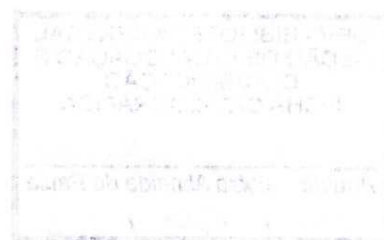


CAMILA FONSECA GUIMARÃES

**FORMULAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE
MORTADELAS COM ADIÇÃO DE FIBRAS FUNCIONAIS
E REDUÇÃO DE GORDURA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2011



**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

**G963f
2012**

Guimarães, Camila Fonseca, 1984-

**Formulação e caracterização de mortadelas com adição de
fibras funcionais e redução de gordura / Camila Fonseca
Guimarães. – Viçosa, MG, 2012.**

xx, 108f. : il. (algumas col.) ; 29cm.

Inclui anexos.

Inclui apêndice.

Orientador: Lúcio Alberto de Miranda Gomide.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 77-88.

**1. Embutidos (Alimentos) - Composição. 2. Alimentos -
Análise. 3. Tecnologia de alimentos. 4. Embutidos - Análise.
5. Embutidos - Análise sensorial. I. Universidade Federal de
Viçosa. II. Título.**

CDD 22. ed. 664.907

CAMILA FONSECA GUIMARÃES

FORMULAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE MORTADELAS COM ADIÇÃO DE FIBRAS FUNCIONAIS E REDUÇÃO DE GORDURA

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

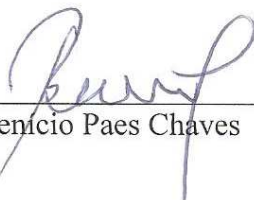
APROVADA: 15 de dezembro de 2011.



Edimar Aparecida Filomeno Fontes
(Coorientadora)



Eduardo Basílio de Oliveira



José Benício Paes Chaves



Eduardo Mendes Ramos



Lúcio Alberto de Miranda Gomide
(Orientador)

Em especial, aos meus pais, Geraldo Teixeira Guimarães
(*in memoriam*) e Cássia de Lourdes Fonseca, pelo amor,
pelo apoio e pelos ensinamentos.

Ao meu irmão, Davisson Guimarães, pelo amor.

Ao meu marido, Daniel Oliveira, pelo amor, apoio e
companheirismo.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que é a minha fortaleza.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV) e ao Departamento de Tecnologia de Alimentos (DTA), pela oportunidade de realização do Curso.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da UFV, pela minha formação.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro e pela concessão da bolsa de estudo.

Às empresas Clariant do Brasil, NEWMAX e JRS, pela concessão dos insumos para confecção das mortadelas.

Ao meu orientador, professor Lúcio Alberto de Miranda Gomide, pela orientação, pelo apoio, pela confiança, dedicação e amizade.

À minha coorientadora, professora Hércia Stampini Duarte Martino, pelo apoio, pela orientação e disponibilização do Laboratório de Nutrição para a realização de parte do experimento.

À minha coorientadora, professora Edimar Aparecida Filomeno Fontes, pelo apoio e pela orientação.

Ao meu também coorientador, professor Eduardo Basílio Oliveira, pelos comentários e pelas inserções.

Ao Vandick e à Luzia, pela amizade, pela ajuda constante e pelos valiosos conselhos.

Aos meus amigos do laboratório, Mária, Robledo e Talitha.

À Yorlene, Flávia, Iandra, Camila e Dorina, pelo auxílio na condução dos experimentos.

À Juliana, pela amizade, pelo incentivo e apoio.

À Conceição e ao Bruno, pela ajuda.

Ao Paulo Rogério, pelo auxílio e pelos importantes ensinamentos.

A todos os funcionários do DTA, em especial, ao José Geraldo, ao Osvaldo, à Geralda, ao José Silvério e ao Sr. Manoel, pela colaboração.

Ao meu marido, Daniel, pelo carinho e por estar sempre ao meu lado.

À minha mãe, pela presença constante e pelo apoio incondicional.

Ao meu pai, que apesar de não estar mais entre nós, me ensinou a seguir em frente sempre, a ser forte e nunca desistir dos meus objetivos.

Ao meu irmão, Davisson, e à minha cunhada, Joanna, pela força e pelo carinho.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização desta pesquisa.

BIOGRAFIA

CAMILA FONSECA GUIMARÃES, filha de Geraldo Teixeira Guimarães (*in memoriam*) e Cássia de Lourdes Fonseca, nasceu em 6 de julho de 1984, em Sete Lagoas, MG.

Em março de 2003, iniciou o curso de graduação em Engenharia de Alimentos na Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, MG, concluindo-o em agosto de 2008.

Em agosto de 2009, ingressou no Programa de Pós-Graduação, em nível de Mestrado, em Ciência e Tecnologia de Alimentos da UFV, sob a orientação do professor Lúcio Alberto de Miranda Gomide, submetendo-se à defesa da dissertação em 15 de dezembro de 2011.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE TABELAS.....	x
RESUMO.....	xvii
ABSTRACT.....	xix
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
3.1. Produtos cárneos emulsionados	4
3.2. Gordura	8
3.2.1. Substitutos de gordura	9
3.3. Fibra alimentar	11
3.3.1. Caracterização, propriedades nutricionais e tecnológicas	11
3.3.2. Celulose	15
3.3.3. Hemicelulose	15
3.3.4. Inulina	16
3.4. Produtos cárneos com adição de fibras.....	17
4. MATERIAL E MÉTODOS	20
4.1. Delineamento experimental e análise estatística	20
4.2. Formulações.....	22
4.3. Processamento das mortadelas.....	24
4.4. Composição centesimal	24
4.5. Valor energético.....	25
4.6. Análise de substâncias reativas com o ácido tiobarbitúrico (TBARS).....	25
4.7. Análise de perfil de textura instrumental (TPA).....	26
4.8. Análise de objetiva cor	27
4.9. pH.....	28
4.10. Atividade de água (Aa)	28
4.11. Estabilidade de emulsão da massa crua	28
4.12. Análise sensorial – Teste de aceitação.....	29
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
5.1. Adição de fibras funcionais em mortadelas	30
5.1.1. Composição centesimal e valor energético	30

	Página
5.1.2. Análise de substâncias reativas com o ácido tiobarbitúrico (TBARS), pH e atividade de água (Aa).....	31
5.1.3. Estabilidade de emulsão.....	33
5.1.4. Medidas objetivas de cor	34
5.1.5. Análise de perfil de textura (TPA).....	36
5.1.6. Aceitação sensorial de sabor.....	38
5.2. Substituição de toucinho por carne ou por misturas de fibras funcionais e água em mortadelas	39
5.2.1. Composição centesimal e valor energético.....	39
5.2.2. Análise de substâncias reativas com o ácido tiobarbitúrico (TBARS), pH e atividade de água (Aa)	45
5.2.3. Estabilidade de emulsão.....	48
5.2.4. Medidas objetivas de cor	50
5.2.5. Análise de perfil de textura (TPA).....	53
5.2.6. Aceitação sensorial de sabor.....	60
5.3. Comparação entre a substituição de 25 e 50% de toucinho por carne ou por misturas de fibras funcionais e água em mortadelas	64
5.3.1. Composição centesimal e valor energético.....	64
5.3.2. Análise de substâncias reativas com o ácido tiobarbitúrico (TBARS), pH e atividade de água (Aa).....	65
5.3.3. Estabilidade de emulsão.....	66
5.3.4. Medidas objetivas de cor	66
5.3.5. Análise de perfil de textura (TPA).....	67
5.3.6. Aceitação sensorial de sabor.....	68
5.4. Comparação entre a adição de fibras funcionais e a substituição de 25 ou 50% de toucinho por misturas de fibras funcionais e água em mortadelas	68
5.4.1. Composição centesimal e valor energético.....	68
5.4.2. Análise de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico, pH e atividade de água (Aa).....	70
5.4.3. Estabilidade de emulsão.....	71
5.4.4. Medidas objetivas de cor	72
5.4.5. Análise de perfil de textura (TPA).....	73
5.4.6. Aceitação sensorial de sabor.....	74
6. CONCLUSÕES	75
7. RECOMENDAÇÕES FUTURAS.....	76
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77
APÊNDICE.....	89

	Página
APÊNDICE A.....	90
ANEXOS	103
ANEXO A – ESPECIFICAÇÕES QUÍMICAS DA FIBRA VITACEL [®] WF 600	104
ANEXO B – ESPECIFICAÇÕES QUÍMICAS DA FIBRA ORAFTI [®] GR (BENEO)	106

LISTA DE FIGURAS

		Página
1	Fragmento (unidade de repetição) de uma cadeia de celulose.....	15
2	Exemplo de estrutura de hemicelulose.....	16
3	Estrutura química da inulina	17
4	Representação esquemática do delineamento experimental	21
5	Curva típica de deformação obtida da análise por TPA em alimentos sólidos ou semissólidos.....	26
6	Relação entre dureza e a relação proteína/gordura (P/G) das formulações das mortadelas-controle (×) e obtidas pela substituição de 25% (símbolos abertos) ou 50% (símbolos cheios) de gordura por carne (○;●) ou por fibras funcionais e água (Δ;▲ = 2,8% FS + 1,2% FI; ◇;◆ = 2% FS + 2% FI; □;■ = 1,2% FS + 2,8% FI;). n = 27; r = 0,7766; P < 0,0001	54
7	Relação entre elasticidade e a relação proteína/gordura (P/G) das formulações das mortadelas-controle (×) e obtidas pela substituição de 25% (símbolos abertos) ou 50% (símbolos cheios) de gordura por carne (○;●) ou por fibras funcionais e água (Δ;▲ = 2,8% FS + 1,2% FI; ◇;◆ = 2% FS + 2% FI; □;■ = 1,2% FS + 2,8% FI;). n = 27; r = 0,8016; P < 0,0001	54
8	Relação entre coesividade e a relação proteína/gordura (P/G) das formulações das mortadelas-controle (×) e obtidas pela substituição de 25% (símbolos abertos) ou 50% (símbolos cheios) de gordura por carne (○;●) ou por fibras funcionais e água (Δ;▲ = 2,8% FS + 1,2% FI; ◇;◆ = 2% FS + 2% FI; □;■ = 1,2% FS + 2,8% FI;). n = 27; r = 0,8016; P < 0,0001	57
9	Relação entre mastigabilidade e a relação proteína/gordura (P/G) das formulações das mortadelas-controle (×) e obtidas pela substituição de 25% (símbolos abertos) ou 50% (símbolos cheios) de gordura por carne (○;●) ou por fibras funcionais e água (Δ;▲ = 2,8% FS + 1,2% FI; ◇;◆ = 2% FS + 2% FI; □;■ = 1,2% FS + 2,8% FI;). n = 27; r = 0,8078; P < 0,0001.....	57

LISTA DE TABELAS

		Página
1	Formulações básicas das mortadelas (em % em relação à massa final de mortadela)	23
2	Médias e desvios-padrão da composição centesimal e dos valores energéticos de mortadelas formuladas pela adição de 4% de misturas de fibras alimentares e sua comparação com a formulação-controle (FC).....	30
3	Médias e desvios-padrão das substâncias reativas ao ácido 2-tiobarbitúrico (TBARS), pH e atividade de água (Aa) de mortadelas formuladas pela adição de 4% de misturas de fibras alimentares e sua comparação com a formulação-controle (FC).....	32
4	Médias e desvios-padrão do total de fluido exsudado (TFEX), gordura exsudada (GEX) de mortadelas formuladas pela adição de 4% de misturas de fibras alimentares e sua comparação com a formulação-controle (FC)	34
5	Médias e desvios-padrão das coordenadas de cor (L* , a* e b de mortadelas formuladas pela adição de 4% de misturas de fibras alimentares e sua comparação com a formulação-controle (FC)	35
6	Coordenadas de cor (L* , a* e b*) das diferentes misturas de fibras solúveis (FS) e insolúveis (FI)	35
7	Médias e desvios-padrão dos valores do perfil de textura instrumental (dureza, coesividade, elasticidade e mastigabilidade) e a relação proteína/gordura (P/G) de mortadelas formuladas pela adição de 4% de misturas de fibras alimentares e sua comparação com a formulação-controle (FC).....	37
8	Médias e desvios-padrão dos escores [†] de aceitação em relação ao sabor de mortadelas formuladas pela adição de 4% de misturas de fibras alimentares e sua comparação com a formulação-controle (FC).....	38
9	Médias e desvios-padrão da composição centesimal, valor energético (VE) e, relações água/proteína (A/P) e proteína/gordura (P/G) de mortadelas formuladas pela substituição de 25 ou 50% de toucinho por carne ou 4% de misturas de fibras funcionais e água e sua comparação com a mortadela-controle (FC)	40
10	Redução, em relação à mortadela-controle, dos teores de gorduras totais e valores energéticos das formulações pela substituição de 25 ou 50% de toucinho por carne ou por 4% misturas de fibras funcionais e água.....	44
11	Médias e desvios-padrão das substâncias reativas ao ácido 2-tiobarbitúrico (TBARS), atividade de água (Aa) e pH de mortadelas formuladas pela substituição de 25 ou 50% de toucinho por carne ou por 4% misturas de fibras funcionais e água e sua comparação com a mortadela-controle (FC)..	46

