de 50 a 70% de insolúvel e de 30 a 50% de solúvel é considerada bem balanceada (SCHENEEMAN, 1987; MARÍN *et al.*, 2007). Grigelmo-Miguel e Martin-Belloso (1999) destacam que a fibra de laranja é um ingrediente importante do ponto de vista de saúde, devido aos altos teores de fibra solúvel e insolúvel e à relação balanceada entre elas, principalmente quando comparada à fibra de cereais, amplamente utilizada para enriquecer alimentos, porém com baixos teores de fibra solúvel.

Com relação ao tipo de fibra, a parte insolúvel diminui o tempo de trânsito intestinal e está relacionada com a absorção de água e a regulação do intestino, aumentando o bolo fecal. A fração solúvel absorve muita água, desde o estômago, retardando o tempo de esvaziamento gástrico e o trânsito do conteúdo intestinal. Os polissacarídeos tendem a formar uma camada viscosa de proteção à mucosa do estômago e do intestino delgado, dificultando a absorção de gordura, podendo reduzir o colesterol sanguíneo e os lipídios teciduais, assim como a glicemia, pela redução da absorção da glicose (PERIAGO *et al.*, 1993; GIRARD; MAZZA, 1998; MEIER; GASSULL, 2004). O retardo gástrico e a formação de material mais viscoso promovido pelas gomas e pectinas podem promover também a saciedade (GUILLON; CHAMP; THIBAUT, 2000).

Diversos estudos indicam que as pectinas são capazes de reduzir o nível de colesterol plasmático, provavelmente por diminuírem a absorção de gordura e colesterol (COULTATE, 2007).

A presença de fibras nos alimentos normalmente implica na redução do seu conteúdo calórico, contribuindo para aumentar a quantidade diária ingerida. Logo, a incorporação de fibras em alimentos frequentemente consumidos, tais como, produtos cárneos, lácteos e de panificação, pode ajudar a suprir o déficit de fibras na alimentação (ALESÓN-CARBONELL *et al.*, 2004).

2.1.3 Aplicação de fibra em produtos cárneos como ingrediente funcional

De acordo com Arihara (2006), carnes e produtos cárneos são as maiores fontes de proteína de alto valor biológico, de minerais e de vitaminas. Atualmente vêm sendo estudadas diversas possibilidades de desenvolver produtos mais saudáveis, especialmente com a inclusão de ingredientes funcionais. Neste sentido, pesquisas para utilização de fibras alimentares em produtos cárneos têm sido realizadas com a finalidade de reduzir o teor de gordura e o valor calórico, além de melhorar a estrutura física, como textura e fatiabilidade do produto (FERNÁNDEZ LÓPEZ *et al.*, 2004).

As fibras vegetais são importantes para a saúde e possuem também propriedades funcionais, quando agregadas aos produtos cárneos, melhorando a retenção de água e, em função disto, o sabor e a suculência. De acordo com Borroto, Larrauri e Cribeiro (1995), a absorção de água é influenciada pelo processo de produção, como extrusão, pelo tempo e temperatura de lavagem e pela moagem do produto seco. O tamanho da partícula influencia na textura, no aspecto e na qualidade dos alimentos; os autores recomendam, para aplicação em embutidos cárneos, que o tamanho das partículas deve estar entre 150 a 430 μ m.

A propriedade de hidratação das fibras depende da estrutura química de seus componentes, do tipo de parede celular da qual foi obtida, da anatomia e do tamanho das partículas e sua porosidade, do pH, da temperatura e do processamento (GUILLON; CHAMP; THIBAUT, 2000).

Em estudo realizado por Barretto (2007), com diversos tipos de fibras, as de laranja e trigo apresentaram a maior capacidade de reter água, evidenciando bom potencial de aplicação em produtos cárneos. A incorporação de água e fibras em

equilíbrio na formulação pode auxiliar na obtenção de produtos cárneos com redução de custos finais.

A adição de fibras em produtos cárneos tem sido utilizada principalmente para produtos emulsionados, pelo seu sabor neutro e pela capacidade de retenção de água e também por reduzir a perda durante o cozimento (HUGHES; COFRADES; TROY, 1997; GRIGELMO-MIGUEL *et al.*, 1999; SELGAS; CÁCERES; GARCÍA, 2005).

A fibra de trigo hidratada (1:2 fibra/água) foi utilizada para elaborar hambúrguer com teor reduzido de gordura, comparado com formulações comerciais com 20% de gordura, obtendo-se excelentes resultados em relação aos parâmetros químicos, físicos e sensoriais, destacando-se a redução das calorias e a aceitação do produto, sendo o uso desta fibra recomendado como substituto de gordura (MANSOUR; KHALIL, 1997).

Hughes, Cofrades e Troy (1997) avaliaram o efeito da redução do teor de gordura (5, 12 e 30%) e da adição de 2% de fibra de aveia e de 1% de carragena em salsichas. Foi observado que a diminuição drástica da gordura alterou significativamente as propriedades de hidratação, ligação de água e cor. A redução da gordura aumentou a intensidade do aroma, provavelmente devido à mudança na taxa de liberação de componentes aromáticos. A adição de carragena e de fibra de aveia compensou parcialmente algumas mudanças que normalmente ocorrem em salsichas com baixo teor de gordura, especialmente aquelas relativas à textura.

A fibra de trigo, quando aplicada na elaboração de salames, melhora o rendimento, pois apresenta boa capacidade de retenção de água (TERRA; FRIES; TERRA, 2004).

Garcia *et al.* (2002) realizaram estudo em embutidos fermentados secos, com o objetivo de reduzir gordura através da utilização de fibras de cereais (trigo e aveia) e frutas (pêssego, maçã e laranja) nas concentrações de 1,5 e 3,0%. Os resultados mostraram que as propriedades sensoriais e de textura foram piores com adição de 3,0% de fibras, enquanto que com adição de 10% de gordura suína e de 1,5% de fibra as características finais foram consideradas similares ao produto convencional com alto teor de gordura (25%). Os melhores resultados foram obtidos com as fibras de frutas, particularmente a de laranja, da qual se obteve o produto com qualidade sensorial similar ao do controle.

Na produção de mortadela, com substituição total ou parcial da gordura pelas fibras, na medida em que se aumentou o nível de adição, houve diminuição na aceitação sensorial para os atributos de sabor, textura e impressão global, ocorrendo aumento do atributo firmeza, de mastigabilidade e diminuição da elasticidade e coesividade indicados pelo teste de perfil de textura. A elaboração de mortadela com teor reduzido de gordura entre 50 e 75% teve boa aceitação sensorial pelos provadores, não diferindo ($p < 0,05$) da mortadela controle, sem adição de fibras e com 20% de gordura (BARRETTO, 2007).

Em um estudo realizado por Fernández-Ginés *et al.* (2003), foram elaboradas mortadelas com aplicação de fibra de laranja (0,5, 1,0, 1,5 e 2,0%) obtida de indústria de processamento de sucos. As mortadelas elaboradas com fibra apresentaram-se mais firmes e menos elásticas. O produto com 2% de fibra apresentou a menor aceitação, com decréscimo nos níveis residuais de nitrito, indicando reação do nitrito com os biocompostos ativos, presentes na fibra de laranja, o que pode ser um efeito saudável, pois reduz a possibilidade de formação de nitrosaminas. Também ocorreu retardo no processo de oxidação; além disso, o crescimento microbiano não foi modificado pela fibra durante o armazenamento.

Terra (2006) e Garcia *et al.* (2002) relataram que os melhores resultados sensoriais obtidos nas aplicações de fibra em produtos cárneos ocorreram com as fibras de frutas, especialmente as de laranja.

2.2 Produtos cárneos emulsionados

As emulsões são definidas como suspensões coloidais de dois líquidos imiscíveis, óleo e água, que são constituídas por duas fases: fase dispersa formada pelo líquido (óleo) em forma de gotículas, e fase contínua (meio aquoso), na qual as gotículas estão dispersas (BETANHO; SHIMOKOMAKI; OLIVO, 1994).

Os líquidos mantêm-se harmoniosamente dispersos um no outro, pela ação de um agente emulsificante ou filme protéico interfacial. A proteína, por possuir uma porção hidrofílica (polar) e outra hidrofóbica (apolar), atua na interface entre gordura

e água, diminuindo a tensão entre as duas, unindo-as e evitando a coalescência da gordura (BAILEY; LIGHT, 1989; OLIVO; SHIMOKOMAKI, 2006).

As emulsões cárneas são consideradas emulsões óleo em água, na qual o óleo é disperso, em forma de pequenos glóbulos, em água. O tamanho dos glóbulos da fase dispersa varia entre 0,1 e 50 micrômetros (µm) de diâmetro. Muitas partículas de gordura em emulsões cárneas são maiores de 50 µm de diâmetro e não possuem as características das emulsões clássicas (HEDRICK *et al.*, 1994). A emulsão cárnea, por não estar totalmente homogênea (RAY *et al.*, 1981), não é considerada “emulsão verdadeira”.

A fase dispersa é constituída por partículas de gordura, fibras musculares, aditivos, farináceos etc. A fase contínua é constituída por água, sal, proteínas hidrossolúveis e outros elementos solúveis (JONES, 1985).

Por essas razões, muitos autores não consideram embutidos finamente triturados como sendo emulsões, preferindo denominá-los simplesmente massa cárnea. Contudo, os termos emulsões cárneas e massa cárneas são considerados sinônimos, pela maioria dos trabalhos que tratam deste tema (OLIVO; SHIMOKOMAKI, 2002).

O rompimento da estrutura fibrosa dos músculos, através de equipamentos específicos, aumenta a exposição das proteínas, principalmente das miofibrilares. O sal, a água e alguns aditivos auxiliam na solubilização e no intumescimento das proteínas, devido à absorção de água, produzindo uma matriz viscosa (HEDRICK *et al.*, 1994).

A massa crua possui textura tipo pasta, que, durante o cozimento, é transformada em uma matriz rígida. Antes e durante o cozimento, apresenta-se muito frágil, podendo ocorrer a separação da gordura, conhecida como “quebra da emulsão”, causando sérios defeitos ao produto e prejuízos aos fabricantes (QUINT, 1987).

2.2.1 Fatores que afetam a formação da estabilidade da emulsão

O principal fator de qualidade de uma massa cárnea é a estabilidade final. A estabilidade está relacionada com retenção de água e gordura. Uma importante característica dos produtos cárneos é sua habilidade de ligar vários componentes e

proporcionar a coesividade do produto (BAILEY; LIGHT, 1989), conferindo textura firme ao fatiamento e à mastigação. Um importante parâmetro econômico para a indústria processadora é que a estabilidade da emulsão se mantenha durante as etapas de processamento (OLIVO; SHIMOKOMAKI, 2006). Jones (1985) descreve que numerosas energias de ligação e outras forças físicas são essenciais para manter a estabilidade e a integridade da suspensão coloidal antes, durante e após o tratamento térmico.

As proteínas miofibrilares são solúveis em presença de sal e consideradas agentes emulsificantes mais eficientes na estabilidade da emulsão. Dentre estas miosinas e as proteínas sarcoplasmáticas colaboram na formação da matriz protéica (OLIVO; SHIMOKOMAKI, 2006).

De acordo com Olivo e Shimokomaki (2002), a capacidade de se produzir emulsões cárneas estáveis é muito importante para a indústria. Assim, pesquisadores têm dirigido estudos para fatores que contribuem para a estabilidade.

Diversos fatores podem influenciar na estabilidade da emulsão: tipos e condições dos equipamentos, temperatura e tempos de processo, tipo e tamanho das partículas de gordura, pH, momento de utilização de sal e suas quantidades, tipo e porcentagem de proteínas, viscosidade da massa e formação da matriz gelificada (OLIVO; SHIMOKOMAKI, 2006; BARRETTO, 2007).

Um dos principais fatores é a elevação da temperatura da massa cárnea, durante o refinamento, devido a fricção no *cutter* ou moinho emulsificador. Nos pontos de fricção ocorre fusão da gordura e desnaturação protéica preliminar (OLIVO; SHIMOKOMAKI, 2006; BARRETTO, 2007). A temperatura próxima de 7°C é benéfica, pois auxilia a solubilidade das proteínas e aumenta a capacidade de escoamento (BAILEY; LIGHT, 1989). No entanto, a elevação da temperatura nesta fase, de acordo com Betanho, Shimokomaki e Olivo (1994), pode causar efeitos deletérios, que serão detectados na etapa de cozimento do produto. Estes efeitos são caracterizados pela saída de gordura para a superfície, aumentando a tendência para a separação/quebra da emulsão. A temperatura máxima que pode atingir uma emulsão, de acordo com Hedrick *et al.* (1994), depende do ponto de fusão das gorduras, citado como de 10 a 12°C para frango, de 15 a 18°C para suíno e de 21 a 22°C para bovino.

No refinamento da emulsão a temperatura pode ser controlada por adição de gelo. O gelo é mais eficiente que a água devido ao calor latente que este absorve para que possa fundir. Aproximadamente 80 calorias são necessárias para converter 1 grama de gelo a 0°C para 1 grama de água a 0°C. Acima de 0°C, somente 1 caloria é necessária para aumentar a temperatura em 1°C para cada 1 grama de água (HEDRICK *et al.*, 1994).

A água é o componente predominante dos produtos emulsionados cozidos, sendo que a legislação brasileira permite o máximo de 70% de umidade (BRASIL, 2000). A água é importante, pois funciona como solvente para o sal necessário para solubilizar as proteínas. Se a umidade presente não for suficiente, o potencial de capacidade de emulsificação pode tornar-se restrito (PRICE; SCHWEIGERT, 1987).

A incorporação de gordura à massa, segundo Hughes, Cofrades e Troy (1997), além de contribuir para a palatabilidade, também contribui para a estabilidade estrutural de produtos emulsionados, devido às propriedades de liga, reológica e estrutural. Carballo *et al.* (1996) relatam a importância da gordura para a textura de produtos cárneos e afirmam que existem dificuldades na preparação de produtos emulsionados de baixo teor de gordura.

O cloreto de sódio neste processo de emulsificação é responsável pela solubilização das proteínas. Os íons cloro aumentam a carga negativa nos polipeptídeos, com elevação do pH (distanciando o pH do ponto isoelétrico da proteína) e provocando repulsão da cadeia molecular, mudando a conformação da proteína de “enovelada” para “solubilizada” (OLIVO; SHIMOKOMAKI, 2006).

Os polifosfatos, por elevarem o pH, possuem ação sinérgica ao sal, potencializando a ação de solubilização das proteínas. No estado solúvel, as proteínas apresentam maior efeito de hidratação e maior capacidade de formação da malha protéica, com maior estabilização do sistema durante o cozimento. Melhor e maior solubilização protéica é conseguida principalmente quando o teor de sal está acima de 4% (OLIVO; SHIMOKOMAKI, 2006; BARRETTO, 2007).

Diversos ingredientes, como proteínas, carboidratos e hidrocolóides, são usados para auxiliar nesta estabilidade, reforçando a cimentação do gel da matriz e proporcionando a estabilização do sistema (OLIVO; SHIMOKOMAKI, 2006).

Diferentes tipos de fibras têm sido estudados, isolados ou combinados com outros ingredientes, para aplicação em produtos cárneos emulsionados, de massa grossa e reestruturada, especialmente para reduzir os efeitos causados pela redução dos níveis de gordura (FERNÁNDEZ-GINÉS, 2004; TERRA, 2006).

2.3 Mortadela: definição e aspectos legais

A legislação brasileira, na Instrução Normativa n. 04, de 05/04/2000, do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) (BRASIL, 2000), define mortadela como um produto industrializado, obtido da emulsão de carnes de animais de açougue, acrescido ou não de toucinho, adicionado de ingredientes, embutido em envoltório natural ou artificial, em diferentes formas, e submetido ao tratamento térmico adequado. A classificação das mortadelas varia de acordo com as matérias-primas e o método de fabricação. A mortadela pode ser adicionada de carne mecanicamente separada, até o máximo de 60% do total das carnes utilizadas, miúdos comestíveis de diferentes espécies de animais de açougue (estômago, coração, língua, fígado, rins e miolos), pele e tendões no limite máximo de 10% e gorduras.

A mortadela de carne de aves pode conter, além da carne de aves, carne mecanicamente separada, no limite máximo de 40% do total das carnes utilizadas, e até 5% de miúdos comestíveis de aves (fígado, moela e coração) e gordura (BRASIL, 2000).

Os requisitos estabelecidos para mortadelas são teores máximos de carboidratos totais de 10%, amido de 5%, umidade de 65%, gordura de 30% e proteína mínima de 12% (BRASIL, 2000).

Barretto (2007) relata que mortadelas comerciais possuem cerca de 20 a 30% de gordura total em sua formulação e que produtos diferenciados com apelo de saúde têm sido desenvolvidos, especialmente com foco na redução de gordura e na adição de fibras, entre outros. Com esta tendência de utilização de ingredientes funcionais em produtos cárneos e também da diminuição do consumo da gordura, a

legislação precisa sofrer adequações, para uma definição abrangente de termos que possam ser utilizados em rotulagens e seus respectivos limites.

O produto pode ser denominado como de “baixa gordura total” ou “*light*”, quando apresentar redução mínima de 25%, no valor energético ou no conteúdo de nutriente. Também pode utilizar esta denominação quando a quantidade máxima de gordura no produto final não ultrapassar a 3% (BRASIL, 1998).

Os produtos desenvolvidos com o intuito de diferenciar as suas características nutricionais e que possibilita utilizar a informação nutricional complementar, descrita na Portaria n. 27, de 13/01/1998, da ANVISA (BRASIL, 1998), podem substituir ingredientes ou alterar parâmetros estabelecidos nos padrões de identidade e qualidade dos produtos; no da mortadela, conforme descrito pela Instrução Normativa nº 04, do MAPA (BRASIL, 2000).

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Estudar as propriedades funcionais da fibra obtida da polpa da laranja em mortadelas de frango.

3.2 Objetivos específicos

Obter fibra a partir da polpa da laranja proveniente do processamento do suco de laranja.

Caracterizar a composição físico-química e as propriedades funcionais da fibra da laranja e compará-las com as fibras comerciais.

Desenvolver metodologia para a produção de mortadela *light* pela substituição da gordura animal pelas fibras.

Avaliar o efeito dos diferentes níveis de fibra de laranja e gordura animal em mortadela de frango, sobre suas características sensoriais, microbiológicas e físico-químicas.

Avaliar as alterações provocadas pela adição das fibras na estrutura da mortadela de frango pela microscopia óptica.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho foi desenvolvido em quatro etapas:

- (1) Obtenção da fibra desidratada, a partir da polpa da laranja, um subproduto da fabricação de sucos concentrados;
- (2) Caracterização da fibra, quanto à composição físico-química e à capacidade funcional, comparado-a com fibras comerciais de trigo, laranja e beterraba;
- (3) Elaboração das mortadelas de frango com diferentes teores de aplicação de fibra de laranja, gordura e água, para verificar a interferência da fibra no produto final, utilizando o planejamento fatorial;
- (4) Avaliação das características físico-química, sensorial, microbiológica e microscópica das mortadelas.

4.1 Obtenção da fibra

O processamento da linha de extração do suco de laranja gera três tipos de produto: o bagaço, o suco e a polpa. Para o desenvolvimento deste experimento foi coletada a polpa (albedos e flavedos) de laranjas pêra (*Citrus sinensis osbeck*), na fábrica de sucos da Aurora Alimentos, localizada em Pinhalzinho - SC.

O fluxograma de industrialização do suco de laranja está apresentado na Figura 1. Após a classificação, as laranjas seguem para as extratoras e estas permitem a separação instantânea dos elementos internos da fruta após a extração do suco: a polpa de laranja foi coletada junto à extratora (291-B Model, FMC Corporation) (Figura 2) e apresentava resíduos de suco, acidez de 5,3 Dornic e 4,0 Brix; foi submetida à lavagem em liquidificador industrial marca Skynsem modelo LAR10, durante 15 minutos, utilizando-se polpa e água na proporção de 2:4,

respectivamente e prensada utilizando tela de alumínio de 610 mesh para retirar o excesso de água, visando reduzir o tempo de secagem. A polpa resultante deste processo apresentou acidez de 2,4°Dornic e 1,4°Brix.

De acordo com Fernandes *et al.* (1993) e Guillon, Champ e Thibault (2000), quando se utiliza água para este processo são arrastados principalmente os componentes solúveis presentes na polpa, fundamentalmente os açúcares, o que reduz o valor calórico e o escurecimento durante a secagem e os compostos amargos, característicos das frutas cítricas. Pérez e Sánchez (2001) destacam também a melhora da qualidade microbiológica.

Figura 1. Fluxograma de industrialização do suco de laranja concentrado com indicação de ponto de coleta da polpa.

Figura 2. Fotografia da polpa de laranja retirada da extratora obtida em resolução de 7,2 *megapixels* e qualidade de impressão de 600dpi.

Para realizar a secagem a polpa foi distribuída uniformemente em bandejas, formando um filme com espessura média de 1mm, posicionadas de forma inclinada no carrinho da estufa piloto marca Fessmann, modelo T-1800 (Figura 3), visando melhorar a circulação do ar durante a secagem. Conforme ilustrado na Figura 4, o fluxo de ar é descendente junto às paredes laterais da câmara e ascendente no centro da estufa, facilitando a circulação do ar e o arraste da umidade, evitando a formação da camada estagnada de umidade na superfície do filme.

Figura 3. Disposição da polpa de laranja nas bandejas de secagem da estufa piloto obtida em resolução de 7,2 *megapixels* e qualidade de impressão de 600dpi.

Figura 4. Vista frontal da estufa piloto, com o arranjo de bandejas de polpa de laranja e fluxo de ventilação.

Para realizar a secagem da fibra com valor máximo de 10% de umidade (parâmetro da fibra comercial de laranja), foi utilizado o método de remoção de água por aquecimento com uma escala de temperatura gradativa buscando evitar alterações na polpa, principalmente o escurecimento da fibra. Após os ensaios prévios, com coletas de amostra para avaliação de umidade, foi realizada uma programação na estufa piloto, com um período de secagem total de 7,5 horas com temperatura final de 77°C que pode ser visualizada na Figura 5 (a). Todo o programa de secagem foi realizado com circulação máxima de ar seco e as saídas de ar da estufa permaneceram totalmente abertas. Nas condições de secagem deste experimento obteve-se uma curva de perda de umidade em função do tempo, descrita na Figura 5 (b).

Figura 5. Parâmetro da secagem da polpa da laranja: (a) programa de secagem em estufa piloto (tempo x temperatura no cento da estufa) e (b) curva de perda de umidade da polpa da laranja em função do tempo de secagem.

Ao término do tempo de secagem, o material completamente frio foi triturado em cutter marca Mainca, modelo CM22 (Figura 6), para reduzir o tamanho das partículas do material; posteriormente foram peneiradas, separadas em três

granulometrias e classificadas pelo aplicativo para cálculo do diâmetro geométrico médio (DGM) e desvio padrão geométrico (DPG), descrito pelo Sindicato Nacional da Indústria de Alimentação Animal (2005).

Figura 6. Ilustração da moagem da fibra após secagem em cutter obtida em resolução de 7,2 megapixels e qualidade de impressão de 600dpi.

As fibras foram denominadas, “grossa”, “média” e “fina”, como pode ser observado na Tabela 1 e na Figura 7. Fernández-Gínes *et al.* (2003) obtiveram fibra de laranja com tamanho de partículas de 417 μm para aplicação em mortadelas.

Tabela 1. Tamanho das partículas da fibra de laranja após secagem e trituração(μm).

Classificação	Dimensão μm M(DP)
Grossa	1.322 (1,84)
Média	786 (1,49)
Fina	447 (1,89)

M(DP): Média (Desvio Padrão).

Figura 7. Ilustração da fibra de laranja após secagem e trituração obtida em resolução de 7,2 megapixels e qualidade de impressão de 600dpi.

4.2 Caracterização das fibras

As fibras de laranja obtida neste experimento, com três granulometrias, foram analisadas para se verificar a eficiência do processo de obtenção e as suas condições funcionais, com relação à capacidade de retenção de água (CRA), estabilidade da emulsão (EE) e avaliação físico-química, sendo comparadas com as fibras comerciais de laranja, de beterraba e de trigo.

Para as fibras comerciais, os parâmetros físico-químicos foram obtidos das fichas técnicas fornecidas pelos seus produtores.

4.2.1 Análise das propriedades funcionais das fibras

4.2.1.1 Capacidade de retenção de água (CRA)

A análise de CRA foi realizada de acordo com a metodologia descrita por Olivo e Shimokomaki (2002), com adaptações. As amostras em análise foram inicialmente hidratadas em solução salina a 2,5% (cloreto de sódio PA, anidrol) na proporção de 10g de fibra para 100ml de solução, misturadas com auxílio de espátula por 2 minutos. Alíquotas de aproximadamente 30g foram transferidas para

tubos de centrífuga de polipropileno (Modelo 430291, Corning) com capacidade para 50 ml. Os tubos com as amostras hidratadas permaneceram por 120 minutos sob refrigeração controlada a $3 (\pm 2)$ °C. Em seguida foram centrifugados (Modelo Multi-RF, IEC Thermo Corporation) por 10 minutos a 10.000 rpm. O sobrenadante foi descartado e o resíduo foi pesado. O resultado foi calculado com base no peso inicial e final e expresso em g de fibra/g água.

4.2.1.2 Estabilidade da emulsão (EE)

Para a medida da estabilidade da emulsão foi empregada técnica descrita por Olivo e Shimokomaki (2002), com modificações de acordo com Schneider (2004). Três formulações foram elaboradas, utilizando a massa cárnea descrita na Tabela 2 e acrescidas de 1, 2 e 3% de fibras, uma formulação controle foi elaborada sem adição de fibra.

Tabela 2. Composição da massa cárnea (em %) elaborada para medir a estabilidade da emulsão.

Ingredientes	%
Água/gelo destilada ($3 \pm 2^\circ\text{C}$)	57,0
Carne de peito de frango ($3 \pm 2^\circ\text{C}$) moída $\varnothing$ 3mm	10,0
Óleo de soja comercial (Soya)	30,0
Cloreto de sódio (PA, Anidrol)	2,5
Tripolifosfato de sódio (Sudanfos)	0,5

A fibra e os ingredientes da Tabela 2, com exceção do óleo, foram colocados no liquidificador (Modelo doméstico, Walita) e processados por 30 segundos. A seguir, o óleo foi cuidadosamente gotejado na área da hélice do liquidificador, completando o processo de emulsificação no tempo total de 1,5 minutos, na

temperatura final de 3°C. Alíquotas de aproximadamente 30g foram transferidas para tubos de centrífuga de polipropileno (Modelo 430291, Corning) com capacidade para 50 ml e cozidas em banho-maria. A elevação da temperatura do banho-maria foi gradual, por 30 minutos, até atingir 75°C. As amostras foram cozidas até a temperatura interna de 72°C, com tempo total de cozimento de 90 minutos. Os tubos com as amostras cozidas foram centrifugados por 10 minutos a 10.000 rpm. Após imediato resfriamento em água corrente por 10 minutos, foram drenados para a retirada do exsudato e pesados para quantificar a percentagem de estabilidade, calculada com base no peso inicial e no final da amostra.

4.2.2 Rendimento de secagem da fibra de laranja

O rendimento foi obtido pela diferença entre o peso da polpa úmida prensada e a fibra seca.

4.2.3 Análises físico-químicas

As análises físico-químicas foram realizadas em triplicata.

4.2.3.1 Umidade

A umidade foi determinada de acordo com as Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2005), que consiste em secagem a 105°C até peso constante.

4.2.3.2 Proteína

O teor de proteína foi verificado através do método de Kjeldahl, descrito na Norma 991.20, da Association of Official Analytical Chemists - AOAC (2005).

4.2.3.3 Gordura

A gordura foi analisada de acordo com a Norma 963.15 descrita pela AOAC (2005), pelo método de Soxhlet, que consiste na extração de gordura a quente por um solvente específico com posterior evaporação do solvente residual e pesagem da amostra.

4.2.3.4 Resíduo mineral

O resíduo mineral foi determinado através da calcinação em mufla a 550°C com o método descrito em Agência Nacional de Vigilância Sanitária (2005).

4.2.3.5 Fibras e pectina

As fibras alimentares totais, solúvel e insolúvel, foram determinadas segundo o método enzimico-gravimétrico, descrito na AOAC (2005), n. 991.43, fundamentado na ação das enzimas, em sequência com α -amilase, protease e amiloglicosidase e precipitação com etanol a 78-80%. O resíduo obtido foi pesado, as cinzas e a proteína residual, nele contidas, foram determinadas e, posteriormente, descontadas. Na fração isolada determinaram-se os componentes químicos que fazem parte das frações solúveis e insolúveis (FILIZETTI, 2006).

A fibra alimentar total foi obtida pela soma das frações insolúveis e solúveis, como preconiza o mesmo método.

A pectina (pectato de cálcio) foi determinada através do método descrito por Ranganna (1977), a partir da extração ácida a quente da pectina.

As análises foram conduzidas no Laboratório de Tecnologia de Cereais da Universidade Federal de Santa Catarina.

4.2.3.6 pH

O pH foi determinado através pHmetro MA 130 Metler, usando uma solução com 10% de fibra, de acordo com o descrito por GRIGELMO-MIGUEL; MARTÍN-BELLOSO (1999).