12	Médias e desvios-padrão dos teores total de fluído exsudado (TFEX), gordura exsudada (GEX) de mortadelas formuladas pela substituição de 25 ou 50% de toucinho por carne ou por 4% misturas de fibras funcionais e água e sua comparação com a mortadela-controle (FC)	49
13	Médias e desvios-padrão dos valores das coordenadas de cor L* , a* e b* de mortadelas formuladas pela substituição de 25 ou 50% de toucinho por carne ou por 4% misturas de fibras funcionais e água e sua comparação com a mortadela-controle (FC)	51
14	Coordenadas de cor do toucinho e das diferentes misturas de fibras solúveis (FS) e insolúveis (FI) utilizadas após sua hidratação	52
15	Médias e desvios-padrão dos valores do perfil de textura instrumental (dureza, elasticidade, coesividade e mastigabilidade) de mortadelas formuladas pela substituição de 25 ou 50% de toucinho por carne ou por 4% misturas de fibras funcionais e água	53
16	Correlações de Pearson entre parâmetros de textura instrumental (TPA) das mortadelas experimentais	56
17	Médias e desvios-padrão das notas de aceitação do sabor de mortadelas formuladas pela substituição de 25 ou 50% de toucinho por carne ou por 4% misturas de fibras funcionais e água	60
18	Estimativa do contraste entre médias ($F4 + F5 + F6 + F7 - (F8 + F9 + F10 + F11)$) e probabilidades para as características físico-químicas, físicas e de aceitação de mortadelas formuladas pela substituição de toucinho por carne ou fibras funcionais e água	65
19	Estimativa dos contrastes entre médias ($F1 + F2 + F3 - (F5 + F6 + F7)$ e $(F1 + F2 + F3) - (F9 + F10 + F11)$), e probabilidades para características físico-químicas, físicas e de aceitação de mortadelas formuladas pela adição de fibras funcionais ou substituição de toucinho por fibras funcionais e água	69
1A	Resumo da análise de variância dos teores de água, proteína, lipídios, resíduo mineral fixo (RMF) e carboidratos das formulações-controle (FC) e com adição de fibras funcionais (F1, F2 e F3)	90
2A	Resumo da análise de variância da relação proteína/gordura (P/G) e do valor energético (VE) das formulações-controle (FC) e com adição de fibras funcionais (F1, F2 e F3)	90
3A	Resumo da análise de variância do pH, atividade de água (Aa), TBARS, total de fluído exsudado (TFEX) e gordura exsudada (GEX) das formulações-controle (FC) e com adição de fibras funcionais (F1, F2 e F3)	90

4A	Resumo da análise de variância das coordenadas de cor (L* , a* e b*) das formulações-controle (FC) e com adição de fibras funcionais (F1, F2 e F3)	90
5A	Resumo da análise de variância dos parâmetros da análise de perfil de textura (dureza, coesividade, elasticidade e mastigabilidade) das formulações-controle (FC) e com adição de fibras funcionais (F1, F2 e F3).....	91
6A	Resumo da análise de variância do teste de aceitação das formulações-controle (FC) e com adição de fibras funcionais (F1, F2 e F3)	91
7A	Resumo da análise de variância dos teores de água, proteína, lipídios, resíduo mineral fixo (RMF) e carboidratos das formulações com adição de fibras funcionais (F1, F2 e F3)	91
8A	Resumo da análise de variância da relação proteína/gordura (P/G) e do valor energético (VE) das formulações com adição de fibras funcionais (F1, F2 e F3).....	91
9A	Resumo da análise de variância do pH, atividade de água (Aa), TBARS, total de fluido exsudado (TFEX) e gordura exsudada (GEX) das formulações com adição de fibras funcionais (F1, F2 e F3).....	92
10A	Resumo da análise de variância das coordenadas de cor (L* , a* e b*) das formulações com adição de fibras funcionais (F1, F2 e F3)	92
11A	Resumo da análise de variância dos parâmetros da análise de perfil de textura (dureza, coesividade, elasticidade e mastigabilidade) das formulações com adição de fibras funcionais (F1, F2 e F3).....	92
12A	Resumo da análise de variância do teste de aceitação das formulações com adição de fibras funcionais (F1, F2 e F3).....	92
13A	Resumo da análise de variância dos teores de água, proteína, lipídios, resíduo mineral fixo (RMF) e carboidratos da formulação-controle (FC) e das mortadelas formuladas pela substituição de 25% de toucinho por carne ou fibras funcionais e água (F4, F5, F6 e F7)	93
14A	Resumo da análise de variância das relações água / proteína (A/P) e proteína/gordura (P/G) e do valor energético (VE) da formulação-controle (FC) e das mortadelas formuladas pela substituição de 25% de toucinho por carne ou fibras funcionais e água (F4, F5, F6 e F7).....	93
15A	Resumo da análise de variância do pH, atividade de água (Aa), TBARS, total de fluido exsudado (TFEX) e gordura exsudada (GEX) da formulação-controle (FC) e das mortadelas formuladas pela substituição de 25% de toucinho por carne ou fibras funcionais e água (F4, F5, F6 e F7).....	93

16A	Resumo da análise de variância das coordenadas de cor (L* , a* e b*) da formulação-controle (FC) e das mortadelas formuladas pela substituição de 25% de toucinho por carne ou fibras funcionais e água (F4, F5, F6 e F7)	93
17A	Resumo da análise de variância dos parâmetros da análise de perfil de textura (dureza, coesividade, elasticidade e mastigabilidade) da formulação-controle (FC) e das mortadelas formuladas pela substituição de 25% de toucinho por carne ou fibras funcionais e água (F4, F5, F6 e F7).....	94
18A	Resumo da análise de variância do teste de aceitação da formulação-controle (FC) e das mortadelas formuladas pela substituição de 25% de toucinho por carne ou fibras funcionais e água (F4, F5, F6 e F7)	94
19A	Resumo da análise de variância dos teores de água, proteína, lipídios, resíduo mineral fixo (RMF) e carboidratos das mortadelas formuladas pela substituição de 25% de toucinho por carne ou fibras funcionais e água (F4, F5, F6 e F7)	94
20A	Resumo da análise de variância das relações proteína/gordura (P/G) e água/proteína (A/P), e do valor energético (VE) das mortadelas formuladas pela substituição de 25% de toucinho por carne ou fibras funcionais e água (F4, F5, F6 e F7)	94
21A	Resumo da análise de variância do pH, atividade de água (Aa), TBARS, total de fluido exsudado (TFEX) e gordura exsudada (GEX) das mortadelas formuladas pela substituição de 25% de toucinho por carne ou fibras funcionais e água (F4, F5, F6 e F7).....	95
22A	Resumo da análise de variância das coordenadas de cor (L* , a* e b*) das mortadelas formuladas pela substituição de 25% de toucinho por carne ou fibras funcionais e água (F4, F5, F6 e F7)	95
23A	Resumo da análise de variância dos parâmetros da análise de perfil de textura (dureza, coesividade, elasticidade e mastigabilidade) das mortadelas formuladas pela substituição de 25% de toucinho por carne ou fibras funcionais e água (F4, F5, F6 e F7).....	95
24A	Resumo da análise de variância do teste de aceitação das mortadelas formuladas pela substituição de 25% de toucinho por carne ou fibras funcionais e água (F4, F5, F6 e F7).....	95
25A	Resumo da análise de variância dos teores de água, proteína, lipídios, resíduo mineral fixo (RMF) e carboidratos da formulação-controle (FC) e das mortadelas formuladas pela substituição de 50% de toucinho por carne ou fibras funcionais e água (F8, F9, F10 e F11)	96

26A	Resumo da análise de variância das relações proteína/gordura (P/G) e água/proteína (A/P), e do valor energético (VE) da formulação-controle (FC) e das mortadelas formuladas pela substituição de 50% de toucinho por carne ou fibras funcionais e água (F8, F9, F10 e F11).....	96
27A	Resumo da análise de variância do pH, atividade de água (Aa), TBARS, total de fluido exsudado (TFEX) e gordura exsudada (GEX) da formulação-controle (FC) e das mortadelas formuladas pela substituição de 50% de toucinho por carne ou fibras funcionais e água (F8, F9, F10 e F11).....	96
28A	Resumo da análise de variância das coordenadas de cor (L* , a* e b*) da formulação-controle (FC) e das mortadelas formuladas pela substituição de 50% de toucinho por carne ou fibras funcionais e água (F8, F9, F10 e F11)	96
29A	Resumo da análise de variância dos parâmetros da análise de perfil de textura (dureza, coesividade, elasticidade e mastigabilidade) da formulação-controle (FC) e das mortadelas formuladas pela substituição de 50% de toucinho por carne ou fibras funcionais e água (F8, F9, F10 e F11).....	97
30A	Resumo da análise de variância do teste de aceitação da formulação-controle (FC) e das mortadelas formuladas pela substituição de 50% de toucinho por carne ou fibras funcionais e água (F8, F9, F10 e F11)	97
31A	Resumo da análise de variância dos teores de água, proteína, lipídios, resíduo mineral fixo (RMF) e carboidratos das mortadelas formuladas pela substituição de 50% de toucinho por carne ou fibras funcionais e água (F8, F9, F10 e F11)	97
32A	Resumo da análise de variância das relações proteína/gordura (P/G) e água/proteína (A/P) e, do valor energético (VE) das mortadelas formuladas pela substituição de 50% de toucinho por carne ou fibras funcionais e água (F8, F9, F10 e F11)	97
33A	Resumo da análise de variância do pH, atividade de água (Aa), TBARS, total de fluido exsudado (TFEX) e gordura exsudada (GEX) das mortadelas formuladas pela substituição de 50% de toucinho por carne ou fibras funcionais e água (F8, F9, F10 e F11).....	98
34A	Resumo da análise de variância das coordenadas de cor (L* , a* e b*) das mortadelas formuladas pela substituição de 50% de toucinho por carne ou fibras funcionais e água (F8, F9, F10 e F11)	98
35A	Resumo da análise de variância dos parâmetros da análise de perfil de textura (dureza, coesividade, elasticidade e mastigabilidade) das mortadelas formuladas pela substituição de 50% de toucinho por carne ou fibras funcionais e água (F8, F9, F10 e F11).....	98

36A	Resumo da análise de variância do teste de aceitação das mortadelas formuladas pela substituição de 50% de toucinho por carne ou fibras funcionais e água (F8, F9, F10 e F11)	98
37A	Resumo da análise de variância dos teores de água, proteína, lipídios, resíduo mineral fixo (RMF), carboidratos e valor energético (VE) do contraste entre médias (F4+F5+F6+F7) - (F8+F9+F10+F11)	99
38A	Resumo da análise de variância do pH, atividade de água (Aa), TBARS, total de fluido exsudado (TFEX) e gordura exsudada (GEX) do contraste entre médias (F4+F5+F6+F7) - (F8+F9+F10+F11).....	99
39A	Resumo da análise de variância das coordenadas de cor (L* , a* e b*) do contraste entre médias (F4+F5+F6+F7) - (F8+F9+F10+F11)	99
40A	Resumo da análise de variância dos parâmetros da análise de perfil de textura (dureza, coesividade, elasticidade e mastigabilidade) do contraste entre médias (F4+F5+F6+F7) - (F8+F9+F10+F11).....	99
41A	Resumo da análise de variância do teste de aceitação do contraste entre médias (F4+F5+F6+F7) - (F8+F9+F10+F11).....	100
42A	Resumo da análise de variância dos teores de água, proteína, lipídios, resíduo mineral fixo (RMF), carboidratos e valor energético (VE) do contraste entre médias (F1+F2+F3) - (F5+F6+F7)	100
43A	Resumo da análise de variância do pH, atividade de água (Aa), TBARS, total de fluido exsudado (TFEX) e gordura exsudada (GEX) do contraste entre médias (F1+F2+F3) - (F5+F6+F7).....	100
44A	Resumo da análise de variância das coordenadas de cor (L* , a* e b*) do contraste entre médias (F1+F2+F3) - (F5+F6+F7)	100
45A	Resumo da análise de variância dos parâmetros da análise de perfil de textura (dureza, coesividade, elasticidade e mastigabilidade) do contraste entre médias (F1+F2+F3) - (F5+F6+F7).....	101
46A	Resumo da análise de variância do teste de aceitação do contraste entre médias (F1+F2+F3) - (F5+F6+F7).....	101
47A	Resumo da análise de variância dos teores de água, proteína, lipídios, resíduo mineral fixo (RMF), carboidratos e valor energético (VE) do contraste entre médias (F1+F2+F3) - (F9+F10+F11)	101
48A	Resumo da análise de variância do pH, atividade de água (Aa), TBARS, total de fluido exsudado (TFEX) e gordura exsudada (GEX) do contraste entre médias (F1+F2+F3) - (F9+F10+F11).....	101

	Página
49A Resumo da análise de variância das coordenadas de cor (L* , a* e b*) do contraste entre médias (F1+F2+F3) - (F9+F10+F11).....	102
50A Resumo da análise de variância dos parâmetros da análise de perfil de textura (dureza, coesividade, elasticidade e mastigabilidade) do contraste entre médias (F1+F2+F3) - (F9+F10+F11).....	102
51A Resumo da análise de variância do teste de aceitação do contraste entre médias (F1+F2+F3) - (F9+F10+F11).....	102

RESUMO

GUIMARÃES, Camila Fonseca, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, dezembro de 2011. **Formulação e caracterização de mortadelas com adição de fibras funcionais e redução de gordura.** Orientador: Lúcio Alberto de Miranda Gomide. Coorientadores: Hércia Stampini Duarte Martino, Eduardo Basílio de Oliveira e Edimar Aparecida Filomeno Fontes.