4.3 Elaboração da mortadela de frango

A fibra de laranja utilizada para elaboração das formulações das mortadelas foi a de granulometria fina, devido ao bom desempenho observado na avaliação das características funcionais, descritas no item 5.1.4 deste trabalho. Após ensaios prévios de aplicação dos três tipos de granulometria em mortadela, a elaborada com fibra fina resultou em um produto de massa homogênea e lisa, enquanto as demais apresentaram grânulos de fibras perceptíveis, descaracterizando o produto.

4.3.1 Delineamento experimental

Mortadelas de frango foram elaboradas, considerando parâmetros de fabricação descritos na Instrução Normativa n. 04, de 05/04/2000, do MAPA (BRASIL, 2000). A fórmula controle conteve 30% de peito de frango, 24% de carne mecanicamente separada, 24% de gordura, 14% de água, 3% de fécula de mandioca, 2,2% de proteína isolada de soja, 2% de sal, 0,335% de condimentos naturais, 0,3% de tripolifosfato de sódio, 0,1% de eritorbato de sódio, 0,05% de corante carmin de cochonilha e 0,015% de sais de cura.

Para avaliar os efeitos da adição da fibra de laranja, do teor de gordura e da concentração de água na massa de mortadela foram realizados alguns ensaios prévios com variações de água gordura e fibra, e definiu-se um planejamento composto 2^3 , no qual as variáveis independentes estudadas foram: concentrações

de fibra e de gordura e quantidade de água. As variáveis estudadas e os seus respectivos níveis estão apresentados na Tabelas 3.

Para o tratamento estatístico dos dados foi usado o *software* Statistica 6.0 (Statsoft, Inc). O erro experimental foi calculado baseado nas triplicatas dos experimentos do planejamento para as respostas gordura, valor calórico, amido e textura. Para as demais respostas (exceto análise microbiológica) o tratamento foi realizado por análise de variância e teste de Tukey para comparação entre as médias dos resultados.

Tabela 3. Variáveis e níveis de variação do planejamento composto 2^3 .

Variáveis reais	Variáveis codificadas	Níveis	
		- 1	1
Fibra de laranja	x1	1,0	3,0
Água	x2	20,0	34,0
Gordura	x3	4,0	16,0

O planejamento permitiu a avaliação de oito formulações, as quais estão descritas na matriz experimental apresentada na Tabela 4; os demais ingredientes seguiram a formulação controle. A formulação controle foi elaborada com o intuito de comparação com as formulações estudadas nas diferentes condições descritas no planejamento experimental.

Tabela 4. Variáveis da formulação básica das mortadelas do planejamento 2³ e da formulação controle (em %).

Ensaio	Fibra	Água	Gordura
F1	1,0	20,0	4,0
F2	1,0	20,0	16,0
F3	1,0	34,0	4,0
F4	1,0	34,0	16,0
F5	3,0	20,0	4,0
F6	3,0	20,0	16,0
F7	3,0	34,0	4,0
F8	3,0	34,0	16,0
Controle	---	14,0	24,0

4.3.2 Processamento

As mortadelas foram elaboradas na planta piloto da Cooperativa Central Oeste Catarinense, localizada em Chapecó, Santa Catarina.

As principais etapas de elaboração do produto estão apresentadas no fluxograma descrito na Figura 8.

As carnes e a gordura congeladas (-12°C) foram pré-cortadas em cortador de blocos, marca Incomaf. As matérias-primas e os ingredientes foram separados e pesados conforme a formulação.

No cutter marca Mainca, modelo CM22, dotado de conjunto de seis facas, realizou-se a pré-mistura com 60% da água da formulação, fibra, proteína de soja e gordura (por 90 segundos). No produto controle, a pré-emulsão foi realizada sem a adição da fibra. Sem desligar o equipamento, adicionaram-se a carne de frango e a carne mecanicamente separada (CMS) de frango e triturou-se por mais 70 segundos. Adicionou-se o tripolifosfato de sódio e triturou-se por 30 segundos. Na sequência, adicionaram-se o sal e os sais de cura e triturou-se por 30 segundos. Posteriormente foram adicionados o restante da água (40%) e os demais ingredientes e triturou-se até completar 360 segundos, obtendo-se uma massa lisa e uniforme, com temperatura máxima de 7°C. A massa pronta foi transferida para a embutideira.

A massa foi embutida em tripa plástica calibre de 50 mm com alta barreira à água e oxigênio, pré-hidratada em água a 20°C. As peças com aproximadamente 500g foram devidamente identificadas e colocadas em tanque de cozimento marca Tormafriil, sendo cozidas de acordo com o plano descrito na Tabela 5. O cozimento foi finalizado quando a temperatura interna das peças atingiu 72°C.

O produto foi acondicionado em refrigerador à temperatura de 5°C e foi mantido nesta condição durante o período de avaliação.

Figura 8. Fluxograma das etapas do processo de elaboração de mortadela de frango.

Tabela 5. Programa de cozimento das mortadelas.

Passo	1	2	3	4	5	6
Tempo (min)	0	15	30	45	60	75
Temperatura água (°C)	66	69	70	73	78	79

4.4 Análises realizadas nas mortadelas

4.4.1 Análises físico-químicas

As análises físico-químicas foram realizadas em triplicata.

4.4.1.1 Umidade

O teor de umidade foi realizado de acordo com o método descrito pela Instrução Normativa n. 20, do MAPA (BRASIL, 1999). Este método fundamenta-se na perda de água e substâncias voláteis a uma temperatura determinada, que consistiu em secagem a 105°C até peso constante.

4.4.1.2 Proteína

O teor de proteína foi determinado através método de Kjeldahl, descrito pela Instrução Normativa n. 20, do MAPA (BRASIL, 1999).

4.4.1.3. Gordura

O teor de gordura foi determinado pelo método descrito pela Instrução Normativa n. 20, do MAPA (BRASIL, 1999). Fundamenta-se no ataque seletivo da matéria orgânica por meio do ácido sulfúrico, com exceção da gordura que é

separada por centrifugação, auxiliada pelo álcool isoamílico que modifica a tensão superficial.

4.4.1.4 Resíduo mineral

O resíduo mineral foi realizado através da calcinação em mufla a 550°C, descrito pela Instrução Normativa n. 20, do MAPA (BRASIL, 1999).

4.4.1.5 Amido

O amido foi determinado através do método descrito pela Instrução Normativa n. 20, do MAPA (BRASIL, 1999), que fundamenta-se no método titulométrico, no qual o amido é hidrolisado a quente em meio fortemente ácido, produzindo exclusivamente glicose.

4.4.1.6 Fibra

A fibra alimentar total foi realizada pelo método enzimico-gravimétrico proposto pela AOAC (2005), número 985.29. Este método fundamenta-se na ação das enzimas, em sequencial com α -amilase, protease e amiloglicosidase e precipitação com etanol a 78-80%. O resíduo obtido foi pesado, as cinzas e a proteína residual, nele contidos, foram determinadas e, posteriormente, descontadas.

A análise de fibra foi conduzida no Laboratório de Análise do Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos e de pectina no Laboratório de Tecnologia de Cereais, ambas da Universidade Federal de Santa Catarina.

4.4.1.7 pH

O valor de pH foi medido através do pHmetro MA 130 Metler, com sonda de penetração em triplicata, na mesma peça de cada formulação.

4.4.1.8 Carboidratos totais das mortadelas

Os carboidratos totais foram estimados por diferença, diminuindo-se de 100 a somatória de proteína, lipídios, umidade, resíduo mineral e fibras, conforme preconizado na Resolução RDC 360, da ANVISA (BRASIL, 2003b).

4.4.1.9 Valor energético das mortadelas

Calculado a partir dos dados de composição centesimal médios, obtidos neste trabalho, utilizando os valores de conversão de 4Kcal.g para carboidratos e proteínas e 9Kcal.g para lipídios, conforme proposto na Resolução RDC 360, da ANVISA (BRASIL, 2003b).

4.4.1.10 Atividade de água (Aa) das mortadelas

As determinações foram realizadas utilizando-se o medidor de Aa Aqualab CX-2, da marca Decagon Decives Inc., em triplicata com temperatura da amostra a 25°C.

4.4.1.11 Perfil de textura das mortadelas

A análise de textura (medida de firmeza) foi realizada nas amostras de mortadela com temperatura de 23°C ($\pm 2^\circ\text{C}$). Cubos de 10 mm por 10 mm foram comprimidos até seu rompimento, com um probe cilíndrico SMS P/25 plano de 2,5 cm de diâmetro acoplado a um equipamento Stable Micro System TA-XT2 (Texture Technologies Corp., New York, USA), com força de 100 g, velocidade do pistão de 0,50 mm/s, distância da ruptura de 7,0 mm. Os dados foram coletados através do programa Texture Expert for Windows – versão 1.2. Os testes foram realizados com três repetições de cada amostra.

4.4.1.12 Cor das mortadelas

Para a análise de cor objetiva, utilizou-se colorímetro Minolta CR400, calibrado previamente, operando com iluminante D65 e ângulo de visão de 10°, expressando, no sistema CIELAB, os valores de luminosidade L^* (oscilando de branco 100% a preto 0%), a^* (componente vermelho-verde) e b^* (componente amarelo-azul).

As mortadelas foram fatiadas com espessura de 2 cm e analisadas em três regiões diferentes da fatia. As leituras foram realizadas em triplicata, ou seja, de cada amostra obtiveram-se 9 leituras. As amostras estavam em temperatura ambiente.

4.4.2 Análise sensorial das mortadelas

Para avaliação sensorial dos produtos foram utilizados os seguintes testes: o teste de preferência (escala hedônica), o teste do ideal e o teste de intenção de compra.

A análise sensorial foi realizada por 16 provadores, sendo nove do sexo masculino, com idade entre 25 e 45 anos, e sete do sexo feminino, com idade entre 30 e 37 anos, que fazem parte de um painel sensorial do Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento da Aurora Alimentos.

Antes de iniciar o período de avaliações, os provadores foram reunidos em sala de treinamento para receber orientação sobre o objetivo da pesquisa, o cronograma de provas, a apresentação do produto e o uso das fichas de avaliação e demais orientações importantes para a motivação de grupo e o bom andamento dos testes. Cada provador recebeu e assinou o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, atendendo procedimento do Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo (aprovação do projeto através do ofício CEP 150/2006).

As cabines individuais (Figura 9) estão localizadas em sala isolada, livre de ruídos e odores e sem contato com a área de preparação. Os provadores utilizam

um sistema de sinalização luminosa para a comunicação com a área de preparo. Para a realização das análises sensoriais utilizou-se luz branca.

Figura 9. Fotografia da cabine utilizada para realização das análises sensoriais.

A frequência e o horário das provas foram pré-estabelecidos, porém não foram superiores a uma sessão por dia e três dias na semana, evitando horários próximos das principais refeições.

As amostras foram preparadas em cubos de aproximadamente 1,0cm x 1,0cm e servidas à temperatura de aproximadamente 18°C, com codificação numérica aleatória de três dígitos, sendo e oferecidas na sequência de 5 amostras por dia.

O grau de aceitação dos provadores foi indicado por escala hedônica estruturada de sete pontos, variando de 1, que corresponde a “desgostei muitíssimo”, até 7, que corresponde a “gostei muitíssimo” (Figura 10), seguindo o método descrito por Stone e Sidel (1985); Teixeira; Meinert e Barbetta (1987). Para avaliação de aparência foi solicitado observar a cor, brilho e a característica de massa lisa.

A apresentação das amostras aos provadores foi realizada através do delineamento de blocos completos casualizados. Aos provadores foi solicitado provar uma amostra de cada vez, no sentido da esquerda para direita, sem necessidade de comparação (Figura 11).

Para avaliar a atitude de intenção de compra, utilizou-se uma escala estruturada de cinco pontos, variando de 1, que corresponde a “certamente não compraria”, até 5, que corresponde a “certamente compraria” (STONE; SIDEL, 1985; FERREIRA, 2000) (Figura 12).

TESTE DE ESCALA HEDÔNICA ESTRUTURADA					
DEGUSTADOR:			DATA:		
INSTRUÇÕES Você está recebendo 5 amostras de mortadela de frango. Por favor, prove as amostras da ESQUERDA para a DIREITA e avalie cuidadosamente cada um dos atributos sensoriais de acordo com o seguinte critério: 7- Gostei muitíssimo 6- Gostei muito 5- Gostei regularmente 4- Nem gostei, nem desgostei 3- Desgostei regularmente 2- Desgostei muito 1- Desgostei muitíssimo					
Atributo	Amostra				
Aparência					
Textura					
Suculência					
Sabor					
Odor					

Figura 10. Modelo de ficha utilizada para teste de preferência (escala hedônica).

Figura 11. Fotografia da apresentação das amostras para o teste de escala hedônica.

TESTE DE INTENÇÃO DE COMPRA					
DEGUSTADOR:			DATA:		
INSTRUÇÕES Após ter avaliado as amostras de mortadela, indique o grau de certeza do qual você estaria disposto a comprar este produto, se o encontrasse à venda, de acordo com o seguinte critério: <ul style="list-style-type: none"> 1- Certamente não compraria 2- Provavelmente não compraria 3- Talvez comprasse, talvez não comprasse 4- Provavelmente compraria 5- Certamente compraria 					
Amostra					
Critério					

Figura 12. Modelo da ficha utilizada para o teste de intenção de compra.

Para definir o perfil ideal, os provadores foram treinados para observar os parâmetros de brilho, sabor residual de laranja e sabor ácido. A amostra utilizada como ideal foi a controle, que não recebeu adição de fibras.

TESTE DO IDEAL					
DEGUSTADOR:			DATA:		
INSTRUÇÕES Você está recebendo 5 amostras de mortadela de frango. Por favor, prove as amostras da ESQUERDA para a DIREITA e avalie cuidadosamente a intensidade de cada um dos atributos sensoriais de acordo com o seguinte critério: <ul style="list-style-type: none"> +3 – extremamente MAIS que o ideal; +2 – muito MAIS que o ideal; +1 – moderadamente MAIS que o ideal; 0 – IDEAL -1 – moderadamente MENOS que o ideal; -2 – muito MENOS que o ideal; -3 – extremamente MENOS que o ideal; 					
Atributo	AMOSTRA				
BRILHO					
Sabor ÁCIDO					
Sabor residual de LARANJA					

Figura 13. Modelo de ficha utilizada para o teste de escala do ideal.

Na avaliação utilizou-se ficha com escala de pontos (Figura 13), na qual o ponto zero é o ideal, o ponto extremo negativo (-3) é inferior ao ideal no atributo avaliado e o

extremo positivo (+3) é superior ao ideal no atributo avaliado (STONE; SIDEL, 1985; FERREIRA, 2000). A Figura 14 mostra a apresentação dos produtos para a avaliação.