Para desenvolver produtos cárneos emulsionados que sejam fontes de fibras alimentares e, ou, com reduzido teor de gordura, estudou-se o efeito da adição de fibras alimentares e a substituição de 25 ou 50% de toucinho por carne ou por 4% de distintas combinações (70/30, 50/50 e 30/70) de fibras solúveis (FS) e insolúveis (FI) e água em mortadelas. Foram avaliadas as características químicas (composição centesimal, TBARS e valor energético) e físicas (pH, A_a , análise de perfil de textura instrumental, avaliação objetiva de cor e estabilidade de emulsão) e a aceitação sensorial de mortadelas quanto ao sabor. Além de uma formulação-controle (sem redução de toucinho e sem adição de fibras alimentares), foram elaboradas outras 11 formulações, com base na adição de fibras à mortadela com teor normal de gordura (F1, F2 e F3), na substituição de 25 ou 50% de toucinho por carne (F4 e F8, respectivamente) ou por fibras alimentares hidratadas (F5, F6, F7 e F9, F10 e F11, respectivamente). Exceto pelo menor ($P < 0,05$) teor de água, mortadelas adicionadas de fibras apresentaram ($P > 0,05$) composição, índices físico-químicos, valor calórico, textura e sabor similares àqueles da mortadela-controle; apenas a mortadela com adição de 1,2% de FS e 2,8% de FI apresentou ($P < 0,05$) menor valor de a^* e maior dureza que a formulação-controle. Em geral, mortadelas adicionadas de fibras apresentam ($P > 0,05$) a mesma composição, e as mesmas características químicas, de cor, de textura e de sabor. Entretanto, observou-se ($P < 0,05$) maior dureza nas mortadelas com adição de 1,2% de FS e 2,8% de FI que naquelas adicionadas de 2,8 e 2,0% FS e 1,2 e 2,0% de FI e que não diferiram ($P > 0,05$) entre si. Em relação à formulação-controle, em qualquer nível (25 ou 50%) de substituição de toucinho por carne as mortadelas se apresentaram ($P < 0,05$) mais duras e elásticas, com menor teor de gordura e valor calórico; também apresentaram ($P < 0,05$) maiores teores de água e proteínas e sem diferença ($P > 0,05$) nos valores de TBARS, de pH, de A_a e das coordenadas de cor, teores de resíduo mineral fixo e carboidratos; apenas no nível de 50% de substituição de toucinho por carne as mortadelas apresentaram ($P < 0,05$) mais saborosas, com maior estabilidade de emulsão e com maiores

valores de coesividade e mastigabilidade que a mortadela-controle. Comparada à formulação-controle, a substituição de toucinho por fibras produziu quase os mesmos efeitos da sua substituição por carne; apenas os valores de dureza, elasticidade e mastigabilidade da formulação em que se substituiu 25% do toucinho por 2,8% de FS e 1,2% de FI foram iguais ($P > 0,05$) àqueles da formulação-controle; no nível de 50% de substituição de toucinho por fibras a coesividade (independentemente da mistura de fibras) e a mastigabilidade das mortadelas se mostraram similares ($P > 0,05$) àquelas da formulação-controle. Exceto pela aceitação, ao se comparar as misturas de fibras dentro de cada nível (25 ou 50%) de substituição de toucinho por fibras não houve ($P > 0,05$) nenhuma diferença entre misturas de fibras. Comparadas às mortadelas formuladas pela substituição de 50% de toucinho por fibras (F8 a F11), mortadelas com 25% de substituição de toucinho por fibras (F4 a F7) apresentaram ($P < 0,05$) menor teor de água, estabilidade de emulsão e valores de todos os parâmetros de textura; também apresentaram maiores teores de gordura e de resíduo mineral fixo e valor de luminosidade; as demais variáveis analisadas não diferiram ($P > 0,05$). Comparadas às mortadelas em que 25% de toucinho foram substituídos por 4% de fibras hidratadas, mortadelas adicionadas de fibras (F1 a F3) apresentam-se ($P < 0,05$) menos vermelhas, duras, elásticas e mastigáveis, com menores teores de água e de resíduo mineral fixo; também se apresentam com maior teor de gordura, valor energético e menor estabilidade de emulsão; as demais características não diferem ($P > 0,05$). Comparadas às mortadelas em que 50% de toucinho foram substituídos por 4% de fibras hidratadas, mortadelas adicionadas de fibras (F1 a F3) apresentam-se ($P < 0,05$) menos duras, coesas e mastigáveis; também se apresentam ($P < 0,05$) com menor teor de água e maior teor de gordura e valor calórico; as demais características não diferem ($P > 0,05$). Conclui-se que, apesar de mais calóricas, em termos de aceitação e de textura, mortadelas formuladas pela adição de fibras alimentares são mais similares às mortadelas tradicionais (controle) que mortadelas formuladas pela substituição de toucinho por de fibras alimentares e água. Conclui-se ainda que, no nível de 4% de adição de fibras alimentares, para se obter mortadelas enriquecidas com fibras mais semelhantes às mortadelas tradicionais (controle), o teor de fibras insolúveis na formulação deve ser inferior a 2,8%.

ABSTRACT

Guimarães, Camila Fonseca, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, December of 2011. **Production and characterization of fiber added and fat reduced mortadellas.** Adviser: Lúcio Alberto de Miranda Gomide. Co-Advisers: Hércia Stampini Duarte Martino, Eduardo Basílio de Oliveira and Edimar Aparecida Filomeno Fontes.

To develop a fiber enriched and/or low fat emulsified meat products this study evaluated the addition of functional fibers and the substitution of 25% or 50% of lard for beef or for 4% of different combinations (70/30; 50/50 e 30/70) of hydrated soluble (SF) and insoluble fibers (IF) in mortadellas. Chemical (composition, TBARS and caloric value), physical (pH, A_w , instrumental texture profile analysis; objective evaluation of color and emulsion stability) analysis and sensory flavor acceptance of the mortadellas were conducted. Beside a control mortadella (no lard reduction and no fiber addition) another 11 formulations were produced based upon fiber addition to mortadellas containing regular fat content (F1, F2 and F3), on substitution of 25 or 50% of pork lard for beef (F4 and F8, respectively) or for hydrated fibers (F5, F6, F7 and F9, F10 and F11, respectively). Except for the lower ($P < 0.05$) water content, fiber added mortadellas had ($P > 0.05$) similar composition, physico-chemical indexes and nutritional, flavor and textural characteristics to those of control mortadellas (CM); only mortadellas formulated with higher proportion of insoluble fiber (F3) had ($P < 0.05$) a harder texture as well as lower a^* values than the control mortadellas. Overall, fiber added mortadellas had ($P > 0.05$) the same composition as well as chemical, color, rheological (TPA) and flavor characteristics. However, greater hardness was observed ($P < 0.05$) in mortadellas formulated by adding 1,2% of SF and 2,8% of IF than that of mortadellas where 2,8% of SF and 1,2% of IF or 2,0% of SF and 2,0% of IF was added, which did not differ ($P > 0,05$) among them. Compared to control mortadellas (CM), whatever the level (25 or 50%) of lard substitution for beef, the experimental mortadellas were ($P < 0.05$) harder and more elastic, had lower fat content and caloric value; they also had higher water and protein content and did not differ ($P > 0.05$) in pH, A_w , TBARS, and color coordinates (L^* , a^* e b^*) or in ash and carbohydrate contents; only at the level of 50% of lard substitution for meat the experimental mortadellas had ($P < 0.05$) higher flavor scores and emulsion stability ($< \text{TFEX}$ and $< \text{EXF}$) and were more cohesive and chewy than CM. Compared to the CM, lard substitution for fibers yielded almost the same effects of its substitution for beef; only

hardness, elasticity and chewiness of the formulae were 25% of the lard were substituted for 2,8% SF and 1,2% IF were similar ($P > 0.05$) to those of CF; at the level of 50% of lard substitution for fibers mortadellas cohesiveness (independent of fiber mixture) and chewiness were similar ($P > 0.05$) to those of CF. Except for the general acceptance, comparing fiber mixtures at 25% or 50% of lard substitution for fibers, there were no differences ($P > 0.05$) between fiber mixtures. Compared to the mortadellas with 50% of lard substitution for fibers (F8 through F11), those with 25% of substitution for fibers (F4 through F7) had ($P < 0.05$) lower water content, emulsion stability and values of all of the texture parameters; they also had higher fat and ash content as well as lower lightness; the remaining variables did not differ ($P > 0.05$). Compared to mortadellas were 25% of the lard was substituted for 4% of hydrated fibers, mortadellas based on fiber addition (F1 to F3) were ($P < 0,05$) less red, hard, elastic and chewy and had lower water and ash content; they also have ($P < 0,05$) higher fat content and caloric value and lower emulsion stability; the remaining quality indicators do not differ ($P > 0,05$). Compared to mortadellas were 50% of the lard was substituted for 4% of hydrated fibers, fiber added mortadellas (F1 to F3) are ($P < 0,05$) less hard, cohesive and chewy; they also have ($P < 0,05$) lower water content, higher fat content and caloric value; the remaining quality indicators do not differ ($P > 0,05$). It is concluded that, despite more caloric, regarding sensory acceptance as well as textural properties, mortadellas where lard is substituted for functional fibers are more similar to traditional (control) mortadellas than those based on addition of functional fibers. It is also concluded that, at 4% of fiber addition, the level of insoluble fiber in the fiber mixture have to be lower than 2.8% in order to produce a product most similar to traditional (control) mortadellas.

1. INTRODUÇÃO

O padrão alimentar ocidental associado ao estresse contribui para o aumento da incidência de diversas doenças, como alguns tipos de cânceres, hipertensão arterial, obesidade, distúrbios glicêmicos, doenças cardiovasculares e anemia.

Os consumidores estão mais exigentes e buscam alimentos, que além de práticos, forneçam os nutrientes necessários e em quantidades adequadas para a manutenção da saúde. Há um aumento do número de pessoas que buscam um estilo de vida mais saudável, com uma dieta balanceada, optando por alimentos com reduzidos teores de gordura, açúcares, sal e incrementos de fibras.

A carne e os produtos cárneos são componentes essenciais da dieta dos brasileiros e respondem, em média, por 11,8% do consumo diário de calorias. A mortadela, produto cárneo emulsionado, é muito popular e, de acordo com Nilsen (2008), a venda total no Brasil é de aproximadamente 184.000 toneladas/ano. Entretanto, contém entre 20 e 30% de gordura, o que o torna um produto consumido com receio.

A diminuição do teor de gordura em mortadelas e em outros produtos cárneos, geralmente, implica redução de atributos sensoriais e de qualidade como maciez, suculência, textura, sabor, aparência e rendimento (KEETON, 1994; HUFFMAN; HUFFMAN, 1997). Quando se reduz o teor de gordura de produtos cárneos emulsionados, é necessária a utilização de ingredientes não cárneos que permitam a substituição da gordura pela água (JIMENEZ-COLMENERO, 1996); ou seja, consiste em desenvolver uma combinação de ingredientes para substituir a gordura.

A Associação Dietética Americana classifica os substitutos de gordura de acordo com a sua composição em substâncias com base em carboidratos, proteínas, lipídios ou combinações destes. Pesquisas verificaram que aqueles provenientes dos carboidratos, como gomas, amidos e fibras, entre outros, melhoram as propriedades sensoriais, físicas e químicas de produtos cárneos com reduzido teor de gordura (BERRY, 1997; TROY *et al.*, 1999; ANDERSON; BERRY, 2000), o que torna possível fabricar produtos cárneos com baixo teor de gordura, ricos em fibras e com características semelhantes aos produtos convencionais.

A inclusão de fibras na dieta está relacionada com o bem-estar e a boa saúde dos indivíduos. A adequada ingestão previne ou ameniza problemas como constipação,

obesidade, câncer de colo-retal, diverticulite, diabetes e doenças cardiovasculares associadas a elevados teores sanguíneos de colesterol e triglicerídeos (ANDERSON *et al.*, 2009).

Entretanto, a fibra alimentar é um dos nutrientes mais deficientes na alimentação atual. Nos países ocidentais e em desenvolvimento, a ingestão diária de fibras alimentares é baixa, entre 10 a 15g, correspondendo a cerca de um terço das recomendações de consumo diário de aproximadamente 28 g para mulheres adultas e 36 g para homens adultos (ANDERSON *et al.*, 2009).

Vários segmentos da indústria de alimentos disponibilizam alimentos ricos em fibras. Porém, no mercado brasileiro de carnes, embora alguns poucos produtos apresentem fibra alimentar na sua composição (informada no rótulo), nenhum produto ou empresa de produtos cárneos utiliza a quantidade necessária, 3 e 6%, para sua menção como produto “fonte de fibras” ou “alto teor de fibras”, respectivamente (BRASIL, 1998). Uma das razões para isto é a preocupação do setor quanto aos efeitos da adição de níveis elevados de fibras sobre as características de textura e, principalmente, sensoriais dos produtos.

A maioria dos trabalhos que avaliam as fibras em produtos cárneos baseia-se na adição de fibras alimentares ou na sua utilização como substitutos de gordura (HUGHES; COFRADES; TROY, 1997; MANSOUR; KHALIL, 1997; GRIGELMO-MIGUEL; GORINSTEIN; MARTÍN-BELLOSO, 1999; CREHAN *et al.*, 2000; MENDOZA *et al.*, 2001; YOO *et al.*, 2007). Dos trabalhos revisados apenas García *et al.* (2002) compararam o efeito da adição de fibras com o efeito da substituição de gordura por fibras em produtos cárneos.

Assim, esta pesquisa visou produzir e caracterizar mortadelas formuladas de modo a gerar um produto de melhores características nutricionais pela adição de fibras, redução do teor de gordura, ou substituição de gorduras por carne ou por diversas misturas de fibras.

2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar, em relação à formulação-controle (sem adição de fibras), o efeito da adição de 4% de combinações (70/30, 50/50 e 30/70) de fibras alimentares solúveis e insolúveis sobre a qualidade físico-química e sensorial de mortadelas.

- Comparar a qualidade físico-química e sensorial das diversas formulações adicionadas de fibras alimentares.

- Avaliar, em relação à formulação-controle (sem adição de fibras), o efeito da substituição de 25 e 50% de toucinho por carne ou por 4% de combinações (70/30, 50/50 e 30/70) de fibras solúveis e insolúveis e água sobre a qualidade físico-química e sensorial de mortadelas.

- Avaliar, dentro de cada nível de substituição (25 ou 50%) de toucinho, o efeito sobre a qualidade físico-química e sensorial de mortadelas formuladas com cada um dos diferentes substitutos de gordura usados.

- Comparar a qualidade físico-química e sensorial das mortadelas formuladas com os dois níveis (25% × 50%) de redução de gordura.