Figura 14. Fotografia da apresentação das amostras para escala do ideal.

4.4.3 Análise microbiológica das mortadelas

Para avaliar a estabilidade microbiológica das mortadelas foram realizadas análises de *Salmonella* sp., *Staphylococcus aureus*, *Clostridium* sulfito redutores e coliformes termotolerantes, como preconiza a Resolução n. 12, da ANVISA (BRASIL, 2001) para produtos cárneos industrializados cozidos.

Para a avaliação de *Salmonella* sp. foi utilizada a metodologia descrita na Instrução Normativa n. 62, do MAPA (BRASIL, 2003a), através do enriquecimento seletivo, capaz de favorecer a recuperação das células estressadas e promover a multiplicação celular para níveis detectáveis pelas metodologias. A seleção e o isolamento de colônias foram realizados em meio sólido contendo substâncias impiedentes de crescimento para a maioria dos microrganismos interferentes.

Os *Clostridium* sulfito redutores foram determinados pelo método descrito na Instrução Normativa n. 62, do MAPA (BRASIL, 2003a), na qual a contagem de *Clostridium* sulfito redutor baseia-se na incubação da amostra ou na diluição da mesma em meio de cultura seletivo. Após incubação em anaerobiose, os *Clostridium*

formam colônias negras, devido à redução de sulfito em sulfeto, que reage com citrato de amônio e ferro III, formando um precipitado negro.

O *Staphylococcus* coagulase positivo foi determinado através do método descrito na Instrução Normativa n. 62, do MAPA (BRASIL, 2003a), utilizando a placa *Petrifilm Staph Express*, que é um sistema de meio de cultura pronto para uso, que contém um agente geleificante solúvel em água fria. O meio cromogênico modificado de Baird Parker na placa é seletivo e diferencial para *Staphylococcus aureus*. O disco *Petrifilm Staph Express* contém azul de O-toluidina, facilitando a visualização da reação de desoxirribonuclease (Dnase).

Coliformes termotolerantes foram analisados de acordo com método 991.14 da AOAC (1991), utilizando a placa *Petrifilm* para a contagem de coliformes que é um sistema pronto de meio de cultura que contém nutriente do vermelho violeta bile (VRB), um agente geleificante solúvel em água fria e um indicador tetrazólio que facilita a enumeração de colônia.

4.4.4 Vida de prateleira (*Shelf-life*) das mortadelas

Os produtos foram acondicionados em refrigerador a 5°C e acompanhados durante a vida de prateleira (3 meses), com análise de 0, 30, 60 e 90 dias, para verificar a estabilidade, em relação ao pH, à Aa e à análise microbiológica, conforme métodos de análise já descritos anteriormente.

4.4.5 Microscopia óptica das mortadelas

O método de Sudan Black para coloração de gordura foi realizado com fixação em formaldeído-cálcio (4% de formolaldeído e 1% de cloreto de cálcio em água a 4°C) por 24 horas, posteriormente fixado por 2 horas em solução com 1% de tetróxido de ósmio em água. O material foi lavado por três vezes em água e incluído em historresina (Leica Microsystems, Nussloch/Heidelberg). Foram preparadas cortes histológicos com 4 micras de espessura, descoloridas com uma solução saturada de Sudan Black B (Sigma) em 70% de etanol, com coloração de

fundo com solução de 1% de Safranin O (Sigma) e água (BANCROFT; GAMBLE, 2002).

Para estudo de morfologia do tecido foi utilizado o método de coloração de hematoxilina, descrito por Bancroft e Gamble (2002).

A visualização das imagens foi realizada em microscópio óptico Olympus BX 60, com fator de ampliação de 1.300 vezes.

As análises foram conduzidas no Laboratório de Anatomia, Microscopia e Imuno-histoquímica do Departamento de Cirurgia da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo – São Paulo.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Caracterização da fibra de laranja

5.1.1 Rendimento de secagem

Neste trabalho o rendimento na obtenção da fibra desidratada foi de 14,94%. Valor condizente com o encontrado no estudo desenvolvido por Pérez e Sánchez (2001), que foi de 13,09%.

5.1.2 Resultados físico-químicos da fibra

Os resultados físico-químicos da fibra obtida neste experimento, fora referentes a um único lote de produção e foram comparados com as fibras de marcas comerciais apenas como uma forma de referência (Tabela 6).

O valor de gordura foi superior para a fibra de laranja obtida neste experimento, em relação às demais, provavelmente pela presença de óleo proveniente da casca, que não foi totalmente removido da polpa durante a lavagem com água. Marín *et al.* (2007) utilizaram ou um processo semelhante de lavagem e obtiveram, em seu estudo, valores médios de 6,01% de gordura.

O pH da fibra de laranja apresentou resultado inferior quando comparado às marcas comerciais analisadas. Grigeldo-Miguel e Martín-Belloso (1999) encontraram em seus estudos com fibra de laranja valores próximos ao deste experimento de 3,64.

O teor de proteína na fibra de laranja foi superior às fibras de trigo e da fibra comercial de laranja e próximo dos valores da fibra de beterraba. Em estudos realizados por Guillon, Champ e Thibault (2000), Tomayo e Bermudez (1998) e Marín *et al.* (2007) o teor de proteína foi de 7,0%, 6,0% e 7,5%, respectivamente.

Para o valor do resíduo mineral, o resultado da fibra de laranja está semelhante à fibra de trigo e inferior às das fibras comerciais de laranja e beterraba (Tabela 6).

A umidade da fibra de laranja (8,6%) está inferior a fibra comercial de laranja e semelhante aos resultados das demais marcas comerciais e ao resultado do

estudo realizado por Pérez e Sánchez (2001), que obtiveram 8,0% para a fibra de laranja.

Tabela 6. Resultados físico-químicos da fibra de laranja obtida neste experimento e das fibras comerciais.

Atributos	Laranja M(DP)	Fibra comercial de trigo*	Fibra comercial de laranja*	Fibra comercial de beterraba*
Gordura (%)	2,6 (0,021)	0,2	0,6	0,5
Proteína (%)	8,4 (0,141)	0,4	6,2	9,0
Resíduo mineral (%)	2,9 (0,042)	Máx 3,0	Máx 5,0	4,0
Umidade (%)	8,6 (0,255)	Máx 8,0	Máx 10,0	Máx 8,0
pH (10% de suspensão)	3,4 (0,0153)	6,5	4,5	4,5
Granulometria (μm)	447 (1,89)	<300	<280	<125

M(DP): Média (Desvio Padrão);

*Para as fibras comerciais os valores foram transcritos de fichas técnicas dos produtos.

5.1.3 Resultados de análise de fibras

Os resultados de fibra total, solúvel e insolúvel, e de pectina estão apresentados na Tabela 7. Observa-se que a fibra total da laranja apresentou resultado inferior às demais, o qual pode ser influenciado pelo descrito por Fernández *et al.* (1993), que relata que quando se utiliza somente água como solvente na lavagem da fibra obtém-se um produto com alto teor de proteína, de lipídios, de açúcares, de minerais e outros.

As fibras de laranja e de beterraba apresentam os maiores teores de fibras solúveis. Grigelmo-Miguel e Martin-Belloso (1999), em estudo de caracterização da fibra de laranja Valencia, obtiveram 25,5% de fibra insolúvel, 11,3% de solúvel e 36,9% de fibra total. Fernández López *et al.* (2004) destacaram que a fibra de laranja é um ingrediente importante do ponto de vista de saúde, devido aos altos teores de fibra solúvel e insolúvel e devido à relação balanceada entre elas, principalmente quando comparadas à fibra de cereais.

A proporção da fibra neste experimento foi de 58,8% de insolúvel e 41,2% de solúvel. Em termos de benefícios para a saúde, a proporção de 50 a 70% de insolúvel e de 30 a 50% de solúvel é considerada bem balanceada (SCHENEEMAN, 1987; MARÍN *et al.*, 2007). As frutas e os vegetais se caracterizam por apresentar esta proporção mais equilibrada, portanto são consideradas de melhor qualidade (FERNÁNDEZ *et al.*, 1993).

Tabela 7. Resultados da composição das frações de fibras: total, insolúvel, solúvel e pectina (%).

Fibras (%)	Laranja M(DP)	Fibra comercial de trigo*	Fibra comercial de laranja*	Fibra comercial de beterraba*
Total	45,59 (0,47)	97,00	60,00	73,00
Insolúvel	26,80 (0,015)	94,50	32,00	51,00
Solúvel	18,79 (0,044)	2,50	28,00	22,00
Pectina	11,18 (0,020)	**	18,60	22,00

M(DP): Média (Desvio Padrão);

* Para as fibras comerciais os valores foram transcritos de fichas técnicas dos produtos;

** Não apresentaram valores para estes parâmetros.

A pectina apresentou-se inferior para a fibra de laranja, quando comparada com as fibras comerciais de laranja e beterraba, as demais não apresentaram, em suas fichas técnicas, resultados para este parâmetro, porém quando comparada com outros trabalhos com métodos semelhantes, apresentaram resultados próximos, como os descritos por Marín *et al.* (2007) que analisaram fibra de laranja e obtiveram valores de 12,07 a 22,53% de pectina, já Grigelmo-Miguel e Martin-Belloso (1999) obtiveram resultados de 15,7 a 16,3%.

A diferença de composição centesimal, provavelmente está relacionada com a presença de outros componentes da parede celular da polpa de laranja, como a celulose, hemicelulose, lignina e açúcares não analisado neste experimento.

5.1.4 Análise das propriedades funcionais

As propriedades funcionais são características físico-químicas que definem o ingrediente e influenciam a sua utilização, especialmente nos aspectos sensoriais e econômicos (OLIVO; SHIMOKOMAKI, 2006).

O estudo das propriedades funcionais foi o requisito para seleção da granulometria a ser utilizada para a elaboração da mortadela.

5.1.4.1 Capacidade de retenção de água (CRA)

De acordo com Guillon, Champ e Thibault (2000), a propriedade de hidratação das fibras depende da estrutura da parede celular da qual foi obtida, do tamanho das partículas e de sua porosidade. Estes autores destacam que quanto maior a quantidade de água absorvida, melhor o desempenho da fibra.

A análise de CRA foi utilizada com as três granulometrias obtidas neste experimento, para se conhecer a diferença de funcionalidade entre estas e as fibras de marcas comerciais. Os resultados estão expressos e uma parte de fibra para seu volume retido de água (fibra:água), que equivale a 1g fibra: x g de água.

A granulometria considerada como fração “grossa” apresentou o melhor resultado de CRA, 1:7,8 (fibra:água); a fração “média” apresentou CRA de 1:6,74 e a fração “fina” de 1:5,80. As três diferiram significativamente ($p < 0,05$) entre si (Tabela 8).

Em estudo realizado por Tomayo e Bermúdez (1998), o tamanho da partícula teve influência na capacidade de absorção; partículas menores que 250 μ m absorveram 1:5,55. Já as partículas com 595 μ m absorveram 1:7,68. Borroto, Larrauri e Cribeiro (1995), em seus estudos com polpa cítrica de partículas com 110 a 910 μ m, também confirmaram que o aumento de absorção de água está relacionado com o aumento no tamanho da partícula da fibra. Ao dividir o material, ocorre alteração na estrutura matricial, ocasionando rompimento de seus poros e, conseqüentemente, menor retenção de água.

As fibras grossas e médias são significativamente ($p < 0,05$) superiores a todas as fibras analisadas, exceto a fibra de trigo. Diversos estudos relatam que tanto a

fibra solúvel como a insolúvel apresentam alta capacidade de retenção de água (GARCIA *et al.*, 2002; JIMÉNEZ COLMENERO; AYO; CARBALLO, 2005). A fibra de laranja fina apresentou resultado significativamente ($p < 0,05$) superior à fibra de beterraba e laranja comercial, provavelmente por apresentar maior tamanho de partícula e mais porosidade no grânulo permitindo maior retenção de água (Tabela 8).

Tabela 8. Comportamento da capacidade de retenção de água (CRA) das fibras de laranja com três tipos de granulometria e de marcas comerciais, expressas em quantidade de água absorvida (g) por uma grama de fibra (fibra:água).

Ensaio	CRA (g)
Fibra de laranja fina	1 : 6,08 ^d (0,28)
Fibra de laranja média	1 : 6,94 ^c (0,44)
Fibra de laranja grossa	1 : 7,91 ^b (0,31)
Fibra comercial de trigo	1 : 8,97 ^a (0,31)
Fibra comercial de laranja	1 : 4,93 ^e (0,12)
Fibra comercial de beterraba	1 : 4,50 ^e (0,15)

M(DP): Média (Desvio Padrão);

Médias com letras diferentes diferem significativamente a 5% (Teste Tukey).

Em estudo realizado por Barretto (2007), com diversos tipos de fibras, as de laranja e trigo também apresentaram a maior capacidade de reter água, evidenciando bom potencial de aplicação em produtos cárneos. Grigelmo-Miguel e Martin-Belloso (1999) obtiveram em seus estudos de CRA da fibra de laranja 7,3g de água por grama de fibra para a variedade Valencia e 10,02g de água por grama para a fibra de laranja Navel e observaram que as variedades com maior teor de fibra solúvel apresentaram a melhor CRA.

A alta capacidade de reter água da fibra possibilita a adição de maior quantidade de água na formulação. A incorporação de água e fibras em equilíbrio pode auxiliar na obtenção de produtos cárneos com redução de custos finais.

5.1.4.2 Estabilidade da emulsão (EE)

A fibra de laranja fina nas aplicações de 1, 2 e 3% apresentou resultados superiores de estabilidade de emulsão quando comparada com as outras duas granulometrias estudadas e não apresentou diferença significativa ($p>0,05$) em relação ao da fibra de trigo. A fibra fina diferiu significativamente ($p<0,05$) da amostra controle (sem adição de fibras) em todos os níveis avaliados (Figura 15).

Grigelmo-Miguel e Martin-Belloso (1999) concluíram, em seus estudos com fibra de laranja, que o emprego desta fibra é apropriado para a estabilização de alimentos com alta porcentagem de gordura e emulsões cárneas.

Figura 15. Comparativo do comportamento entre as fibras de laranja “fina”, “média” e “grossa” obtidas neste experimento e das fibras comerciais nos níveis de aplicação de 1, 2 e 3% com relação à estabilidade de emulsão.

As formulações de mortadela realizadas neste projeto foram desenvolvidas com a fibra de granulometria fina, devido ao bom desempenho apresentado nos resultados de estabilidade de emulsão e em função de sua massa estar mais uniforme sem a presença de grânulos aparentes, quando aplicada ao produto emulsionado.

5.2 Resultados da aplicação da fibra de laranja na mortadela

5.2.1 Resultados físico-químicos

Os requisitos estabelecidos na Instrução Normativa n.4, do DIPOA (BRASIL, 2000) para a mortadela são teor mínimo de proteína de 12% e máximos de umidade de 65%, gordura de 30% e carboidratos totais de 10%.

As formulações F1, F2 e F6 (contendo 20% de água adicionada) atendem ao valor mínimo de proteína especificado para mortadela (12%), sendo que a F1 não diferiu significativamente ($p>0,05$) do controle, as formulações com adição de 34% de água apresentaram resultados significantemente inferiores ($p<0,05$) aos demais tratamentos, indicando que o aumento da água adicionada reduz o teor protéico. Com relação ao parâmetro umidade, as formulações foram superiores a 65%, diferindo significativamente ($p<0,05$) do controle devido ao aumento de água adicionada. Todas as formulações atendem ao parâmetro carboidrato, mantendo-se inferiores a 10%(Tabela 9).

Com relação ao teor de *fibra*, as formulações F5, F6, F7 e F8 com adição de 3% de fibra não diferiram significativamente ($p<0,05$) entre si, sendo que a F6 apresentou o maior valor. Para utilizar-se o atributo “fonte de fibra” na rotulagem do produto, como definido na Portaria n. 27, da ANISA (BRASIL, 1998), é necessário o mínimo de 3g fibra/100g de produto final. Para atingir este parâmetro mínimo de fibra total em um produto industrializado com estas características é necessária a adição de quantidade superior a 3%. Entretanto, considera-se que a adição de fibras em alimentos consumidos frequentemente, como os produtos cárneos, pode ajudar a aumentar a ingestão diária (JIMÉNEZ COLMENERO; AYO; CARBALLO, 2005).

O produto pode ser denominado como de “baixa gordura total” ou “*light*”, com relação ao parâmetro *gordura*, para todas as formulações testadas, devido à redução obtida ser superior a 25% (BRASIL, 1998). A formulação F1 reduziu em 70,63% o teor de *gordura* em relação ao controle e não diferiu significativamente ($p>0,05$) da F3.

Tabela 9. Composição química aproximada das mortadelas de frango.

Ensaio	Proteína (%) M (DP)	Umidade (%) M (DP)	Gordura* (%) M (DP)	Fibra Alimentar (%) M (DP)	Resíduo M. Fixo (%) M (DP)	Carboidrato (%) M (DP)
F1	12,98 ^a (0,02)	70,15 ^b (0,07)	5,75 ^g (0,01)	1,83 ^b (0,27)	3,65 ^a (0,03)	6,28 ^c (0,10)
F2	12,11 ^b (0,11)	66,03 ^d (0,02)	14,07 ^b (0,01)	1,57 ^{bc} (0,14)	3,26 ^c (0,01)	4,82 ^{de} (0,17)
F3	11,32 ^c (0,10)	73,51 ^a (0,07)	5,89 ^g (0,16)	1,57 ^{bc} (0,20)	3,34 ^{bc} (0,01)	4,33 ^{def} (0,07)
F4	10,67 ^d (0,04)	69,60 ^{bc} (0,02)	13,83 ^b (0,09)	1,80 ^b (0,20)	2,58 ^f (0,01)	5,21 ^{cd} (0,09)
F5	11,81 ^b (0,04)	66,09 ^d (0,07)	6,87 ^f (0,13)	2,59 ^a (0,06)	3,24 ^{cd} (0,02)	9,21 ^a (0,08)
F6	12,03 ^b (0,01)	69,63 ^{bc} (0,01)	11,57 ^d (0,06)	2,86 ^a (0,05)	3,34 ^{bc} (0,01)	7,37 ^b (0,03)
F7	10,81 ^d (0,01)	72,36 ^a (0,38)	7,64 ^e (0,14)	2,61 ^a (0,12)	3,35 ^{bc} (0,02)	5,06 ^{de} (0,04)
F8	10,28 ^e (0,02)	68,54 ^c (0,02)	12,68 ^e (0,10)	2,75 ^a (0,26)	2,84 ^e (0,02)	3,54 ^b (1,16)
Controle	12,74 ^a (0,32)	60,58 ^e (1,63)	19,58 ^a (0,78)	1,17 ^c (0,05)	3,18 ^d (0,03)	2,20 ^g (0,05)

M(DP): Média (Desvio Padrão);

Médias com letras diferentes diferem significativamente a 5% (Teste Tukey).

A Tabela 10 apresenta a análise dos efeitos dos ingredientes testados na resposta gordura. Observa-se que a adição da fibra de laranja afetou estatisticamente ($p < 0,05$) o teor de gordura nas mortadelas, ou seja, quanto maior a concentração da fibra, menor o teor de gordura na mortadela.

Tabela 10. Análise de efeitos para o atributo gordura do delineamento 2³.

	Efeito	Desvio Padrão	p
Média/Interação	9,78562	0,029765	<0,001*
(1) Fibra de laranja	-0,19625	0,059529	<0,001*
(2) Água	0,44625	0,059529	<0,001*
(3) Gordura	6,49875	0,059529	<0,001*
1X2	0,49375	0,059529	<0,001*
1X3	-1,62875	0,059529	<0,001*
2X3	-0,00625	0,059529	0,92

*Significância de 95%

Os resultados obtidos foram utilizados na construção de um modelo empírico apresentado na equação 1:

Equação (1)

$$\text{Gordura: } 9,78 - 0,098X_1 + 0,223X_2 + 3,249X_3 + 0,246 X_1X_2 - 0,814X_1X_3 - 0,003X_2X_3$$

A Tabela 11 apresenta a análise de variância realizada para validação do modelo obtido. O F calculado superior ao F tabelado e o coeficiente de correlação obtido ($R^2 = 99,8\%$), indicam uma boa concordância entre os valores experimentais e o previsto no modelo, permitiram a construção da superfície de resposta.

Tabela 11. Análise de variância do modelo matemático para o atributo gordura do delineamento 2³.

Causa da variação	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Quadrados médios	F calc.	F tab.
Regressão	272,20836	6	45,36806	2.133,73	2,69
Resíduo	0,3615	17	0,021262		
Total	272,5698	23			

A superfície de resposta para a fração gordura está apresentada na Figura 16. Pode-se verificar que, à medida que aumenta a porcentagem de fibra e água na formulação nos níveis estudados, há tendência à redução no teor de gordura.

Na produção de mortadela, com substituição total ou parcial da gordura pelas fibras, Barretto (2007) obteve produtos com teor reduzido de gordura entre 50 e 75%, com boa aceitação sensorial, não diferindo significativamente ($p>0,05$) da mortadela controle sem adição de fibras e com 20% de gordura.

A Tabela 12 mostra os resultados de valor calórico dos testes em relação ao controle. Observa-se que a formulação F3 (com 4% de gordura) apresentou a maior redução calórica (51,01%), seguida dos testes F1, F7, F5 (com 4% de gordura) e F8 (com 16% de gordura); estes reduziram o valor calórico em níveis superiores a 25%, quando comparadas com o controle (adicionado de 24% de gordura), os quais podem ser denominados de “baixo teor calórico” ou “*light*”, de acordo com o preconizado na Portaria n. 27, da ANVISA (BRASIL, 1998).

Figura 16. Superfície de resposta para o atributo gordura do delineamento 2^3 , em função das variáveis água e fibra (a), gordura e fibra (b) e gordura e água (c).

Tabela 12. Avaliação do valor calórico (kcal) das mortadelas e redução calórica (em %) das formulações em relação ao controle.

Ensaio	Valor calórico (kcal)	% Redução
F1	128,79	45,42*
F2	194,31	17,65
F3	115,59	51,01*
F4	187,97	20,33
F5	145,89	38,17*
F6	181,67	23,00
F7	132,18	43,98*
F8	169,38	28,21*
Controle	235,94	-

* Produtos que podem ser denominados *light*, devido à redução de mais de 25% no valor calórico (BRASIL, 1998) em relação ao controle.

A Tabela 13 apresenta a análise dos efeitos dos ingredientes testados na resposta valor calórico. Observa-se que a adição da fibra de laranja afetou estatisticamente ($p < 0,05$) o valor calórico das mortadelas, ou seja, quanto maior a concentração da fibra, menor o valor calórico obtido.

Tabela 13. Análise de efeitos para o atributo valor calórico do delineamento 2³.

	Efeito	Desvio Padrão	p
Média/Interação	127,22	0,59	<0,001*
(1)Fibra de laranja	-4,83	1,19	<0,001*
(2)Água	-8,99	1,19	<0,001*
(3)Gordura	25,65	1,19	<0,001*
1X2	4,23	1,19	<0,001*
1X3	-1,90	1,19	0,13
2X3	0,14	1,19	0,91

*Significância de 95%.

Os resultados obtidos foram utilizados na construção de um modelo empírico apresentado na equação 2:

Equação (2)

$$\text{Valor calórico: } 127,2 - 2,41X_1 - 4,49X_2 + 12,82X_3 + 2,11 X_1X_2 - 0,95X_1X_3 + 0,07X_2X_3$$

A tabela 14 apresenta a análise de variância realizada para validação do modelo obtido. O F calculado superior ao F tabelado e o coeficiente de correlação obtido ($R^2 = 97\%$) validaram o modelo matemático e permitiram a construção da superfície de resposta.

Tabela 14. Análise de variância do modelo matemático para o atributo valor calórico do delineamento 2³.

Causa da variação	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Quadrados médios	F calc.	F tab.
Regressão	4.700,9473	6	783,4912	92,4063	2,69
Resíduo	144,139	17	8,478761		
Total	4.845,086	23			

A superfície de resposta para o valor calórico está apresentada na Figura 17. Pode-se verificar que, à medida que aumenta a porcentagem de fibra e água na formulação, há tendência a redução do valor calórico nos níveis estudados.

Figura 17. Superfície de resposta para o atributo valor calórico do delineamento 2^3 , em função das variáveis água e fibra (a), gordura e fibra (b) e gordura e água (c).

Diversas pesquisas para utilização de fibras alimentares em produtos cárneos têm sido realizadas com a finalidade de reduzir o teor de gordura e o valor calórico (FERNÁNDEZ LÓPEZ *et al.*, 2004; HUGHES; COFRADES E TROY, 1997; GARCIA *et al.*, 2002).

Com relação ao teor de amido nas formulações, todas atenderam o requisito de teor máximo de 5%, de acordo com o definido na Instrução Normativa n. 04 do MAPA (BRASIL, 2000) (Tabela 15). Observa-se que as formulações com adição de fibras tendem a aumentar o valor de amido. A Figura 18 apresenta à análise dos efeitos dos ingredientes testados na resposta amido. Observa-se que a adição da fibra de laranja afetou estatisticamente ($p < 0,05$) o valor de amido, ou seja, quanto maior a concentração da fibra, maior o teor de amido. Este fato também pode estar relacionado com a metodologia de análise utilizada, que determina em seu resultado final os açúcares.

Tabela 15. Determinação de amido das mortadelas.

Ensaio	Amido (%)
	M (DP)
T1	2,73 ^d (0,01)
T2	2,67 ^{bcd} (0,04)
T3	2,46 ^f (0,02)
T4	2,14 ^h (0,04)
T5	2,62 ^{cde} (0,02)
T6	3,00 ^a (0,04)
T7	2,71 ^{bc} (0,01)
T8	2,55 ^{ef} (0,01)
Controle	2,27 ^g (0,06)

M(DP): Média (Desvio Padrão);

Médias com letras diferentes diferem significativamente a 5% (Teste Tukey).

Figura 18. Diagrama de Pareto da análise dos efeitos dos ingredientes testados na resposta amido.

5.2.2 Avaliação de textura (medida de firmeza)

Na análise de firmeza das amostras observa-se que a F1 apresenta o maior valor, não diferindo significativamente ($p>0,05$) da formulação controle. A F3 e F4 apresentaram menor valor, provavelmente pela relação entre a alta quantidade de água (34%) e a menor quantidade de fibra (1%) utilizada na formulação. Os produtos elaborados com 3% de fibra (F5, F6, F7 e F8) apresentaram-se mais aerado após o cozimento, o que pode estar relacionado com a maior incorporação de ar durante o embutimento, pois a massa cárnea apresentou-se mais firme após a elaboração, isto pode ter contribuído para reduzido a firmeza (Tabela 16). Muitos autores reportam aumento na firmeza quando se adicionam fibras em produtos cárneos (THEBAUDIN *et al.*, 1997; FERNÁNDEZ-GÍNÉS *et al.*, 2003; FERNÁNDEZ-GÍNÉS *et al.*, 2004). Grigelmo-Miguel *et al.* (1999) em seus estudos evidenciaram uma redução na firmeza em salsichas quando reduziram os níveis de adição de gordura e aumentaram a adição de água e fibra.

Tabela 16. Determinação do perfil de textura das mortadelas através da análise de firmeza (g/cm²).

Ensaio	Firmeza (g/cm ²) M (DP)
F1	3.946,3 ^a (170,80)
F2	3.296,4 ^b (179,07)
F3	1.362,3 ^f (133,95)
F4	1.847,5 ^{de} (163,36)
F5	1.820,3 ^{de} (179,54)
F6	1.620,3 ^{ef} (136,87)
F7	2.219,1 ^c (161,94)
F8	1.722,0 ^{def} (171,13)
Controle	3.711,4 ^a (196,53)

M(DP): Média (Desvio Padrão);

Médias com letras diferentes diferem significativamente a 5% (Teste Tukey).

A Tabela 17 apresenta a análise dos efeitos dos ingredientes testados na resposta *textura*. Observa-se que a fibra de laranja e a adição de água afetaram estatisticamente ($p < 0,05$) a *textura* das mortadelas, ou seja, quanto maior a concentração da fibra e água, menor a firmeza obtida no produto final.

Tabela 17. Análise de efeitos para o atributo textura do delineamento 2³.

	Efeito	Desvio Padrão	p
Média/Interação	2.308,48	52,86	<0,001*
(1)Fibra de laranja	-816,70	105,73	<0,001*
(2)Água	-1.005,01	105,73	<0,001*
(3)Gordura	-161,88	105,73	0,145
1X2	1.111,74	105,73	<0,001*
1X3	-41,73	105,73	0,698
2X3	264,40	105,73	0,023

*Significância de 95%

Os resultados obtidos foram utilizados na construção de um modelo empírico apresentado na equação 3:

Equação (3)

Textura: $2.308,48 - 408,35X_1 - 502,50X_2 - 80,94X_3 + 555,86 X_1X_2 - 20,86X_1X_3 + 132,19X_2X_3$

A tabela 18 apresenta a análise de variância realizada para validação do modelo obtido. O F calculado superior ao F tabelado e o coeficiente de correlação obtido ($R^2 = 90\%$) validaram o modelo matemático e permitiram a construção da superfície de resposta.