- Comparar a qualidade físico-química e sensorial das mortadelas formuladas pela adição de fibras alimentares com aquelas de mortadelas formuladas pela substituição de toucinho (25 e 50%) por fibras alimentares e água.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Produtos cárneos emulsionados

Emulsão é um sistema heterogêneo que consiste em um líquido, completamente disperso em outro de polaridade oposta, na forma de gotículas com diâmetro tipicamente entre 0,1 e 100 μm . As emulsões são classificadas de acordo com a distribuição de suas fases: óleo e água. Se gotículas de óleo estão dispersas na fase aquosa denomina-se emulsão do tipo óleo/água (O/A); quando ocorre a contrário, água/óleo (A/O) (McCLEMENTS, 1999; ARAÚJO, 2011).

Embora conceitualmente incorreto, no processamento de carnes o termo “emulsão cárnea” tem sido utilizado para identificar uma mistura cárnea finamente triturada. Na realidade, em uma “emulsão fria” (p. ex: mortadela antes e depois do cozimento), a mistura de carne, gordura, água, sais e outros ingredientes não é uma emulsão verdadeira, mas um meio sólido multifásico, já que a fase dispersa é composta de partículas sólidas de gordura com diâmetro maior que 50 μm , gotículas líquidas de gordura e bolhas de ar; a fase contínua é uma mistura de água, proteínas, sal, hidratos de carbono e muitas partículas fibrosas (ALLAIS, 2010). Já em uma “emulsão quente” (p. ex.: mortadela durante o cozimento), em virtude da temperatura ($> 35\text{ }^{\circ}\text{C}$), a maior parte da gordura encontra-se na fase líquida e o termo “emulsão” parece ser mais apropriado que para emulsões frias. Mesmo assim, alguns pequenos elementos permanecem sólidos e as proteínas não revestem de forma igual e completamente as partículas de gordura. Desse modo, Pearson e Gillett (1996) e Allais (2010) sugerem o uso dos termos *batter* ou *matriz* para identificar os produtos cárneos finamente triturados. No entanto, fenômenos básicos semelhantes aos apresentados pelas emulsões verdadeiras são expressos pela mistura de carne finamente triturada (ALLAIS, 2010). Mesmo tendo em vista estas considerações, o termo “emulsão” será empregado neste texto, por fazer parte do jargão dos profissionais que trabalham na área de ciência e tecnologia de carnes e embutidos cárneos.

A massa emulsionada é produzida a partir da trituração de carne, gordura, água, sais e outros ingredientes. Essa etapa é sempre seguida por um tratamento térmico (pasteurização), que tem por objetivo estabilizar a massa multifásica e atingir as características sensoriais desejadas do produto final (ALLAIS, 2010).

A estabilidade das emulsões à base de carne é atribuída às proteínas musculares. Em virtude de sua natureza anfotérica, algumas proteínas são capazes de se orientar de acordo com a interface polar-apolar, sendo consideradas ótimas emulsificantes (ARAÚJO, 2011). Além disso, algumas dessas moléculas possuem a capacidade de formar gel, estrutura que impede a aproximação e, posterior, coalescência das gotículas de gordura, processo que contribui para a separação das fases. Segundo Regenstein (1988), Gordon e Barbut (1997) e Ruiz-Carrascal e Regenstein (2002), esse tipo de emulsão é, mais provavelmente, estabilizada (pelo menos em parte) pela dificuldade das gotículas de gordura em se movimentarem do que pela ação emulsificante das proteínas.

Existem três grandes grupos de proteínas presentes na carne: as proteínas do estroma, as sarcoplasmáticas e as miofibrilares (TORNBERG, 2005).

As proteínas do estroma são insolúveis em soluções salinas e não atuam com agentes estabilizadores da emulsão cárnea.

As proteínas sarcoplasmáticas são solúveis em água e em soluções salinas diluídas; respondem entre por 30 a 35% do total das proteínas musculares. Apesar de apresentarem poucas propriedades de ligação, participam no processo de estabilização da emulsão, reduzindo a tensão interfacial entre as fases aquosa e lipídica (HUFF-LONERGAN, 2010).

As proteínas, que são solúveis em concentrações moderadas de sal, constituem a fração miofibrilar e representam, aproximadamente, 50% das proteínas musculares (TORNBERG, 2005). Desempenham um papel crucial no processamento de carnes, pois determinam a textura dos produtos finais (CULIOLI *et al.*, 1993; ZAYAS, 1997; XIONG, 1997; BREWER *et al.*, 2005). A funcionalidade desses polímeros baseia-se na habilidade de formarem géis viscoelásticos tridimensionais, de se ligar à água e de formar membranas coesas na interface óleo/água das emulsões ou filmes flexíveis em torno de bolhas de ar.

Actina, miosina e seu complexo, actomiosina, são as responsáveis pela maior parte das propriedades funcionais da carne; são responsáveis por, aproximadamente, 95% do total da capacidade de retenção da água e por 75 a 90% da capacidade emulsificante (LI-CHAN *et al.*, 1985). Dentre elas, a miosina é a mais importante para a emulsificação, capacidade de retenção de água e formação da matriz gélica tridimensional (GALLUZZO; REGENSTEIN, 1978; XIONG, 1997; WESTPHALEN; BRIGGS; LONERGAN, 2005). Acredita-se que a miosina apresenta melhores propriedades emulsificantes em relação às outras proteínas miofibrilares, em virtude da alta concentração

de resíduos hidrofóbicos na região da cabeça e hidrofílicos na sua porção caudal, além da alta relação comprimento/diâmetro, o que proporciona interações entre proteínas e flexibilidade molecular na interface (XIONG, 2000).

A formação do gel em produtos cárneos envolve a desnaturação parcial das proteínas seguida por agregação irreversível, que resulta na formação de uma rede proteica tridimensional (LIU *et al.*, 2008b). Essa matriz proteica é geralmente formada por ligações cruzadas não covalentes (interações eletrostáticas, hidrofóbicas e ligações de hidrogênio) e menos frequentemente por ligações covalentes, com pontes dissulfeto, que não são essenciais para gelificação de proteínas, mas seu papel na gelificação está relacionado à sua capacidade de aumentar a massa molecular média das proteínas e, portanto, o comprimento da cadeia (TOTOSAUS *et al.*, 2002). A contribuição relativa de cada tipo de ligação para a formação desse gel varia de acordo com as propriedades das proteínas e das condições do meio (FLORES *et al.*, 2007; SUN; HOLLEY, 2011).

A estabilidade da emulsão e a textura dos produtos cárneos emulsionados são afetadas por inúmeros fatores, os quais interferem na solubilidade e na geleificação das proteínas miofibrilares (SUN; HOLLEY, 2011), como: o pH da carne, a força iônica do meio, a quantidade de água adicionada, a temperatura de processo, o tamanho das partículas de gordura, a quantidade e o tipo de proteína solúvel, além da adição de ingredientes não cárneos (SUN; HOLLEY, 2011; FLORES *et al.*, 2007).

O pH atua sobre o ponto isoelétrico das proteínas da emulsão, influenciando na sua solubilidade em água, o que refletirá diretamente sobre as propriedades emulsificantes e a capacidade de formação de gel (RANKEN, 2000); quanto maior o pH maior a quantidade de proteínas extraídas, o que permite a formação de emulsões estáveis (RANKEN, 2000). Para manter o pH em valores elevados fosfatos alcalinos são adicionados aos produtos cárneos (FEINER, 2006).

O cloreto de sódio provoca importantes mudanças nas miofibrilas, aumentam as cargas negativas das proteínas em virtude da forte ligação entre elas e os íons cloreto. Segundo Hamm (1972), o excesso de cargas negativas provoca repulsão entre as proteínas miofibrilares, resultando em um inchaço das miofibrilas ou solubilização parcial dos filamentos. Além disso, a adição de sal promove aumento da força iônica, deslocando para valores mais baixos o ponto isoelétrico das proteínas, o que resulta no aumento da quantidade de água que pode ser ligado sem alterar o valor de pH da carne (FEINER, 2006).

A temperatura durante a emulsificação pode atuar de três formas sobre a estabilidade da emulsão: a) coagulação das proteínas responsáveis pela capacidade emulsificante da carne (SWIFT; LOCKETT; FRYAR, 1961; FORREST *et al.*, 1975), reduzindo sua disponibilidade na formação da emulsão e a coesividade e a elasticidade do filme proteico (LEE; CARROLL; ABDOLLAHI, 1981) em torno do glóbulo já encapsulado, o que aumenta a susceptibilidade à ruptura; b) fusão das gotículas de gordura encapsuladas, o que provoca expansão dentro dos glóbulos, aumentando a pressão interna destes e, conseqüentemente, a ruptura do filme proteico em seu ponto mais frágil; c) redução da viscosidade da massa cárnea e fusão da gordura, o que permite maior movimentação das partículas de gordura, que tendem a migrar para a superfície da massa da emulsão (SWIFT; TOWNSEND; WITNAUER, 1968).

O teor de gordura de uma formulação, dependendo das condições do meio, pode atuar sobre a estabilidade da emulsão de maneiras distintas. Caso ocorra boa extração proteica durante o processamento, a estabilidade de emulsão tende a aumentar com o incremento do teor de gordura na formulação (GOMIDE, 1985). Quanto menores as partículas de gordura da fase dispersa ou quanto maior a quantidade de gordura, mais estável a emulsão até um limite máximo, dependendo da quantidade de agente emulsionante no meio (ALLAIS, 2010). Quando a superfície interfacial é pequena, em virtude do ineficiente grau de desintegração da gordura, ou ao baixo teor de gordura, há formação de multicamadas de segmento proteico em volta da superfície de gordura, que diminui a estabilidade de emulsão por reduzir a elasticidade do filme proteico que envolve a gordura. Além disso, há diminuição da quantidade de proteína em contato com a água na fase contínua, o que desfavorece a estrutura de rede da matriz proteica, diminuindo a viscosidade do meio e, conseqüentemente, permitindo a maior movimentação e coalescência das partículas de gordura (SCHUT, 1976).

A concentração de proteína disponível para geleificação desempenha um papel fundamental na determinação das propriedades reológicas da matriz gélica, formada durante o aquecimento e posterior resfriamento dos produtos cárneos cozidos (SUN; HOLLEY, 2011), que, por sua vez, determina a textura desses produtos e a estabilidade da emulsão, promovida pelo espessamento do meio. O incremento do teor de proteínas na fase contínua das emulsões aumenta a força de gel e, conseqüentemente, a dureza, a mastigabilidade e a viscosidade. Isto ocorre em virtude da maior área ocupada pela matriz proteica, que amplia o número de ligações cruzadas intermoleculares entre as proteínas (BREWER *et al.*, 2005).

3.2. Gordura

A gordura é um elemento de grande importância na alimentação humana, em virtude de suas propriedades nutricionais, funcionais e sensoriais (DZIEZAK, 1989).

Segundo Mattes (1998), os lipídios provenientes dos alimentos têm três funções básicas: agem como uma fonte de ácidos graxos essenciais (linoleico e linolênico), que são necessários às estruturas das membranas celulares e prostaglandinas; atuam como transportadores de vitaminas lipossolúveis (A, D, E e K); e são importante fonte de energia. Além disto, também influenciam na percepção sensorial de cor, sabor, maciez e textura dos alimentos.

A gordura da dieta, além de apresentar importante papel lipogênio, em virtude da elevada densidade energética, eficiência metabólica e palatabilidade, também promove menor saciedade (estado de inibição da alimentação que ocorre entre as refeições) e, conseqüentemente, aumenta o apetite e a ingestão calórica, o que pode levar à obesidade (HERMSDORFF; PINHEIRO VOLP; BRESSAN, 2007).

A textura, um atributo sensorial muito importante, é determinada em parte pela gordura e é influenciada pelas características da matriz formada durante o processamento da carne, a qual depende da associação entre os fatores relacionados à gordura (quantidade e tipo) e às proteínas (JIMENEZ-COLMENERO, 1996). A gordura aumenta a cremosidade e a suavidade do alimento, reduz a coesão estrutural, facilitando a sua mastigação e deglutição (DEGOUY, 1993).

O teor de gordura influencia a cor dos alimentos. Em geral, produtos cárneos elaborados com reduzidos níveis de gordura apresentam-se mais escuros e mais vermelhos (HUGHES; COFRADES; TROY, 1997; ANDRÈS *et al.*, 2006; SERDAROGLU, 2006).

Além de contribuir para o sabor dos alimentos com os seus próprios componentes, a gordura é carreadora de substâncias voláteis lipossolúveis que também contribuem para o sabor dos alimentos. Esse atributo sensorial é influenciado pela quantidade e pelo tipo (bovina, suína, ovina) de gordura presente no alimento (JONES, 1996).

Entretanto, a ingestão excessiva de gorduras, especialmente as saturadas e de colesterol, é comumente associada à maior incidência de doenças cardiovasculares, câncer de colón e obesidade (JIMENEZ-COLMENERO; CARBALLO; COFRADES, 2001; BIESALSKI, 2005). Diante dessa relação, a Associação Americana do Coração, a Sociedade Americana do Câncer e a Organização Mundial da Saúde recomendam que

apenas 30% do total de calorias da dieta sejam provenientes das gorduras, que o consumo de gorduras saturadas não ultrapasse 10% deste total, e que a ingestão de colesterol esteja abaixo de 300 mg por dia (WHO, 2003).

A carne e os produtos cárneos são uns dos principais componentes da dieta em países desenvolvidos e, também, no Brasil, além de ter um importante papel econômico no total das despesas relacionadas ao setor de alimentos em muitos países europeus, nos EUA e no Brasil. Esses produtos possuem elevados teores de gordura e são, consequentemente, relacionados à ocorrência de obesidade, câncer e doenças do coração e, por isso, os fabricantes desse tipo de produto são alvo de críticas publicitárias adversas. Para evitar maiores prejuízos muitas pesquisas têm sido realizadas com o objetivo de desenvolver novas tecnologias capazes de fabricar produtos cárneos com baixo teor de gordura e que apresentem características sensoriais semelhantes as dos produtos tradicionais (JIMENEZ-COLMENERO, 1996; AKOH, 1998).