Tabela 18. Análise de variância do modelo matemático para o atributo textura do delineamento 2³.

Causa da variação	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Quadrados médios	F calc.	F tab.
Regressão	18.065.195	6	3.010.866	24,9088	2,69
Resíduo	2.054.885	17	120.875,6		
Total	20.120.080	23			

A superfície de resposta para a firmeza está apresentada na Figura 19. Observa-se que à medida que se aumentou a adição da fibra de laranja, água e gordura de forma isolada, nos níveis estudados diminuem o valor de firmeza.

Figura 19. Superfície de resposta para o atributo textura do delineamento 2^3 , em função das variáveis água e fibra (a), gordura e fibra (b) e gordura e água (c).

5.2.3 Determinação de cor

A Figura 20 apresenta a coloração das mortadelas de frango em fotografia com exposição à luz natural. A formulação F5 apresentou cor mais escura, diferente da tonalidade das demais, intensificando a cor marrom; isto ocorreu nas formulações F6, F7 e F8 em menor intensidade e pode estar relacionada com maior teor de fibra adicionado.

A determinação objetiva de cor apresentada na Tabela 19 expressa os valores de L^* , a^* e b^* . Para o valor L^* , que representa a luminosidade da amostra, quanto maior o seu valor, mais clara será a amostra. O parâmetro a^* indica a intensidade da cor vermelha; ou seja, quanto maior esse valor mais vermelha será a amostra. O parâmetro b^* indica a intensidade da cor amarela, que para carnes e seus derivados está relacionada com a cor marrom (BARRETTO, 2007).

A formulação controle, contendo o maior teor de gordura, apresentou o maior valor de L^* e diferiu significativamente ($p < 0,05$) de todas as formulações, indicando para esta formulação uma cor mais pálida, provavelmente pelo maior teor de gordura adicionado.

Figura 20. Fotografia das mortadelas fatiadas em 1,5cm e expostas à luz natural, obtida em resolução de 7,2 megapixels e qualidade de impressão de 600 dpi.

A formulação F1 apresentou o maior valor de a^* , diferindo significativamente ($p < 0,05$) dos demais tratamentos e do controle, indicando a cor vermelha mais intensa; isto pode estar relacionado com o teor reduzido de gordura adicionada (4%), exceto para a formulação F3. As formulações F5 e F7, que possuem menor teor de gordura, também apresentaram os valores de a^* mais elevados.

Tabela 19. Avaliação objetiva de cor das mortadelas.

Ensaio	L^* M (DP)	a^* M (DP)	b^* M (DP)
F1	68,66 ^g (1,32)	14,79 ^a (0,32)	12,76 ^d (0,30)
F2	72,52 ^c (0,40)	12,42 ^d (0,25)	12,93 ^{cd} (0,19)
F3	71,05 ^{def} (0,46)	12,26 ^{de} (0,32)	12,10 ^e (0,35)
F4	70,81 ^{ef} (0,28)	12,93 ^{bc} (0,26)	11,94 ^e (0,33)
F5	70,23 ^f (0,14)	13,05 ^c (0,24)	14,85 ^a (0,40)
F6	73,89 ^b (0,74)	11,99 ^e (0,38)	14,32 ^b (0,26)
F7	70,60 ^{ef} (0,32)	12,98 ^{bc} (0,20)	14,34 ^b (0,27)
F8	65,32 ^{cd} (0,34)	12,49 ^d (0,17)	14,22 ^b (0,23)
Controle	75,73 ^a (0,50)	12,58 ^{cd} (0,32)	11,19 ^f (0,23)

M(DP): Média (Desvio Padrão);

Médias com letras diferentes diferem significativamente a 5% (Teste Tukey).

Para os valores de b^* , a formulação F5 apresentou-se superior, diferindo significativamente ($p < 0,05$) dos demais tratamentos, porém próximos aos valores encontrados para F6, F7 e F8, que não diferiram significativamente ($p > 0,05$) entre si, mas diferiram dos demais tratamentos, demonstrando que os tratamentos com adição de 3% de fibra apresentam cor amarela mais intensa. Esta coloração mais escura da F5 também foi visualizada na Figura 20. As formulações com 1% de fibra (F1, F2, F3 e F4 apresentaram-se mais próximas dos valores obtidos no controle (Figura 20). Fernández-Ginés *et al.* (2003) observaram aumento do valor b^* em mortadelas elaboradas com fibras de laranja (1, 1,5 e 2,0%) e atribuíram este fato

aos carotenóides presentes na fibra desta fruta, que não foram totalmente removidos durante a etapa de lavagem da fibra.

A fibra de laranja obtida neste experimento, interfere significativamente ($p < 0,05$) no valor b^* quando adicionado em mortadela de frango.

5.2.4 Resultados da análise sensorial

Os resultados obtidos com a análise sensorial (escala hedônica) para os atributos aparência, textura, suculência, sabor e odor são apresentados na Tabela 20 e na Figura 21.

Para o atributo aparência, pode-se observar que a formulação F6, contendo a adição de 3% de fibra, diferiu significativamente ($p < 0,05$) das demais, apresentando baixa pontuação, assim como para as formulações F5, F7 e F8, que contêm a mesma quantidade de fibra, indicando que com 3% de adição de fibra já se pode observar menor preferência para este atributo. É importante ressaltar que os degustadores observaram a diferença de cor nos mesmos ensaios detectados através da cor objetiva, que indicou a cor marrom intensa, indesejável para produtos cárneos.

De acordo com o apresentado na Tabela 20, não foi observada diferença significativa ($p < 0,05$) entre as formulações para o atributo textura. Pode-se evidenciar que a diferença observada na avaliação de firmeza instrumental (item 5.2.2) não foi perceptível significativamente quando analisada através do painel sensorial.

Para o atributo suculência, não houve diferença significativa ($p > 0,05$) das formulações com o controle. A formulação F3, elaborada com 1% de fibras, apresentou o melhor resultado e diferiu significativamente ($p < 0,05$) das formulações F5, F6, F7 e F8, elaboradas com 3% de fibra. Observou-se diferença significativa ($p < 0,05$) da formulação F4 (com 1% de fibras) com as formulações F6, F7 e F8, indicando que os produtos elaborados com 3% de fibras apresentaram-se mais secos. De acordo com Fernández-Gínés et al. (2003), essa redução pode estar relacionada com a água retida pela fibra, consequentemente as formulações com

maior teor de fibra adicionada apresentam mais água ligada às fibras. Fernández-Ginés et al. (2004) utilizaram albedo de limão (*Citrus lemon verna*) e também observaram redução de suculência com o aumento da dose de fibra e com a redução da gordura.

Na avaliação do atributo sabor, a formulação F3 (1% de fibras e 4% de gordura) apresentou a maior pontuação e diferiu significativamente ($p < 0,05$) da F7, que apresentou a menor pontuação, assim como as formulações F5, F6 e F8, indicando menor aceitação para produtos com 3% de fibras.

Para o atributo odor, não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre os tratamentos.

Tabela 20. Médias das notas obtidas na avaliação sensorial das mortadelas através da escala hedônica.

Formulações	Aparência M (DP)	Textura M (DP)	Suculência M (DP)	Sabor M (DP)	Odor M (DP)
F1	5,20 ^a (0,72)	4,80 ^a (1,30)	4,20 ^{abc} (1,29)	4,53 ^{ab} (1,30)	4,80 ^a (0,83)
F2	5,07 ^a (1,01)	4,60 ^a (1,21)	4,53 ^{abc} (1,21)	4,93 ^{ab} (1,16)	4,80 ^a (0,86)
F3	5,27 ^a (0,88)	5,33 ^a (1,18)	5,47 ^a (1,30)	5,33 ^a (1,11)	5,13 ^a (1,01)
F4	4,93 ^a (0,96)	5,13 ^a (0,82)	5,33 ^{ab} (0,92)	4,53 ^{ab} (0,99)	4,73 ^a (1,13)
F5	4,67 ^a (1,03)	4,73 ^a (0,83)	4,13 ^{bc} (0,82)	4,33 ^{ab} (1,11)	4,40 ^a (1,16)
F6	3,27 ^b (1,05)	4,20 ^a (1,28)	3,87 ^c (1,19)	4,00 ^{ab} (1,31)	4,13 ^a (0,91)
F7	4,27 ^a (1,33)	4,27 ^a (1,26)	3,93 ^c (1,19)	3,87 ^b (1,46)	4,67 ^a (1,06)
F8	4,53 ^a (0,80)	4,87 ^a (1,10)	3,93 ^c (1,16)	4,40 ^{ab} (1,24)	4,53 ^a (0,82)
Controle	5,33 ^a (0,82)	4,87 ^a (1,06)	4,33 ^{abc} (1,10)	4,60 ^{ab} (1,30)	4,60 ^a (0,80)

M(DP): Média (Desvio Padrão);

Médias com letras diferentes diferem significativamente a 5% (Teste Tukey).

Na Figura 21 pode-se observar aceitação geral melhor para a F3, seguida das demais formulações elaboradas com 1% fibra, enquanto a formulação F6, e as demais elaboradas com 3% de fibra, apresentaram os menores resultados, indicando que a níveis de adição de 3% de fibra ocorre percepção da redução de qualidade.

Figura 21. Representação gráfica das médias obtidas da análise sensorial das mortadelas a partir da escala hedônica.

A escala do ideal é um método afetivo quantitativo, que possibilita identificar uma resposta específica aos atributos sensoriais de um produto e a intensidade considerada como ideal (STONE; SIDEL, 1985; FERREIRA, 2000).

O teste do ideal para o atributo de *sabor residual de laranja* foi definido para identificar as formulações com menores residuais e mais próximos do controle. Observa-se, na Figura 22, que as formulações F1, F2, F3 e F4 (com 1% de fibras) estão mais próximas do ideal, sendo que F2 e F3 apresentaram-se ideal para mais de 70% das respostas, valor considerado recomendado com ideal por Ferreira *et al.* (2000). Nas formulações com adição de 3% de fibra o sabor residual de laranja foi mais perceptível. Guillon, Champ e Thibault (2000) em seus estudos também

relatam que mesmo com o tratamento de lavagem e desidratação, a fibra mantém o sabor e aroma característico da laranja, que pode ser perceptível em produtos que contenham sua aplicação.

Figura 22. Histogramas dos valores obtidos para sabor residual de laranja na escala do ideal na avaliação mortadelas.

Na Figura 23, para a avaliação do *sabor ácido*, F2 e F3 estão mais próximas do ideal e observa-se também que, quando avaliado isoladamente este atributo, as formulações com mais fibras foram identificadas como diferentes do ideal.

A avaliação para *brilho* foi realizada para identificar a influência da adição de fibra e da redução de gordura neste parâmetro. Observa-se que o brilho é reduzido com o aumento de adição de fibra. As formulações com 1% fibra apresentam-se próximas do ideal (Figura 24).

Na Figura 25 podem-se observar os resultados do teste de intenção de compra das mortadelas, que revelou elevado grau de aceitação, de 66,67% para a formulação F3 e 60% para a F1, sendo estas aceitações superiores ao controle (46,46%). Isto pode ser evidenciado na Tabela 21, que apresenta as médias das avaliações de uma escala de 1 “certamente não compraria” a 5 “certamente

compraria”. Também, observa-se, a pontuação média superior para a formulação F3 assim como para as demais formulações com 1% de fibra (F1, F2 e F4).

Figura 23. Histogramas dos valores obtidos para sabor ácido na escala do ideal na avaliação mortadelas.

Figura 24. Histogramas dos valores obtidos para brilho na escala do ideal na avaliação mortadelas.

A F3 apresentou o melhor resultado, quando analisada através da escala hedônica (Figura 21) e do teste de intenção de compra (Figura 25 e Tabela 21), evidenciando que os aspectos sensoriais foram plenamente aceitos quando utilizada a formulação com fibra e baixo teor de gordura.

Figura 25. Resultado do teste de intenção de compra das mortadelas de frango (em %).

Tabela 21. Resultado médio do teste de intenção de compra das mortadelas de frango.

Formulações	Intenção de compra M (DP)
F1	3,53 ^a (0,99)
F2	3,13 ^{abc} (0,99)
F3	3,93 ^a (1,28)
F4	3,40 ^{ab} (0,83)
F5	3,07 ^{abc} (1,10)
F6	2,20 ^c (0,86)
F7	2,33 ^{bc} (0,98)
F8	3,00 ^{abc} (0,93)
Controle	3,27 ^{abc} (1,22)

M(DP): Média (desvio padrão);

Médias com letras diferentes diferem significativamente a 5% (Teste Tukey).

5.2.5 Análise de vida de prateleira (*Shelf-life*)

O produto foi acompanhado durante 3 meses de armazenamento refrigerado (5°C), com análise de 0, 30, 60 e 90 dias para *Aa*, *pH* e estabilidade microbiológica.

5.2.5.1 Atividade de água (*Aa*)

A Tabela 22 apresenta a avaliação da *Aa*; observa-se que não ocorreram diferenças ($p>0,05$) entre as formulações F3, F4 e F8, as quais possuem maior quantidade de água adicionada, porém diferiram ($p<0,05$) do controle. A faixa de variação entre todas as formulações analisadas foi pequena, entre 0,976 e 0,986, e pode ser considerada normal para este tipo de produto (BARRETTO, 2007).

Os valores de *Aa* se mantiveram estáveis durante a estocagem, não diferindo significativamente ($p>0,05$), exceto o controle, que apresentou aumento significativo ($p<0,05$) nos primeiros 30 dias.

Tabela 22. Avaliação de atividade de água (*Aa*) das mortadelas durante o período de estocagem de 90 dias a 5°C.

Ensaio	Aa 0 dia M (DP)	Aa 30 dias M (DP)	Aa 60 dias M (DP)	Aa 90 dias M (DP)
F1	0,976 ^{dA} (0,01)	0,979 ^{bA} (0,01)	0,979 ^{abA} (0,01)	0,977 ^{abA} (0,01)
F2	0,978 ^{bcdA} (0,01)	0,980 ^{bA} (0,01)	0,984 ^{abA} (0,01)	0,982 ^{abA} (0,01)
F3	0,980 ^{abA} (0,01)	0,984 ^{abA} (0,01)	0,984 ^{abA} (0,01)	0,984 ^{abA} (0,01)
F4	0,982 ^{aA} (0,01)	0,989 ^{aA} (0,01)	0,985 ^{aA} (0,01)	0,986 ^{aA} (0,01)
F5	0,977 ^{cdA} (0,01)	0,980 ^{abA} (0,01)	0,978 ^{bA} (0,01)	0,977 ^{bA} (0,01)
F6	0,976 ^{dA} (0,01)	0,978 ^{bA} (0,01)	0,978 ^{bA} (0,01)	0,977 ^{abA} (0,01)
F7	0,978 ^{cdA} (0,01)	0,978 ^{bA} (0,01)	0,978 ^{bA} (0,01)	0,980 ^{abA} (0,01)
F8	0,980 ^{abcA} (0,01)	0,984 ^{abA} (0,01)	0,981 ^{abA} (0,01)	0,986 ^{abA} (0,01)
Controle	0,976 ^{dB} (0,01)	0,980 ^{bA} (0,01)	0,980 ^{abA} (0,01)	0,980 ^{abAB} (0,01)

M(DP): Média (desvio padrão);

Letras minúsculas foram analisadas na vertical e médias com letras diferentes diferem significativamente a 5% (Teste Tukey). Letras maiúsculas foram analisadas na horizontal e médias com letras diferentes diferem significativamente a 5% (Teste Tukey).