3.2.1. Substitutos de gordura

A redução do teor de gordura dos produtos cárneos não é apenas uma questão de diminuir a quantidade desse ingrediente nas formulações, pois ela determina as características sensoriais e de qualidade desses produtos. O desenvolvimento de produtos cárneos com baixo teor de gordura requer modificações na sua composição e natureza, de modo a permitir a obtenção de produtos com características sensoriais semelhantes às dos produtos convencionais (JIMENEZ-COLMENERO, 1996).

A tecnologia dos produtos com redução no teor de gordura segue dois princípios básicos: a utilização de cortes magros, o que pode aumentar os custos, e, ou, a redução da gordura pela adição de água e outros ingredientes, que contribuem na redução das calorias (JIMENEZ-COLMENERO, 1996).

De acordo com Akoh (1998), os termos e as definições usados para descrever os substitutos de gordura variam entre os autores e frequentemente causam confusão e desentendimento. São genericamente categorizados em dois grupos: substitutos e imitadores (miméticos) de gordura.

Substitutos de gordura são macromoléculas que lembram triacilgliceróis física e quimicamente, os quais podem, teoricamente, substituir a gordura em alimentos grama por grama. São quimicamente sintetizados ou derivados de gordura ou óleos convencionais por modificação enzimática. São exemplos desses compostos ésteres de ácidos

graxos com sacaroses, ésteres de ácidos policarboxílicos e ésteres de ploglicerol (AKOH, 1998).

Imitadores de gorduras, ou gorduras miméticas, são substâncias que imitam as propriedades sensoriais ou físicas dos triacilglicerois, mas não podem substituí-los na base grama por grama. Frequentemente chamados substitutos de gordura à base de proteínas ou carboidratos, são constituintes comuns dos alimentos e podem ser química ou fisicamente modificados para a função de gordura mimética. São exemplos desses compostos proteínas microparticuladas, amidos, gomas, polidextrose e fibras alimentares (AKOH, 1998).

Os substitutos de gordura com base em lipídios modificados são similares à gordura, mas resistentes à hidrólise pelas enzimas digestivas e não têm valor calórico (HUDNALL; CONNOR; CONNOR, 1991). Além da versatilidade, apresentam alta estabilidade térmica, podendo ser utilizados em frituras. São predominantemente emulsificantes (CÂNDIDO, 1996).

A utilização de proteínas como miméticos de gordura possui limitações tecnológicas. Altas temperaturas causam a coagulação e a desnaturação das proteínas, resultando em perda de cremosidade e textura que simulam a presença de gordura. Além disso, essas moléculas são capazes de se ligar quimicamente aos componentes do aroma, causando a perda de intensidade ou a formação de odores estranhos (LUCCA; TEPPER, 1994).

Os carboidratos e os produtos à base de carboidratos são utilizados para mime-tizar total ou parcialmente (50 – 100%) óleos e gorduras em uma grande variedade de alimentos (SINGHAL; GUPTA; KULKARNI, 1991). Neste grupo encontram-se amidos, fibras alimentares, gomas, dextrinas, polidextrose, entre outros. São termoes-táveis, não fundem e, portanto, não podem ser utilizados em frituras (LIMA; NASSU, 1996).

A água também pode ser usada para substituir a gordura em produtos cárneos com baixos teores de gordura até determinada quantidade, o que depende de uma série de fatores, inclusive da legislação vigente, que estipula a quantidade máxima permitida e o tipo de produto a ser formulado (JIMENEZ-COLMENERO, 1996).

A substituição de gordura por água torna os produtos cárneos mais escuros, mais vermelhos e com menor dureza, o que pode afetar sua aceitação (CLAUS *et al.*, 1990; JIMENEZ-COLMENERO, 1996; ULLOA, 1999).

O sucesso de produtos de baixo teor de gordura depende, principalmente, de se considerar cada produto isoladamente, de conhecer como os diferentes ingredientes da formulação interagem entre si e qual a contribuição de cada um deles nas características sensoriais do produto final.

3.3. Fibra alimentar

3.3.1. Caracterização, propriedades nutricionais e tecnológicas

Não há um consenso internacional sobre a definição de fibra alimentar (PHILLIPS; CUI, 2010). Isso ocorre porque essa definição se baseia, principalmente, em características químicas e fisiológicas dos compostos, além de não haver um único método capaz de quantificar todos os tipos de fibras (CHAMP *et al.*, 2003).

Segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), fibra alimentar é definida como qualquer material comestível que não seja hidrolisado pelas enzimas endógenas do trato digestivo humano, determinado segundo os métodos publicados pela AOAC em sua edição mais atual (BRASIL, 2003).

As fibras alimentares não constituem um grupo químico definido, mas são combinações de substâncias químicas heterogêneas (ASP, 1992).

Segundo Alvarez e Sanchez (2006), elas podem pertencer aos seguintes grupos:

- polissacarídeos não amiláceos: celulose, β -glucanos, hemicelulose, pectinas, gomas e mucilagens;
- oligossacarídeos resistentes: fruto-oligossacarídeos (FOS), inulina e galacto-oligossacarídeos (GOS);
- ligninas: substâncias associadas aos polissacarídeos não amiláceos e aos amidos resistentes;
- hidrocarbonetos sintéticos: polidextrose, metilcelulose, carboximetilcelulose e outros derivados da celulose; e
- fibras de origem animal: quitina e quitosana.

As fibras alimentares são classificadas de acordo com a solubilidade de seus componentes em água, em: solúvel (pectinas, gomas e mucilagens) e insolúvel (celuloses, ligninas e algumas hemiceluloses). O grau de solubilidade está diretamente relacionado com suas propriedades físico-químicas e funcionais (PERIAGO *et al.*, 1993).

As principais fontes das fibras alimentares são componentes da parede celular (celulose, hemicelulose, lignina e substâncias pécicas) e componentes não estruturais (gomas e mucilagens). Há também os aditivos industriais, como: celulose modificada, pectina modificada, gomas comerciais, polissacarídeos de algas e a carapaça de crustáceos (THEBAUDIN *et al.*, 1997; GRIGELMO-MIGUEL; GORINSTEIN; MARTIN-BELLOSO, 1999).

A inclusão de fibras na dieta tem sido relacionada com o bem-estar e a boa saúde dos indivíduos (AHMAD, 1995; GUILLON; CHAMP, 2000; MEIER; GASSUL, 2004). Muitos estudos demonstram que dietas ricas em fibras reduzem os riscos de algumas doenças, como câncer, doença cardíaca coronariana, obesidade e, possivelmente, diabetes (BUTTRISS; STOKES, 2008).

A fração solúvel da fibra alimentar traz grandes benefícios ao organismo. Pela redução do tempo de contato da matéria fecal com a mucosa intestinal, a fibra reduz a incidência do câncer de cólon; os elementos carcinogênicos existentes nas fezes são expelidos do organismo, antes que possam atuar sobre as células, lesando-as. Também atuam na redução das concentrações séricas do LDL (lipoproteína de baixa densidade) e na eliminação do colesterol, com benefícios quanto às doenças cardiovasculares. A redução de colesterol pelas fibras solúveis deve-se a dois processos: a) aumento da excreção de ácidos biliares, fazendo com que o fígado remova o colesterol sanguíneo para a síntese de novos ácidos e sais biliares; e, ou, b) gerando, como produto de sua fermentação, o propionato, o qual inibiria a síntese hepática do colesterol (GLORE *et al.*, 1994; MEIER; GASSUL, 2004).

A fração insolúvel, apenas parcialmente fermentada no intestino grosso, aumenta o volume do bolo fecal, reduzindo o tempo de trânsito intestinal grosso e tornando a eliminação fecal mais fácil e rápida, prevenindo a constipação intestinal, a flatulência e o desconforto associado. Além disso, elas tornam a absorção de glicose mais lenta; retardam a hidrólise do amido; melhoram a tolerância à glicose, controlando o diabetes tipo II; além de diminuir a ingestão calórica.

Em termos de benefícios para a saúde, ambos os tipos de fibras complementam, e uma proporção de 50-70% de insolúvel e 30-50% de solúvel em relação ao total recomendado para a ingestão diária de fibras é considerada bem balanceada (SCHENEEMAN, 1987).

Além do objetivo nutricional, a fibra apresenta propósitos tecnológicos e econômicos. A adição de fibra nos alimentos pode mudar a consistência, a textura, o

comportamento reológico e, conseqüentemente, as características sensoriais do produto final (THEBAUDIN *et al.*, 1997; GUILLON; CHAMP, 2000).

As propriedades de hidratação das fibras alimentares determinam o nível ideal de seu uso em alimentos, já que a textura original do produto deve ser mantida. Geralmente, as propriedades de hidratação são descritas por quatro parâmetros diferentes e mensuráveis: capacidade de retenção de água (CRA); capacidade de ligação à água (CLA); intumescimento; e solubilidade. Valores de intumescimento, CRA e CLA não são relevantes para polissacarídeos solúveis; pelo contrário, são atributos de polissacarídeos insolúveis (THEBAUDIN *et al.*, 1997).

De maneira simplificada, a água pode se apresentar ligada aos polissacarídeos insolúveis de duas formas (THEBAUDIN *et al.*, 1997):

- por tensão superficial nos poros da matriz; e
- por ligações de hidrogênio, ligações iônicas e, ou, interações hidrofóbicas.

As duas formas de ligação dependem da estrutura química dos seus componentes, das associações entre as moléculas, do tamanho das partículas, da porosidade das fibras e dos efeitos de solventes e temperatura.

A CRA é definida como a quantidade de água que se liga às fibras sem a aplicação de uma força externa, exceto para a gravidade e a pressão atmosférica. É a medida da quantidade de água absorvida nos poros da amostra por ação da capilaridade. É medida como a quantidade de água absorvida nos poros da amostra por ação capilar, sob uma definida tensão de vapor (THEBAUDIN *et al.*, 1997).

A CLA pode ser definida como a quantidade de água que permanece ligada às fibras, hidratando-as, após a aplicação de uma força externa (pressão ou, mais comumente, centrifugação) (THEBAUDIN *et al.*, 1997).

A solubilidade depende da natureza dos componentes glicídicos e das características estruturais das fibras alimentares. É expressa como o percentual da fração solubilizada em determinadas condições (THEBAUDIN *et al.*, 1997).

A regularidade química de uma cadeia linear aumenta a força das ligações e mantém uma conformação ordenada. Se uma irregularidade química ou uma ramificação estiver presente na molécula, as ligações serão mais fracas, a estrutura desordenada será mais facilmente dissociada e as moléculas serão mais facilmente solubilizadas. Por exemplo, pectinas altamente ramificadas serão mais solúveis do que pectinas lineares. Os tipos de ligação entre os sacarídeos, como as ligações $\alpha(1\rightarrow6)$ induzem a

flexibilidade da cadeia, alterando a solubilidade dos polissacarídeos. Os polímeros mais flexíveis serão os mais solúveis (THEBAUDIN *et al.*, 1997).

Outro fator que influencia a solubilidade dos polissacarídeos é a sua carga elétrica. Esse efeito vai depender do pH, da temperatura e da concentração de outros componentes ionizáveis (água, sais ou açúcares) (THEBAUDIN *et al.*, 1997).

As propriedades de textura e de estabilização dos alimentos em que foram adicionadas fibras, em parte, são resultados das propriedades de hidratação desses compostos. As mudanças da textura e da estabilização são funções das condições de processamento e o mecanismo difere de acordo com a solubilidade das fibras. As propriedades de espessamento, gelificação e a capacidade de retenção de água contribuem para a estabilização da estrutura do alimento (dispersões, emulsões e espumas), modificando as propriedades reológicas da fase contínua (THEBAUDIN *et al.*, 1997).

As fibras insolúveis podem influenciar a textura dos alimentos, em virtude da sua capacidade de retenção de água e das propriedades de intumescimento. A textura pode ser avaliada indiretamente por métodos mecânicos (por exemplo, medidas de penetração) (THEBAUDIN *et al.*, 1997).

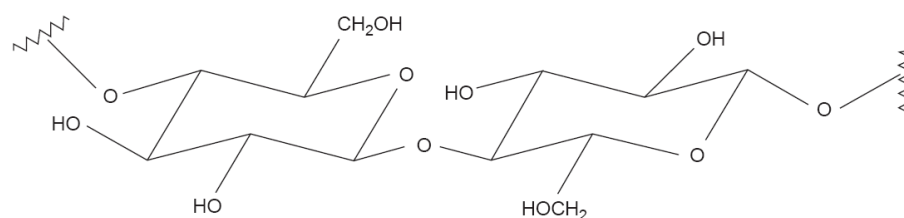
As fibras insolúveis podem reter até cinco vezes sua massa em gordura. Esta propriedade é explorada em produtos de carne cozidos, com o objetivo de aumentar a retenção de gordura, que é normalmente perdida durante o cozimento, o que auxilia na retenção de compostos precursores de sabor e aumenta o rendimento após o cozimento (THEBAUDIN *et al.*, 1997).

Muitos tipos de fibras são capazes de se ligarem a íons metálicos *in vitro*, isso possivelmente pode prevenir a oxidação lipídica, uma vez que esses íons são catalizadores desse tipo de reação. A inulina e os oligossacarídeos são uma exceção para esta propriedade (BORDERÍAS; SÁNCHEZ-ALONSO; PÉREZ-MATEOS, 2005).

Outras propriedades das fibras funcionais são modificações no sabor, controle da cristalização do açúcar, modificação nas propriedades de formação de gel e viscosidade, e a estabilização de produtos congelados. Uma importante característica é a habilidade das fibras em prevenir a deformação e o encolhimento de produtos reestruturados durante o cozimento (BORDERÍAS; SÁNCHEZ-ALONSO; PÉREZ-MATEOS, 2005).