5.2.5.2 pH

Como pode-se observar na Tabela 23, as formulações F5, F6, F7 e F8, com 3% de adição de fibra, não diferiram ($p>0,05$) entre si, apresentando os menores valores de pH. As formulações com 1% não diferiram ($p>0,05$) do controle. Pode-se constatar que a fibra de laranja com pH de 3,476, utilizada neste experimento, quando aplicada nos níveis de 3%, reduz o pH do produto. Fernández-Ginés et al. (2003), não observaram diferença significativa ($p<0,05$) de pH entre controle e formulações até o nível de 2%.

Tabela 23. Avaliação de pH das mortadelas durante o período de estocagem de 90 dias a 5°C.

Ensaio	pH 0 dia M (DP)	pH 30 dias M (DP)	pH 60 dias M (DP)	pH 90 dias M (DP)
F1	6,02 ^{abC} (0,03)	5,99 ^{cC} (0,02)	6,27 ^{cA} (0,01)	6,16 ^{dB} (0,01)
F2	5,99 ^{abC} (0,03)	6,02 ^{bcC} (0,04)	6,30 ^{bcA} (0,01)	6,20 ^{cdB} (0,03)
F3	5,99 ^{abD} (0,02)	6,03 ^{bcC} (0,01)	6,31 ^{ba} (0,02)	6,21 ^{cB} (0,01)
F4	5,95 ^{bc} (0,06)	6,05 ^{bb} (0,02)	6,30 ^{bcA} (0,02)	6,26 ^{ba} (0,01)
F5	5,59 ^{cdC} (0,04)	5,63 ^{ec} (0,02)	5,94 ^{ea} (0,01)	5,75 ^{fgB} (0,01)
F6	5,49 ^{dc} (0,02)	5,49 ^{gC} (0,01)	5,81 ^{gA} (0,01)	5,65 ^{hB} (0,01)
F7	5,52 ^{dc} (0,03)	5,56 ^{fc} (0,02)	5,83 ^{gA} (0,01)	5,72 ^{gB} (0,01)
F8	5,54 ^{dd} (0,03)	5,61 ^{efC} (0,02)	5,87 ^{fa} (0,01)	5,77 ^{fb} (0,01)
Controle	6,08 ^{aC} (0,05)	6,16 ^{aB} (0,02)	6,44 ^{aA} (0,02)	6,37 ^{aA} (0,01)

M(DP): Média (desvio padrão);

Letras minúsculas foram analisadas na vertical e médias com letras diferentes diferem significativamente a 5% (Teste Tukey). Letras maiúsculas foram analisadas na horizontal e médias com letras diferentes diferem significativamente a 5% (Teste Tukey).

Os valores de pH avaliados neste experimento durante a vida de prateleira podem ser considerados normais, porém os ensaios com aplicação de 3% de fibra (F5, F6, F7 e F8), estão muito próximos do ponto isoelétrico das proteínas, podendo apresentar riscos de instabilidade de emulsão.

A variação de pH apresentou diferenças significativas ($p<0,05$) durante o período de estocagem, com incremento até aos 60 dias para todos os tratamentos e

redução com 90 dias não diferindo significativamente ($p>0,05$), exceto para as formulações F4 e controle. Barretto (2007), em seus estudos com mortadela durante o período de estocagem, obteve valores que considerou como estáveis, entre 6,03 a 6,29.

5.2.5.3 Avaliação da estabilidade microbiológica

A Tabela 24 apresenta os padrões microbiológicos máximos para produtos industrializados cozidos, estabelecidos pela Resolução RDC 12, da ANVISA (BRASIL, 2001).

Todas as formulações apresentaram contagem de microrganismos inferior aos padrões da legislação, a Tabela 25 apresenta o resultado com 90 dias de vida de prateleira. Durante todo o este período de estocagem (0, 30, 60 e 90 dias) sob refrigerado não foi evidenciada diferença nos valores. Observa-se que as variáveis testadas neste experimento não favoreceram o crescimento dos microrganismos avaliados.

Tabela 24. Padrões microbiológicos máximos para mortadela.

Grupos de microrganismos	NMP Coliformes	UFC <i>S.aureus</i> /g	UFC Clostrídios sulfito-dutores/g	<i>Salmonella</i> sp/25g
Tolerância para amostra	10^3	3×10^3	5×10^2	ausência

NMP: Numero mais provável; UFC: Unidade formadora de colônia.
Fonte: BRASIL, 2001.

O crescimento microbiológico dos produtos cárneos com baixo teor de gordura tem sido estudado, pois a vida útil destes produtos pode ser menor, devido ao conteúdo de água ser maior e, portanto, mais favoráveis ao crescimento microbiológico (JIMÉNEZ COLMENERO, 2000).

Tabela 25. Avaliação microbiológicos das mortadelas com 90 dias de estocagem a 5°C.

Ensaio	Coliformes	<i>S. aureus</i>	<i>Clostridium</i> <i>sulfito redutor</i>	<i>Salmonella sp</i>
	NMP	UFC	UFC	
F1	<1,0x10	<1,0x10	<1,0x10	ausente
F2	<1,0x10	<1,0x10	<1,0x10	ausente
F3	<1,0x10	<1,0x10	<1,0x10	ausente
F4	<1,0x10	<1,0x10	<1,0x10	ausente
F5	<1,0x10	<1,0x10	<1,0x10	ausente
F6	<1,0x10	<1,0x10	<1,0x10	ausente
F7	<1,0x10	<1,0x10	<1,0x10	ausente
F8	<1,0x10	<1,0x10	<1,0x10	ausente
Controle	<1,0x10	<1,0x10	<1,0x10	ausente

NMP (número mais provável); UFC (unidade formadora de colônia)

5.2.6 Microscopia óptica

De acordo com Buchheim (1998), o estudo da estrutura de um alimento pode ser realizado com técnicas de microscopia, uma vez que existe uma relação entre as propriedades químicas e físicas dos sistemas alimentares e suas correspondentes estruturas microscópicas.

A Figura 26 apresenta a *microscopia* da formulação controle, com glóbulos de gordura uniformes e com a presença nítida de um filme protéico envolvendo estes glóbulos, caracterizando uma emulsão estável (OLIVO; SHIMOKOMAKI, 2006).

A diferença da estrutura da emulsão da formulação controle (sem adição de fibras) e da F3 (com adição de fibras) está apresentada na Figura 27, na qual observa-se que a fibra não está distribuída uniformemente em toda a seção, tendendo a associar-se com as gotículas de gordura, porém mantendo a característica da emulsão estável.

Na microestrutura da formulação F8, visualizada com objetiva de 20 e 40 vezes, pode ser observada a presença de três tipos de estrutura vegetal, com núcleos característicos de parede celular vegetal, com formato de “cabeleira” e

“compactada” (Figura 28). A ilustração mostra nitidamente a atração da fibra com a gordura e, nesta associação, a gotícula de gordura mudou a sua conformação esférica, passando a acompanhar a forma longitudinal das fibras, que encontram-se na lateral ou cobrindo a superfície da gotícula de gordura. Observa-se a presença de um filme protéico envolvendo o glóbulo de gordura e a área de contato com a parede celular. As pectinas cítricas são capazes de reduzir a tensão interfacial entre a gordura e a água podendo ser utilizadas para a elaboração de emulsões (LEROUX *et al.*, 2003).

Pode-se constatar que a fibra apresenta uma característica de aprisionamento do glóbulo de gordura e, juntamente com a matriz protéica, pode contribuir para a estabilidade da emulsão. Este fato pode ser correlacionado com o resultado de estabilidade de emulsão apresentado no item 5.1.4.2, que mostra diferença significativamente ($p < 0,05$) superior para as formulações com aplicação de 1, 2 e 3% de fibras quando comparadas com o controle (sem aplicação de fibra). Em estudos da micrografia realizados por Barretto (2007) em mortadelas contendo fibra de aveia e trigo, ficou evidente a participação da fibra insolúvel na formação do filme interfacial que englobou a gordura.

Através do método de coloração *Sudan Black*, pode-se observar a distribuição aleatória da gordura no tecido, conforme a quantidade empregada na formulação (Figura 29). Segundo Schut (1976), a presença de glóbulos de gordura relativamente pequenos dentro da fase dispersa representa maior estabilidade da emulsão, desde que haja suficiente quantidade de agente emulsionante para envolver todas as partículas.

Leroux *et al.* (2003) e Wang e Cui (2005) descrevem que a pectina é capaz de produzir emulsões estáveis; entretanto, não está claro o entendimento sobre o mecanismo de estabilidade. Akhtar *et al.* (2002) pesquisaram as propriedades das pectinas cítricas e observaram que a presença de proteína, entre elas a hidroxiprolina, pode interferir positivamente na capacidade de emulsificação.

Figura 26. Microscopia óptica da formulação controle (sem adição de fibra) com objetiva de 20 vezes (a) e 40 vezes (b), com qualidade de impressão de 600dpi.

Figura 27. Microscopia óptica da formulação controle (sem adição de fibra) (a) e formulação F3 (1% de fibra, 4% de gordura) (b) com objetiva de 10 vezes, com qualidade de impressão de 600dpi.

Figura 28. Microscopia óptica da formulação F8 (3% de fibra, 16% de gordura) com aumento de 20 vezes (a) e com objetiva de 40 vezes (b) (na mesma imagem), com qualidade de impressão de 600dpi.

Figura 29. Microscopia óptica com aumento de 40 vezes da formulação controle (24% de gordura) (a) e da F3 (4% de gordura) (b) com coloração *Sudan Black*, com qualidade de impressão de 600dpi.

6. CONCLUSÕES

Foi possível transformar um subproduto da indústria do suco de laranja em um ingrediente rico em fibras e com grande potencial de aplicação em formulações de produtos cárneos.

A fibra de laranja apresentou bons resultados de funcionalidade quando comparada com fibras comerciais de laranja, trigo e beterraba. As diferentes granulometrias avaliadas influenciaram significativamente na capacidade de reter água e na estabilidade da emulsão.

Através da análise de estabilidade de emulsão e microscopia óptica, observou-se que a adição de fibra de laranja melhora a estabilidade da emulsão.

Em níveis de aplicação de 3% de fibra as mortadelas apresentaram alterações de cor objetiva, indicando maior intensidade para cor marrom.

Os produtos adicionados de 1% de fibra apresentaram boa aceitação sensorial, nos níveis de 3% foi possível detectado sabor ácido e residual de laranja mais intenso e menor brilho.

Este experimento pode ser validado a partir dos resultados obtidos especialmente na F3, através do uso da fibra em substituição da gordura na obtenção de mortadela com teor calórico reduzido em 51% (denominada *light*).

A fibra de laranja pode ser utilizada como um ingrediente funcional na elaboração de emulsões cárneas, atuando como um substituto de gordura, sem prejuízo dos aspectos sensoriais e de qualidade do produto.

A quantidade de fibra no produto final auxilia a suprir o déficit de fibra na alimentação.

7. REFERÊNCIAS*

ABECITRUS. Associação Brasileira dos Exportadores de Cítricos. Industrialização de laranja. Disponível em: http://www.abecitrus.com.br/industria_br.html. Acesso em: 13 nov. 2008.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Métodos químico e físico para análise de alimentos**. 4.ed. São Paulo: Ministério da Saúde, Instituto Adolfo Lutz, 2005. v.1, 1018p. (Série A. Normas e manuais técnicos).

AKHTAR, M.; DICKINSON, E.; MAZOYER, J.; LANGENDORFF, V. Emulsion stabilization of depolymerised pectin. **Food Hydrocolloids**, v.16, p.249-256, 2002.

ALESON CARBONELL, L.; FERNÁNDEZ LÓPEZ, J.; PÉREZ ALVAREZ, J.A.; KURI, V. Functional and sensory effects of fibre-rich ingredients on breakfast fresh sausages manufacture. **Food Science and Technology International**, v.11, p.89-97, 2004.

ARAVANTINOS ZAFIRIS, G.; OREOPOULOU, C.; TZIA, V.; THOMOPOULOS, C.D. Fibre fraction from orange peel residues after pectin extraction. **Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie**, v.27, p.468-471, 1994.

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

ASP, N. Enzymatic gravimetric methods. In: SPILLER, G.A. **CRC handbook of dietary fiber in human nutrition**. 2.ed. Boca Raton: CRC Press, 1992. p.37-45.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of AOAC international**. 16.ed. Arlington: AOAC International, AOAC (1991).

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of AOAC international**. 18.ed. Gaithersburg: AOAC International, 2005.

BAILEY, A.J.; LIGHT, N.D. **Connective tissue in meat and meat products**. London, New York: Elsevier Applied Science, 1989. 355p.

* De acordo com NBR 6023/10 preconizada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). As abreviaturas dos títulos dos periódicos seguem o Chemical Abstracts Service Source Index (CASSI) 1999.

BANCROFT, J.D.; GAMBLE, M., eds. **Theory and practice of histological techniques**. 5.ed. Edinburg, London: Churchill Livingstone, 2002. 640p.

BARRETTO, A.C.S. **Efeito da adição de fibras como substituto de gordura em mortadelas**. Campinas, 2007. 163p. Tese de Doutorado - Faculdade de Engenharia de Alimentos - Universidade Estadual de Campinas.

BENNINK, M.R. Fiber analysis. In: NIELSEN, S.S., ed. **Food analysis**. 2.ed. Gaithersburg: Aspen Publishers, 1998. p.189-199.

BETANHO, C.; SHIMOKOMAKI, M.; OLIVO, R. Estabilidade das emulsões cárneas. **Revista Nacional da Carne**, v.18, n.210, p.85-90, 1994.

BOBBIO, P.A.; BOBBIO, F.O. **Química do processamento de alimentos**. 2.ed. São Paulo: Varela, 1992. p.60-63.

BOBBIO, F.O.; BOBBIO, P.A. **Introdução à química de alimentos**. 3.ed. São Paulo: Varela, 2003. p.72-79.