3.3.2. Celulose

A celulose é um dos principais constituintes da parede celular dos vegetais superiores, sendo o seu elemento de estrutura mais importante e é o composto orgânico mais abundante na natureza. É um homopolissacarídeo neutro formado por cadeias lineares de D-glucose unidas em $\beta(1\rightarrow4)$ (Figura 1). Essas cadeias podem facilmente se colocar paralelamente uma às outras, formando uma estrutura linear estabilizada por ligações de hidrogênio intermoleculares com regiões de ordem cristalina elevada, 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 agentes químicos e pode ser parcialmente degradada pela microbiota humana presente no cólon (THEANDER; AMAN, 1979).



Fonte: O'Sullivan (1997).

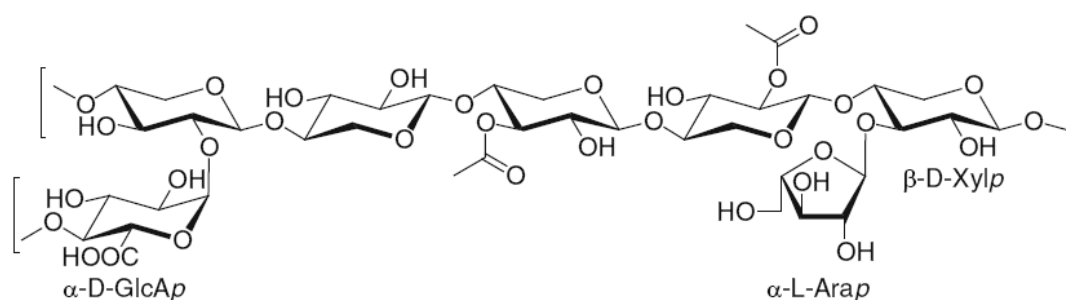
Figura 1 – Fragmento (unidade de repetição) de uma cadeia de celulose.

A celulose é uma fibra insolúvel. Uma propriedade importante é a sua capacidade de absorver água (0,4 grama de água por grama de celulose) e inchar. Esta característica explica a habilidade de produtos ricos em fibras insolúveis de aumentar a massa fecal, diminuindo o tempo de trânsito intestinal (SOUTHGATE *et al.*, 1992).

3.3.3. Hemicelulose

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 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). As hemiceluloses não são digeridas no intestino

grosso, mas são utilizadas por micro-organismos presentes no cólon mais facilmente que a celulose (SOUTHGATE *et al.*, 1992). Os xiloglucanos (Xg) e os galactomananos são hemiceluloses presentes tanto em parede primária (função estrutural) como em parede de reserva em sementes de algumas espécies (função de reserva). Assim como a celulose, retêm água e proporcionalmente aumentam a massa do bolo fecal (CUMMINGS, 1976).



Fonte: Figueiredo *et al.* (2010).

Figura 2 – Exemplo de estrutura de hemicelulose.

3.3.4. Inulina

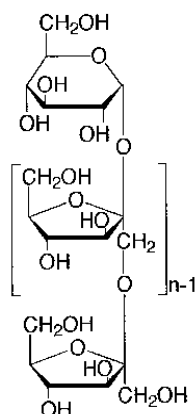
A inulina é um polissacarídeo de reserva encontrado em diversas plantas, como por exemplo, chicória, yacon, dália e tubérculos de alcachofra de Jerusalém. Quimicamente, trata-se de um polímero de frutose unidas por ligações lineares $\beta(2 \rightarrow 1)$ e possui uma molécula de glicose terminal (ROBERFROID; VAN LOO; GIBSON, 1998). O grau de polimerização pode variar de 2 a 60 (ROBERFROID; CHAMP; GIBSON, 2002). Apresenta-se como um pó branco, amorfo, higroscópico, com odor e sabor neutros (HAULY; MOSCATTO, 2002).

A solubilidade da inulina varia em função da temperatura da água. A solubilidade é de aproximadamente 6 a 10 °C, enquanto a 90 °C é de 35%, o que dificulta seu emprego à temperatura ambiente (FONTANA *et al.*, 1994).

Para formar gel, a inulina tem que estar em uma concentração em que se apresente em discretas partículas. Assim, quando o nível de inulina alcança 30% de sólidos em solução aquosa, a combinação inulina – água inicia a gelificação. Neste nível, o gel é formado sob resfriamento por 30 a 60 minutos. Quando o nível de inulina aumenta, o gel precisa de menos tempo para ser formado, sendo praticamente instantâneo quando o nível de sólidos em solução está entre 40 – 45% (HAULY; MOSCATTO, 2002).

O gel de inulina é muito cremoso e assemelha-se à textura da gordura ao toque e sua força depende principalmente da concentração de inulina entre outros fatores (NINESS, 1999).

A disponibilidade de água é o fator que mais afeta as características do gel. Entretanto, o tamanho da cadeia de inulina (grau de polimerização), as concentrações de mono e dissacarídeos presentes, o tamanho das partículas de inulina, o método de preparação, a temperatura, a adição de outros hidrocolóides e de cátions mono e divalentes também podem afetar o gel (SILVA, 1996).



Fonte: Roberfroid (1993).

Figura 3 – Estrutura química da inulina.

3.4. Produtos cárneos com adição de fibras

Diversos trabalhos têm evidenciado a possibilidade de uso, com sucesso, de uma variedade de fibras e fontes de fibras em produtos cárneos como: *pepperoni* e *summer sausage* (um produto fermentado) (VICKERY; ROGERS, 2002a, b); bolo de carne bovina (um tipo de hambúrguer) (BERRY, 1997; BOND *et al.*, 2001); salsichas (YANG *et al.*, 2001; KAO; LIN, 2006) e hambúrgueres (MANSOUR; KHALIL, 1997), dentre outros.

No Brasil, ainda são poucas as empresas de carne empregando fibras na formulação de seus produtos, todas em virtude das questões tecnológicas (fatiabilidade, textura, retenção de água, etc.); nenhuma ainda as usa com apelo nutricional, o que demandaria uma concentração de fibra no produto de, no mínimo, 3%.

A utilização de fibras de certos frutos, como pêssago, laranja e limão, predominantemente solúveis, tem sido estudada para aplicação em produtos cárneos com

finalidade de substituição de parte da gordura, para a redução de valor energético e manutenção da estrutura física (textura, adesividade e fatiabilidade) do produto. As principais fibras usadas em produtos cárneos cozidos são as de laranja, beterraba, trigo, aveia e ervilha (GARCÍA *et al.*, 2002).

A adição de fibras em produtos cárneos tem sido feita principalmente em produtos cárneos emulsionados (HUGHES; COFRADES; TROY, 1997; GRIGELMO-MIGUEL; ABADÍAS-SERÓS; MARTÍN-BELOSÓ, 1999; SELGAS; CÁCERES; GARCÍA, 2005). Além do seu sabor neutro, foi observado que a utilização da fibra proporciona retenção de água e diminuição de perdas durante o cozimento.

Mansour e Khalil (1997), avaliando a adição de três diferentes níveis (5, 10 e 15%) de fibra de trigo hidratada [proporção de 1:2 (massa: volume)] em formulação de hambúrguer de carne bovina, em substituição à gordura, verificaram que adição da fibra de trigo produziu melhoria na textura; aspectos como cor, maciez, suculência, quantidade de tecido conectivo, intensidade de aroma de carne e a palatabilidade global não foram afetados.

Avaliando a adição de 10 a 16% de fibra de ervilha em carne moída, Anderson e Berry (2000), verificaram um aumento (de 33% para 85-98%) na retenção de gordura, pelo que sugeriram o seu uso no desenvolvimento de produtos alimentícios que requeiram retenção de gordura durante o cozimento.

Mendoza *et al.* (2001) investigaram o efeito da inulina como substituto de gordura em embutidos fermentados com baixo teor de gordura e os resultados indicaram que a adição da inulina melhorou as propriedades sensoriais como um todo. A textura foi percebida como mais macia; a elasticidade e a adesividade foram bastante similares à do embutido-controle. A adição de inulina proporcionou redução de gordura entre 40-50% e de 30% do total de calorias.

A adição de fibras de aveia em Bologna light e linguiça tipo Frankfurters sem gordura resultou maior rendimento, produtos mais claros, vermelhos e duros (STEENBLOCK *et al.*, 2001).

Segundo Fernández-Guínés *et al.* (2003), mortadelas adicionadas de fibras de laranja apresentaram maior conteúdo nutricional de fibras, decréscimo nos níveis residuais de nitrito e retardo no processo de oxidação; o crescimento microbiano não foi modificado pela fibra durante o armazenamento.

Kerr, Wang e Choi (2005) demonstraram que linguiças italianas elaboradas com a adição de até 15% de aveia foram bem aceitas e que a adição de níveis mais elevados

(até 30%) gerou produtos com maior perda de peso por cocção, textura mais suave, menor coesividade e mínimas alterações de cor. Seus resultados mostraram que o tempo de cocção da aveia antes de sua incorporação na massa cárnea é um fator a ser levado em consideração na elaboração deste tipo de produto, afetando a perda de peso, a coesividade e o sabor e aroma do produto.

Selgas, Cáceres e García (2005) avaliaram o uso de inulina, em pó e na forma de gel, como ingrediente funcional em mortadelas. Seus resultados mostraram que mortadelas elaboradas com níveis de fibra superiores a 5% tiveram menor aceitabilidade, principalmente as elaboradas com adição da fibra na forma de pó. Porém, mortadelas elaboradas com até 5% de inulina resultaram em um produto de boa aceitação sensorial, baixa caloria (25% menos calorias) e enriquecido com fibras.

Januzzi (2007) avaliou o efeito da adição de fibras alimentares solúveis e insolúveis em um produto tipo presunto cozido. Os resultados indicaram que a adição de até 3,0% de fibra é similar ao presunto cozido convencional na maioria dos aspectos avaliados. Em relação à composição centesimal, observou-se redução no teor de lipídios acima de 25%, permitindo, pela legislação brasileira vigente, caracterizá-lo como produto *Light*. Embora na avaliação sensorial, julgadores não treinados tenham sido capazes de diferenciar ($p < 0,05$) entre o presunto convencional (sem fibras) e o produto tipo presunto cozido (com fibras), não foi observada diferença significativa ($p > 0,05$) quanto à preferência, com características sensoriais aceitáveis, menor teor de gordura e enriquecido com fibras. A inclusão de fibras na formulação não produziu alterações nas características microbiológicas (coliformes termotolerantes, *Staphylococcus coagulase* positiva, *Clostrídium* sulfito redutores e pesquisa de *Salmonella*) dos presuntos formulados, os quais não diferiram quanto à atividade de água, acidez titulável e pH. Porém, presuntos adicionados de fibras apresentaram-se ($P < 0,05$) menos macios, especialmente aqueles formulados apenas com fibras insolúveis.

Huang, Tsai e Chen (2011) investigaram o efeito da adição de fibras de trigo, fibra de aveia, inulina em quantidades de 3,5 e 7% sobre a composição, as características de textura, cor, microbiológica e sensorial em linguiça tipo chinesa. Os resultados mostraram que o tipo e a quantidade de fibra dietética não influenciaram significativamente a composição geral, cor e contagem total em placas dos produtos. Entretanto, a adição de fibra de trigo e fibra de aveia tornou as linguiças mais duras. A avaliação sensorial dos produtos mostrou que, apenas aqueles com fibra de trigo 7% receberam pontuação inferior a 6 pontos (em uma escala de 9 pontos) em termos de aceitação geral.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Delineamento experimental e análise estatística

Além da formulação-controle (sem redução do teor de toucinho e sem adição de fibras), foram elaboradas 11 formulações, que podem ser divididas em três grupos (Figura 4), sendo que:

1) as formulações que constituem o primeiro grupo baseiam-se na substituição de 25% de toucinho por carne ou por 4% de combinações (70/30, 50/50 e 30/70%) de fibras solúveis e insolúveis e água;

2) as formulações que constituem o segundo grupo baseiam-se na substituição de 50% de toucinho por carne ou por 4% de combinações (70/30, 50/50 e 30/70%) de fibras solúveis e insolúveis e água; e

3) as formulações que constituem o terceiro grupo baseiam-se na adição de 4% de combinações (70/30, 50/50 e 30/70%) de fibras solúveis e insolúveis e sem redução do teor de gordura em relação à formulação-controle.

O experimento, com três repetições, constituído de mortadelas formuladas em diferentes datas, foi conduzido segundo o delineamento inteiramente casualizado para verificar as características de qualidade das mortadelas.

Foi utilizado o programa estatístico SAS, versão 9.2 (*Statistical Analysis System* – SAS Institute Inc., Cary, NC, USA), licenciado para a Universidade Federal de Viçosa. Os dados foram avaliados, a 5% de probabilidade, por meio de análise de variância e testes de Dunnett e Tukey. Foram analisados os seguintes contrastes:

- F9, F10 e F11 vs F2, F3 e F4;
- F9, F10 e F11 vs F6, F7 e F8; e
- F2, F3 e F4 vs F6, F7 e F8.

Também foram analisadas as correlações entre os parâmetros de textura instrumental (dureza, coesividade, elasticidade e mastigabilidade) entre si e entre a relação proteína/gordura para as formulações em que se reduziu 25 e 50% de toucinho.