BORROTO, B.; LARRAURI, J.A.; CRIBEIRO, A. Particle size influence on water holding capacity of citrus and pineapple dietary fiber. **Alimentaria**, v.268, p.89-90, 1995.

BRASIL. Portaria n. 27, de 13 de janeiro de 1998. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Regulamento Técnico referente a informação nutricional complementar. **Diário Oficial da União**, Brasília, n.233, 16 jan. 1998. Seção 1, p.12.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. SisLegis. **Instrução Normativa n. 20, de 21 de julho de 1999**. Oficializa os Métodos Analíticos Físico-Químicos para Controle de Produtos Cárneos e seus Ingredientes. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=2855>. Acesso em: 20 out. 2007.

BRASIL. Instrução Normativa n. 04, de 05 de abril de 2000. Ministério da Agricultura e Abastecimento. Regulamento técnico de Identidade e qualidade de carne mecanicamente separada, de mortadela, de lingüiça e de salsicha. **Diário Oficial da União**, Brasília, n.4, 05 abr. 2000. Seção 1, p.6.

BRASIL. Resolução n. 12, de 02 de janeiro de 2001. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da União**, Brasília, n. 7, 10 jan. 2001. Seção 1, p.45-53.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa n. 62 de 26 de agosto de 2003a**. Métodos Analíticos Oficiais para Análises Microbiológicas para Controle de Produtos de Origem Animal e Água. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=2851>. Acesso em: 20 out. 2007.

BRASIL. Resolução RDC n. 360, 23 de dezembro de 2003b. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Regulamento técnico sobre rotulagem nutricional de alimentos embalados. **Diário Oficial da União**, Brasília, n.8, 26 dez. 2003. Seção 1, p.15.

BUCHHEIM, W. Foodstuffs. In: ROBARDS, A.W.; WILSON, A.J., eds. **Procedures in electron microscopy**. Chichester: John Wiley, 1998. p.45-68.

CACERES, E.; GARCIA, M.L.; SELGAS, M.D. The effect of frutooligosaccharides on the sensory characteristics of cooked sausages. **Meat Science**, v.68, p.87-96, 2004.

CARBALLO, J.; FERNANDEZ, P.; BARRETO, G.; SOLAS, M.T.; JIMÉNEZ COLMENERO, F. Morphology and texture of bologna sausage as related to content of fat, starch and egg white. **Journal of Food Science**, v.61, n.3, p.652-655, 1996.

COULTATE, T.P. **Manual de química y bioquímica de los alimentos**. 3.ed. Zaragoza: Acribia, 2007. cap.3, p.41-71.

CUMMINGS, J.H. What is fiber? In: SPILLER, G.A.; AMEN, R.J., eds. **Fiber in human nutrition**. New York: Plenum Press, 1976. p.1-19.

DERIVI, S.C.N.; MENDEZ, M.H.M. Uma visão retrospectiva da fibra e doenças cardiovasculares. In: LAJOLO, F.M.; SAURA C.F.; PENNA, E.W.; MENEZES, E.W. **Fibra dietética en iberoamérica: tecnología y salud: obtención, caracterización, efecto fisiológico y aplicación en alimentos**. São Paulo: Varela, 2001. cap.30, p.411-430.

DIPENMAAT-WOLTERS, M.G.E. Functional properties of dietary fibre in foods. In: FOOD INGREDIENTS EUROPE, Paris, 1993. **Proceeding**. Maarssen: Expoconsult, 1993. p.44-56.

FERNANDEZ, M.; BARROTO, B.; LARRAURI, J.A.; SEVILLANO, E. Grape fruit dietary fiber: natural products without additives. **Alimentaria**, v.247, p.81-83, 1993.

FERNÁNDEZ GINÉS, J.M.; FERNÁNDEZ LOPEZ, J.; SAYAS BARBERÁ, E.; SENDRA, E.; PÉREZ ALVAREZ, J.A. Effect of storage conditions on quality characteristics of bologna sausages made with citrus Fiber. **Journal of Food Science**, v.68, p.710-715, 2003.

FERNANDEZ GINÉS, J.M.; FERNÁNDEZ LÓPEZ, J.; SAYAS BARBERÁ, J.A.; SENDRA, E.; PÉREZ ALVAREZ, J.A. Lemon albedo as a new source of dietary fiber: application to bologna sausage. **Meat Science**, v.67, p.7-13, 2004.

FERNÁNDEZ LÓPEZ, J.M.; FERNÁNDEZ GINÉS, L.; ALESON CARBONELL, E.; SENDRA, E.; SAYAS BARBERÁ, J.A.; PÉREZ ALVAREZ, J.A. Application of functional citrus by-products to meat products. **Trends in Food Science & Technology**, v.15, p.176-185, 2004.

FERREIRA, V.L.P, coord. **Análise sensorial: testes discriminativos e afetivos**. Campinas: SBCTA, PROFIQUA, 2000. 127p. (Manual - Série Qualidade).

FILISETTI, T.M.C.C. Fibra alimentar: definição e métodos analíticos. In: LAJOLO, F.M.; MENEZES, E.W. **Carbohidratos en alimentos regionales iberoamericanos**. São Paulo: Edusp, 2006. cap.11, p.255-286.

GARCIA, R.; DOMINGUEZ, M.L.; GALVEZ, M.D.; CASA, C.; SELGAS, M.D. Utilization of cereal and fruit fibres in low fat dry fermented sausages. **Meat Science**, v.60, p.227-236, 2002.

GIRARD, B.; MAZZA, G. Functional grape and citrus products. In: MAZZA, G., ed. **Functional foods: biochemical & processing aspects**. Lancaster: Technomic, 1998. cap.5, p.139-179.

GRIGELMO MIGUEL, N.; ABADÍAS SERÓS, M.I.; MARTÍN BELLOSO, O. Characterization of low-fat high-dietary fibre frankfurters. **Meat Science**, v.52, 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.

GUILLON, F.; CHAMP, M.; THIBAUT, J.F. Dietary fibre functional products. In: GIBSON, G.R.; WILLIAMS, C.M., eds. **Functional foods: concept to products**. Boca Raton: CRC Press; Cambridge: Woodhead, 2000. p.315-351. (Woodhead publishing in food science and technology).

HEDRICK, H.B.; ABERLE, E.D.; FORREST, J.C.; JUDGE, M.D.; MERKEL, R.A. **Principles of meat science**. 3.ed. Dubuque: Kendall/Hunt Publishing, 1994. 354p.

HUGHES, E.; COFRADES, S.; TROY, D.J. Effects of fat level, oat fibre and carrageenan on Frankfurters formulated with 5, 12 and 30% fat. **Meat Science**, v.45, n.3, p.273-281, 1997.

JIMÉNEZ COLMENERO, F. Relevant factors in strategies for fat reduction in meat products. **Trends in Food Science & Technology**, Cambridge, v.11, 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 replaces. **Meat Science**, Barking, v.69, 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, p.5-13, 2001.

JONES, K.W. Protein lipid interactions in processed meats. In: ANNUAL RECIPROCAL MEAT CONFERENCE, 37, Lubbock, 1984. **Proceedings**. Chicago: National Live Stock and Meat Board, American Meat Science Association, 1985. p.52-57.

LEROUX, J.; LANGENDORFF, V.; SCHICK, G.; VAISHNAV, V.; MAZOYER, J. Emulsion stabilizing properties of pectin. **Food Hydrocolloids**, v.17, p. 455-462, 2003.

MANRIQUE, D.M.; LAJOLO, F.M. Maduración, almacenamiento y procesamiento de frutas y vegetales: modificaciones em los componentes de fibra soluble. In: LAJOLO, F.M.; SAURA C.F.; PENNA, E.W.; MENEZES, E.W. **Fibra dietética en iberoamérica: tecnología y salud: obtención, caracterización, efecto fisiológico y aplicación em alimentos**. São Paulo: Varela, 2001. cap.22, p.283-308.

MANSOUR, E.H.; KHALIL, A.H. Characteristics of low-fat beefburguers as influenced by various types of wheat fibers. **Food Research International**, v.30, p.199-205, 1997.

MARIN, R.F.; SOLER RIVAS, C.; BENAVENTE GARCIA, O.; CASTILLO, J.; PEREZ ALVAREZ, J.A. By-products from different citrus processes as a source of costumized functional fibers. **Food Chemistry**, v.100, p.736-741, 2007.

MEIER, R.; GASSULL, M.A. Consensus recommendations on the effects and benefits of fibre in clinical practice. **Clinical Nutrition Supplements**, v.1, p.73-80, 2004.

NILSEN. Tendências e Análises. Nielsen/Tendências. **Nielsen Tendências**. 2008. Disponível em: <http://br.nielsen.com/pubs/tendencias.shtml>. Acesso em: 24 out. 2008.

OLIVO, R.; SHIMOKOMAKI, M. **Carnes: no caminho da pesquisa**. 2.ed. Cocal do Sul: IMPRINT, 2002. 155p.

OLIVO, R.; SHIMOKOMAKI, M. Emulsões cárneas. In: SHIMOKOMAKI, M.; OLIVO, R.; TERRA, N.N.; FRANCO, B.D.G.M., eds. **Atualidades em ciência e tecnologia de carnes**. São Paulo: Varela, 2006. cap.12, p.123-133.

PÉREZ, M.F.; SÁNCHEZ, J.L.R. Tecnología para la obtención de fibra dietetica a partir de matérias primas regionales: la experiencia em Cuba. In: LAJOLO, F.M.; SAURA CALIXTO, F.; PENNA, E.W.; MENEZES, E.W. **Fibra dietética em iberoamérica: tecnología y salud: obtención, caracterización, efecto fisiológico y aplicación en alimentos**. São Paulo: Varela, 2001. cap.15, p.211-236.

PERIAGO, M.J.; ROS, G.; LÓPEZ, G.; MARTINEZ, M.C.; RINCON, F. Componentes de la fibra dietetica y su efectos fisiológicos. **Revista Española de Ciencia y Tecnología de Alimentos**, v.33, n.3, p.229-247, 1993.

PRICE, J.F.; SHWEIGERT, B.S., eds. **The science of meat and meat products**. 3.ed. Westport: Food and Nutrition Press, 1987. 660p.

QUINT, L.N. **Interaction of fat and connective tissue in meat emulsions**. Lincoln, 1987. 161p. MS Thesis - University of Nebraska.

RANGANNA, S. **Manual of analysis of fruits and vegetables products**. New Delhi: McGraw Hill, 1977. 634p.

RODRIGUEZ, R.; JIMÉNEZ, A.; FERNÁNDEZ-BOLAÑOS, J.; GUILLÉN, R.; HEREDIA, A. Dietary fibre from vegetable products as source of functional ingredients. **Trends in Food Science & Technology**, v.17, p.3-15, 2006.

RAY, F.K.; MILLER, B.G.; VAN SICKLE, D.C.; ABERLE, E.D.; FORREST, J.C.; JUDGE, M.D. Microstructure of liver sausage. **Journal Food Science**, v.46, p.694-696, 1981.

REISER, S. Metabolic effects of dietary pectins related to human health. **Food Technology**, v.4, n.2, p.91-99, 1987.

SAURA-CALIXTO, F. Evolución del concepto de fibra. In: LAJOLO, F.M.; MENEZES, E.W. **Carbohidratos en alimentos regionales iberoamericanos**. São Paulo: Edusp, 2006. cap.10, p.235-253.

SCHAUB, S. M.; LEONARD, J. J. Composting: an alternative waste management option for food processing industries. **Trends in Food Science & Technology**, v.7, p.263-268, 1996.

SCHENEEMAN, B.O. Soluble vs. insoluble fiber: different physiological responses. **Food Technology**, v.2, p.81-82, 1987.

SCHIEBER, C.; STINTZING, F.C.; CARLE, R. By-products of plant food processing as a source of functional compounds – recent developments. **Trend in Food Science & Technology**, v.12, p.401-413, 2001.

SCHNEIDER, J.P. **Carne análoga ao DFD em frangos**. São Paulo, 2004. 65p. Dissertação de Mestrado - Faculdade de Ciências Farmacêuticas - Universidade de São Paulo.

SCHUT, J. Meat emulsions. In: FRIBERG, S., ed. **Food emulsions**. New York: Marcel Dekker, 1976. p.385-459. (Food Science, v.5).

SELGAS, M.D.; CÁCERES, E.; GARCÍA, M.L. Long-chain soluble dietary fiber as functional ingredient in cooked meat sausages. **Food Science and Technology International**, v.11, p.41-47, 2005.

SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE ALIMENTAÇÃO ANIMAL. **Compêndio brasileiro de alimentação animal 2005**. São Paulo: Sindirações, 2005. p.10.

SOUTHGATE, D.A.T.; WHITE, M.; SPILLER, G.A.; KAY, R.M. Glossary of dietary fiber components. In: SPILLER, G.A., ed. **CRC handbook of dietary fiber in human nutrition**. 2.ed. Boca Raton: CRC Press, 1992, p.29-33.

STONE, H.; SIDEL, J.L. **Sensory evaluation practices**. Orlando: Academic Press, 1985. 287p. (Food science and technology).

TEIXEIRA, E.; MEINERT, E.M.; BARBETTA, P.A. **Análise sensorial de alimentos**. Florianópolis: UFSC, 1987. 180p.

TERRA, A.B.S.; FRIES, L.L.M.; TERRA N.N. **Particularidades na fabricação do salame**. São Paulo: Varela, 2004. 152p.

TERRA, N.N. Profibra em produtos cárneos. In: SHIMOKOMAKI, M.; OLIVO, R.; TERRA, N.N.; FRANCO, B.D.G.M. **Atualidades em ciência e tecnologia de carnes**. São Paulo: Varela, 2006. cap.06, p.73-77.

THEANDER, O.; AMAN, O. The chemistry, morphology and analysis of dietary fiber components. In: INGLET, G.E.; FALKEHAG, S.I., eds. **Dietary fibers chemistry and nutrition**. New York: Academic Press, 1979. p.219-226. [Proceedings of a symposium held at the American Chemical Society Meeting, Miami Beach, Florida, Sept. 1-15, 1978.

THEANDER, O. The chemistry of dietary fibers. **Nutrition Review**, v.35, p.23-30, 1977.

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

TOMAYO, Y.; BERMUDEZ, A.S. Los residuos vegetales de la industria de jugo de naranja como fuente de fibra dietetica. In: LAJOLO, F.M.; MENEZES, E.W. **Fibra dietetica**. México: Instituto Politecnico Nacional, 1998. p.181-189. (Temas en tecnología de alimentos, v.2) (Programa Iberoamericano de Ciência e Tecnología para el Desarrollo).

WANG, Q.; CUI, S.W. Understanding the physical properties of food polysaccharides. In: CUI, S.W. **Food carbohydrates: chemistry, physical properties and applications**. Boca Raton: CRC Press, 2005. p.161-218.