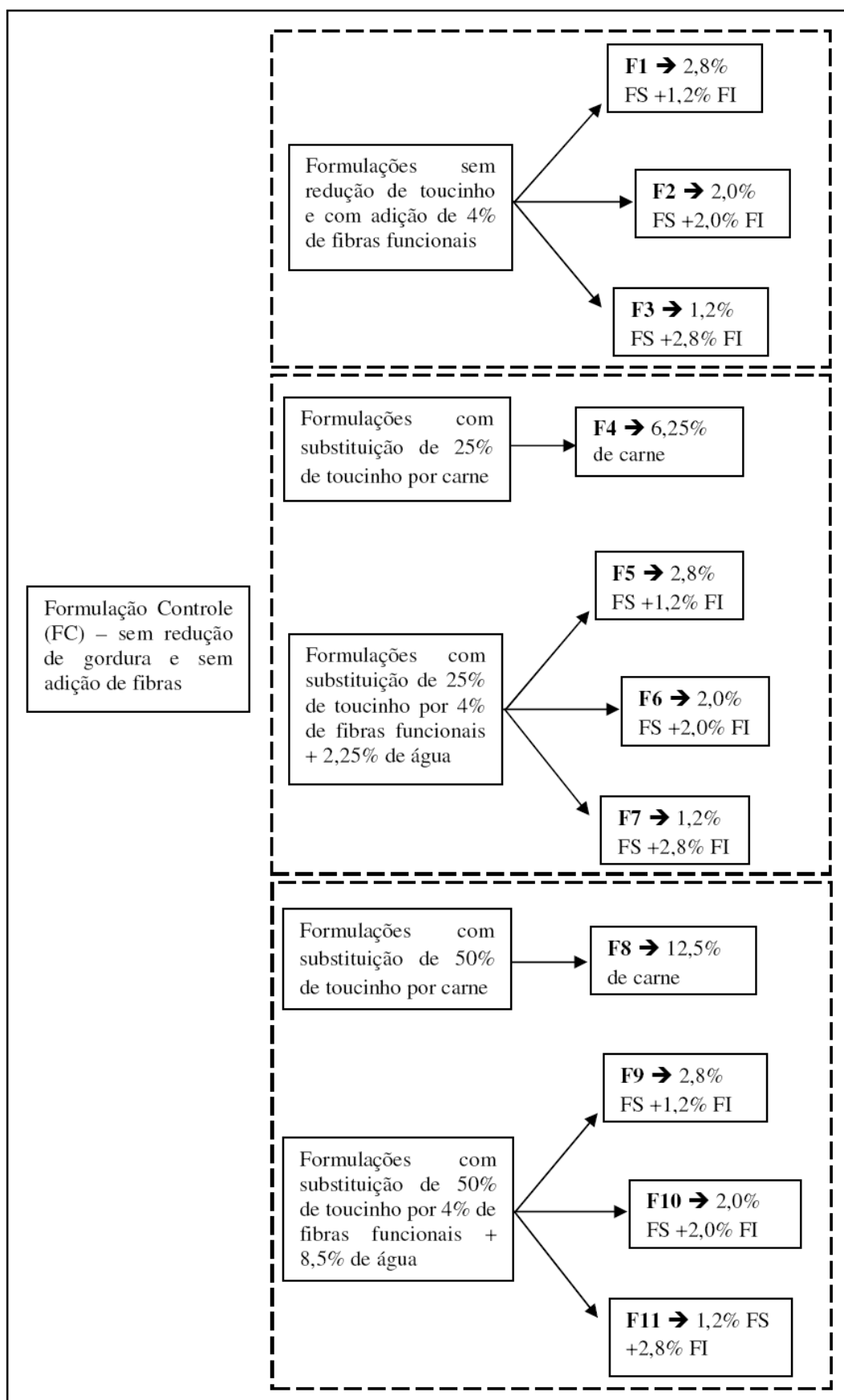


Figura 4 – Representação esquemática do delineamento experimental.

4.2. Formulações

Foram elaboradas 11 formulações de mortadela (Figura 4; Tabela 1) e uma formulação-controle (25% de toucinho e 0% de fibras), com diferentes níveis de fibras solúveis e insolúveis adicionados. Nas formulações F4 e F8 25 e 50% de toucinho foram substituídos por carne sem adição de fibras funcionais. Nas demais formulações a redução do teor de toucinho foi compensada pela adição de 4% (consideradas as respectivas purezas) de misturas (30/70, 50/50 e 70/30%) de fibras solúveis e insolúveis e água (21 e 46%). Este nível (4%) de adição de fibras foi escolhido para se garantir o atendimento ao objetivo de produção de mortadelas que atendessem ao limite mínimo proposto (3%) pela legislação brasileira (BRASIL, 1998) para que embutidos sejam considerados “fonte de fibras”.

Todos os demais ingredientes (condimentos, sais de cura, etc.) tiveram seus teores finais mantidos relativamente fixos. Apenas nas formulações F1, F2 e F3, onde foram adicionadas fibras (sem substituição de gordura), os demais ingredientes tiveram seus teores levemente diferentes da formulação-controle.

Foram utilizadas duas fibras comerciais, VITACEL[®] WF 600 e Orafti[®]GR (BENEO).

A VITACEL[®] WF 600 é uma combinação de fibras insolúveis (celulose, hemicelulose e lignina) de trigo que possui 97% de fibras alimentares, sendo que do total de fibras 76% é constituída de celulose, 24% de hemicelulose e no máximo 0,5% de lignina. Essa fibra possui capacidade de retenção de água entre 4,2 e 5,5 g de água g⁻¹ de fibra e capacidade de absorção de óleo de, no mínimo, 3,7 g de óleo g⁻¹ de fibra.

A Orafti[®]GR é um produto composto de aproximadamente 92% de inulina, com grau de polimerização superior a 10.

Tabela 1 – Formulações básicas das mortadelas (em % em relação à massa final de mortadela)

Ingredientes(%)	Formulações											
	FC	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11
Patinho	50,40	48,52	48,52	48,52	56,65	50,40	50,40	50,40	62,90	50,40	50,40	50,40
Toucinho	25,00	23,90	23,90	23,90	18,75	18,75	18,75	18,75	12,50	12,50	12,50	12,50
Sal refinado	1,73	1,67	1,67	1,67	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73
PTS em pó (Jasmine)	3,02	2,90	2,90	2,90	3,02	3,20	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02
Fécula de Mandioca (Amafil)	3,77	3,62	3,62	3,62	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77
Polifosfato de Sódio (New Max)	0,19	0,18	0,18	0,18	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19
Condimento para mortadelas (New Max)	0,38	0,36	0,36	0,36	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38
Eritorbato de sódio (New Max)	0,19	0,18	0,18	0,18	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19
Sal de cura (Exato)	0,23	0,22	0,22	0,22	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23
Água/Gelo	15,08	14,48	14,48	14,48	15,08	17,33	17,33	17,33	15,08	23,58	23,58	23,58
Fibra solúvel	0	2,80	2,00	1,20	0	2,80	2,00	1,20	0	2,80	2,00	1,20
Fibra insolúvel	0	1,20	2,00	2,80	0	1,20	2,00	2,80	0	1,20	2,00	2,80
Total (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Valor Energético (kcal/ 100 g)*	275,60	266,87	266,14	266,39	234,24	230,33	229,61	228,88	192,88	181,13	180,40	179,68

4.3. Processamento das mortadelas

No preparo das mortadelas, a carne (patinho bovino – *Vastus lateralis*, *Vastus intermedius*, *Vastus medialis* e *Rectus femoris*), previamente cortada em cubos e congelada, foi colocada junto com o gelo no *cutter* (Mainca, MD-40 BL). Após o início da cuterização acrescentou-se, o mais rápido possível, o polifosfato de sódio, e a massa foi batida por cerca de 30 segundos, para a sua incorporação. Em intervalos aproximados de 15 segundos foram adicionados, respectivamente, sal, sal de cura, eritorbato, proteína texturizada de soja (PTS), condimento para mortadela, a fécula de mandioca, as fibras e, por último, o toucinho. A cuterização prosseguiu até que a temperatura da massa atingisse 16 °C. A seguir, a massa foi retirada do *cutter* e embutida em tripa artificial bidirecionada de 67 mm de diâmetro (Startripz 67, vermelha, marca Spel), utilizando uma embutideira hidráulica (Mainca, EM-25) acoplada de um funil de 28 mm. Foram obtidas mortadelas com 500 a 600 g. As mortadelas foram, então, cozidas em tacho até temperatura interna de 75 ± 2 °C; para isto, obedeceu-se a uma programação de meia hora em cada uma das seguintes temperaturas: 55, 65, 75 e 85 °C (PEREIRA, 2000). Logo após, aplicou-se o choque térmico, pela imersão das mortadelas em tacho contendo água e gelo. Finalmente, as mortadelas foram acondicionadas em câmara-fria (1 a 2 °C) para posterior análise.

4.4. Composição centesimal

Os teores de água, proteína (% N total na mortadela x 6,25), lipídios e resíduo mineral fixo foram determinados conforme os métodos oficiais da AOAC (1998), 950.46, 928.08, 960.39 e 920.153, respectivamente.

Tendo em vista que: 1) nas condições de pH (6,5) e tratamento térmico ($T < 85$ °C) presentes nas mortadelas não há degradação das fibras (KAYS; NOTTINGHAN, 2008; WOUTERS, 2010); 2) que, utilizando as fibras BENEIO[®] HP e WF600, Januzzi (2007) observou que os teores de fibras determinados pelos métodos oficiais da AOAC foram semelhantes às quantidades adicionadas em formulações de presuntos; e 3) que as fibras usadas possuem grau de pureza elevado ($> 92\%$), os teores de fibras nas diferentes formulações foram estimados com base em cálculos que consideravam as purezas das fibras (VITACEL[®] WF 600 e Orafiti[®] GR) informadas pelos seus fabricantes.

Os teores de carboidratos foram determinados subtraindo-se de 100% os teores de água, proteínas, lipídios e resíduo mineral fixo; nos casos em que foram adicionadas fibras funcionais às mortadelas, subtraiu-se também 4%, quantidade de fibras adicionadas às formulações.

Essas análises foram conduzidas imediatamente após a fabricação das mortadelas experimentais.

4.5. Valor energético

O valor energético (kcal) de cada formulação foi calculado em relação à 100 g de mortadela usando-se os valores de Atwater que correspondem (GARCIA *et al.*, 2002) a: gordura (9 kcal g⁻¹), proteína (4,02 kcal g⁻¹) e carboidratos (3,87 kcal g⁻¹). O valor energético da inulina foi estimado em 1 kcal g⁻¹ (IZZO; FRANCK, 1998) e o da fibra insolúvel em 0,09 kcal g⁻¹ (informado pelo fabricante).

4.6. Análise de substâncias reativas com o ácido tiobarbitúrico (TBARS)

A determinação das substâncias reativas ao ácido 2-tiobarbitúrico (TBARS) foi realizada após 30 dias de armazenamento sob refrigeração (1 a 2 °C), pelo método modificado de TARLADGIS *et al.* (1960).

Cerca de 10 g de amostra foram trituradas e homogeneizadas em triturador tipo Turrax (Marconi) e adicionados 0,2 mL de antioxidante BHT (0,03%), 50 mL de água destilada e aproximadamente 1 mL de solução antiespumante A (Sigma). As amostras foram novamente trituradas na velocidade máxima do triturador por um minuto. O recipiente foi lavado com 50 mL de solução de HCl (47,5 mL água + 2,5 mL HCl 4 mol.L⁻¹), transferindo-se as amostras para um balão de fundo chato de 500 mL de capacidade, contendo cacos de porcelana. Este conjunto foi destilado em placa aquecedora (Sebelin TE-188), aproximadamente 97 °C, até se coletar 50 mL de destilado. Foram transferidos 5 mL do destilado para tubo de ensaio aos quais foram adicionados 5 mL de solução 0,02 mol L⁻¹ de TBA. Os tubos de ensaio foram, então, submetidos a banho termostático em ebulição por 35 min. A seguir, foram resfriados em água corrente (~20 °C), até que os tubos atingissem a temperatura ambiente. A leitura da absorbância foi realizada em espectrofotômetro (Hitachi U-2001, série 9826-049) a

532 nm. O valor de TBARS, expresso em mg de malonaldeído/kg de mortadela, foi obtido multiplicando-se a absorbância por 7,8 (TARLADGIS *et al.*, 1960).

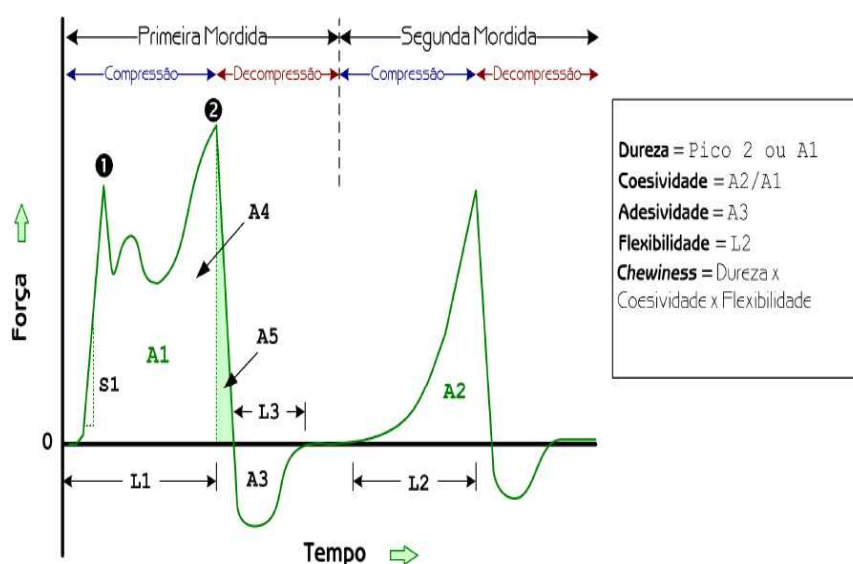
4.7. Análise de perfil de textura instrumental (TPA)

A análise do perfil de textura instrumental (TPA) das mortadelas foi realizada após 45 dias de armazenamento sob refrigeração (1 a 2 °C), em texturômetro TA-XT (Texture Technologies Corp./Stable Micro Systems), conforme metodologia descrita por Ramos e Gomide (2007).

As amostras (oito por cada repetição) foram cortadas com sonda metálica, em forma de cilindros, com 25 mm de diâmetro e 15 mm de altura.

Na obtenção dos resultados de textura foi utilizada sonda de compressão cilíndrica de 35 mm de diâmetro (*Aluminium Cylinder Probe SMS, P/25*). As amostras de mortadelas foram comprimidas em 50% da altura original, em dois ciclos de compressão (5 segundos entre eles), a uma velocidade de 1 mm s^{-1} , $0,1 \text{ kgf/cm}^2$.

As curvas características do perfil de textura foram geradas no programa *Texture Expert Stable Micro Systems*, sendo obtidos quatro atributos: dureza (gf); elasticidade (mm); mastigabilidade (gf.mm) e coesividade. A Figura 5 ilustra os gráficos gerados na Análise Objetiva do Perfil de Textura, a partir dos quais as dimensões de textura foram diretamente obtidas.



Fonte: Ramos e Gomide (2007).

Figura 5 – Curva típica de deformação obtida da análise por TPA em alimentos sólidos ou semissólidos.

A dureza é definida como a força necessária para se alcançar determinada deformação e encontrada a partir da área total (A1) ou pico de força máxima (2), durante a simulação da primeira mordida. A coesividade é definida como a força das ligações internas que determina a extensão em que o alimento é deformado antes da ruptura. Representa como o alimento responde à segunda compressão após suportar a primeira e é obtida pela razão entre as áreas positivas da segunda (A2) e da primeira (A1) mordida. A elasticidade ou flexibilidade trata-se da taxa em que o material deformado retorna à sua condição inicial pela remoção da força deformadora, sendo definida como a distância (L2) necessária para detectar o pico de deformação após o fim da primeira mordida e o início da segunda. Por fim, a mastigabilidade é a energia requerida para se desintegrar alimento sólido a um estado pronto para ser engolido, sendo obtido pelo produto da dureza, coesividade e elasticidade.

4.8. Análise de objetiva cor

A avaliação da cor foi realizada após 30 dias de armazenamento sob refrigeração (1 a 2 °C), em aparelho *Color Quest Sphere* (HunterLab, Reston, VA), conectado a um computador provido do sistema *software* Universal.

O instrumento foi antecipadamente ligado por 30 min e padronizado para o modo de reflectância especular incluída (RSIN), sem o filtro ultravioleta. Logo após, foi realizada a calibração com a colocação, na porta de reflectância, dos azulejos de calibração (branco e cinza). Para obtenção das coordenadas de cor foram estabelecidos: o iluminante D65 (luz do dia, 6.500 K), o ângulo de 10° para o observador e o sistema de cor CIELAB (RAMOS; GOMIDE, 2007).

Amostras das diferentes formulações de mortadelas foram cortadas transversalmente, com espessura de aproximadamente 2 cm, e colocadas entre placas de vidro de borossilicato de 4 mm de espessura e levadas à porta de reflectância do aparelho para as leituras.

Foram realizadas também análise objetiva de cor das fibras funcionais puras, das misturas de fibras solúvel e insolúvel (2,8/ 1,2%, 2,0/2,0% e 1,2/2,8%), dessas misturas de fibras e água, respeitando a proporção de água e fibras, e do toucinho; ambas as amostras foram colocadas em cubetas.

Para cada repetição dos tratamentos, a média de cada coordenada de cor: **L*** (claro/escuro), **a*** (vermelho/verde) e **b*** (amarelo/azul), foram obtidas a partir de cinco

leituras obtidas pela movimentação da amostra (para leituras em posições distintas) na porta de reflectância.

4.9. pH

O pH foi determinado em duplicata após 30 dias de armazenamento sob refrigeração (1 a 2 °C), por inserção do eletrodo acoplado ao pHmetro (Digimed, modelo DMPH=PV) em duas regiões centrais das mortadelas. O eletrodo foi lavado com água destilada e seco com papel absorvente entre as determinações.

4.10. Atividade de água (Aa)

A determinação da atividade de água foi realizada após 30 dias de armazenamento sob refrigeração (1 a 2 °C), em aparelho Aqua Lab, modelo CX2 (Decagon Devices Inc., Washington, USA), pré-calibrado com soluções saturadas, colocando-se amostras previamente mantidas (24 h) à temperatura ambiente (25 °C), provenientes da região central de cada tratamento na cubeta de determinação.

4.11. Estabilidade de emulsão da massa crua

Imediatamente, logo após o processo de cuterização, a estabilidade da emulsão das massas de mortadelas foi determinada, conforme modificação do método proposto por Hughes, Cofrades e Troy (1997). Aproximadamente 25 g (peso exato registrado) da emulsão crua recém-elaborada foram colocadas em tubo de centrífuga (quatro por tratamento e repetição) de polietileno de 50 mL de capacidade e fundo cônico e centrifugadas, em centrífuga BR4i JOUAN, acoplada com rotor Swing-out S40, por 1 min a $2.958 \times g$. Em seguida, os tubos foram aquecidos em um banho-maria a 70 °C por 30 minutos e, então, centrifugados por 3 minutos a $3.000 \times g$, depois foram vertidos por 30 minutos em placas de Petri previamente pesadas para que todo o sobrenadante fosse recolhido. Em seguida, as placas foram levadas à estufa à 105 °C até peso constante. Os tubos de centrífuga, contendo o precipitado, também foram pesados.

Os volumes totais de fluido extraído (%TFEX) foram calculados da seguinte maneira:

$TFEX = (\text{massa do tubo} + \text{amostra}) - (\text{massa do tubo} + \text{precipitado})$

$\% TFEX = [TFEX / (\text{massa amostra})] \times 100$

$\% GEX = \{[(\text{massa da placa de Petri} + \text{massa do sobrenadante seco}) - (\text{da placa de Petri vazia})] / \text{massa de gordura presente na amostra}\} \times 100.$

4.12. Análise sensorial – Teste de aceitação

Utilizou-se no ensaio de avaliação sensorial o teste de aceitação em relação ao sabor, com escala hedônica de nove pontos, sendo atribuída nota 9 para gostei extremamente e 1 para desgostei extremamente, para o atributo “sabor das amostras” (CHAVES, 2005).

O teste foi conduzido após 30 dias de armazenamento sob refrigeração (1 a 2 °C), em supermercado da cidade de Viçosa, MG, fornecendo-se aleatoriamente, de forma monádica, amostras resfriadas (10 °C) de, aproximadamente, 10 g (fatias de 2 mm), sem acompanhamento, a 50 provadores não treinados por formulação avaliada.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Adição de fibras funcionais em mortadelas

5.1.1. Composição centesimal e valor energético

Exceto para o teor de água ($P < 0,05$), não foram evidenciadas ($P > 0,05$) diferenças na composição centesimal das mortadelas com adição de fibras funcionais quando comparadas com a formulação-controle (Tabela 2). A diferença apenas no teor de água se explica pela análise da Tabela 1, em que se observa que as formulações adicionadas de fibras perderam, proporcionalmente, mais água (2% = 0,6% adicionada + 1,4% proveniente da redução de carne, que possui em média 75% de água) que gordura (0,23%) e proteína (0,38%), em virtude do efeito diluente das fibras funcionais. O mesmo se aplica para os demais itens de composição centesimal das mortadelas. Em outras palavras, o teor de água é mais afetado pela adição de fibras funcionais à formulação que as demais variáveis da composição das mortadelas.

Tabela 2 – Médias e desvios-padrão da composição centesimal e dos valores energéticos de mortadelas formuladas pela adição de 4% de misturas de fibras alimentares e sua comparação com a formulação-controle (FC)

Formulações/Variáveis [‡]	FC	F1	F2	F3	P(F) ¹	P(F) ²
Água (%)	57,79 ± 1,45	55,04 ± 0,55 ^{‡a}	54,68 ± 0,85 ^{‡a}	55,49 ± 0,44 ^{‡a}	0,0123	0,3608
Lipídeos (%)	21,55 ± 0,57	21,39 ± 0,15 ^{nsa}	21,59 ± 0,75 ^{nsa}	21,10 ± 0,27 ^{nsa}	0,5345	0,7267
Proteínas (%)	12,66 ± 0,57	12,31 ± 0,34 ^{nsa}	12,35 ± 0,60 ^{nsa}	12,10 ± 0,09 ^{nsa}	0,6286	0,4808
Resíduo mineral fixo (%)	3,07 ± 0,08	3,00 ± 0,02 ^{nsb}	3,05 ± 0,01 ^{nsa}	3,03 ± 0,03 ^{nsab}	0,2946	0,0430
Carboidratos (%)	4,94 ± 0,58	4,26 ± 0,52 ^{nsa}	4,32 ± 0,69 ^{nsa}	4,29 ± 0,67 ^{nsa}	0,5108	0,9939
Valor energético (kcal/100g)	263,95 ± 8,16	261,40 ± 2,88 ^{nsa}	262,84 ± 7,01 ^{nsa}	256,55 ± 1,40 ^{nsa}	0,4360	0,2695

FC = mortadela-controle; F1 = mortadela com adição de 2,8% de fibra solúvel e 1,2 % de fibra insolúvel; F2 = mortadela com adição de 2,0% de fibra solúvel e 2,0% de fibra insolúvel; F3 = mortadela com adição de 1,2% de fibra solúvel e 2,8% de fibra insolúvel. [‡]Significativo, a 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett; e ^{ns} Não significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

¹ P(F) correspondente à análise de variância, incluindo a formulação-controle (FC, F1, F2 e F3). ² P(F) correspondente à análise de variância sem a formulação-controle (F1, F2 e F3).

Apenas o teor de resíduo mineral fixo variou entre as formulações adicionadas de fibras, o que poderia ser devido a um menor teor de minerais na fibra solúvel (Orafti®GR - BENEIO); entretanto, neste caso, deveria ser observado um aumento (F3 > F2 > F1) no teor de resíduo mineral fixo com o aumento na proporção de fibras insolúveis, o que não ocorreu. A ausência de diferença ($P > 0,05$) entre as formulações

adicionadas de fibras nas demais variáveis da composição se deve ao fato de que elas foram elaboradas de forma semelhante, alterando-se, apenas, as proporções de fibras solúveis e insolúveis (Tabela 2).

À semelhança do observado neste experimento, Huang, Tsai e Chen (2011) observaram que apenas o teor de água das formulações de linguiças chinesas adicionadas de fibras (de trigo, de aveia ou de inulina) foi menor do que a do controle. Os teores de lipídios, proteínas, carboidratos e resíduo mineral fixo das linguiças enriquecidas com fibras não diferiram da formulação-controle.

O Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade para Mortadela, Instrução Normativa nº 4, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2000), prevê que os teores de água e gordura devem ser, no máximo, de 65 e 30%, respectivamente, enquanto o teor de proteína não deve ser inferior a 12%. Assim, todas as formulações com adição de fibras estão adequadas a essa legislação.

Segundo a Portaria nº 27, de 13 de setembro de 1998 (SVS/MS), que aprova o Regulamento Técnico referente à informação nutricional complementar, para a utilização do termo “fonte de fibras”, em alimentos sólidos, o produto deve conter no mínimo 3 g por 100 g. Assim, todas as mortadelas formuladas com adição de fibras (F1, F2 e F3) podem ser denominadas “fontes de fibras”.

Quando comparadas à formulação-controle, as mortadelas com adição de fibras funcionais não apresentaram ($P > 0,05$) diferenças dos valores energéticos (Tabela 1). Do mesmo modo, observou-se que as formulações com incremento de fibras apresentaram valores energéticos semelhantes ($P > 0,05$). Isto se deve ao fato de que não foram verificadas variações dos teores de proteínas, lipídios e carboidratos, principais fontes de energia dos alimentos (COSTA; PELUZIO, 2008), entre as mortadelas com incremento de fibras e, também, entre essas e a formulação-controle.

5.1.2. Análise de substâncias reativas com o ácido tiobarbitúrico (TBARS), pH e atividade de água (Aa)

Não foram evidenciadas ($P > 0,05$) diferenças dos valores de TBARS (Tabela 3) entre as formulações com adição de fibras funcionais e entre essas e a formulação-controle. Esse resultado, possivelmente, se deve ao fato de que a mortadela é um produto curado e, portanto, possui ingredientes, como: nitrito e eritorbato de sódio, capazes de inibir a oxidação de lipídios (HONIKEL, 2008). Os resultados observados

indicam que a diluição dos sais de cura, promovida pela adição de fibras nas formulações F1, F2 e F3 em relação à formulação-controle, não foi suficientemente elevada para influenciar a estabilidade oxidativa dos produtos.

Tabela 3 – Médias e desvios-padrão das substâncias reativas ao ácido 2-tiobarbitúrico (TBARS), pH e atividade de água (Aa) de mortadelas formuladas pela adição de 4% de misturas de fibras alimentares e sua comparação com a formulação-controle (FC)

Formulações/ Variáveis [‡]	TBARS (mg malonaldeído / Kg)	Aa	pH
FC	0,077 0,015	0,950±0,004	6,50± 0,07
F1	0,060±0,013 ^{ns} a	0,949±0,004 ^{ns} a	6,49± 0,03 ^{ns} a
F2	0,065±0,011 ^{ns} a	0,952±0,003 ^{ns} a	6,48± 0,07 ^{ns} a
F3	0,070±0,016 ^{ns} a	0,950±0,002 ^{ns} a	6,48±0,03 ^{ns} a
P(F) ¹	0,7671	0,9367	0,8832
P(F) ²	0,8985	0,7398	0,9457

FC = mortadela-controle; F1 = mortadela com adição de 2,8% de fibra solúvel e 1,2% de fibra insolúvel; F2 = mortadela com adição de 2,0% de fibra solúvel e 2,0% de fibra insolúvel; e F3 = mortadela com adição de 1,2% de fibra solúvel e 2,8% de fibra insolúvel. ‡Significativo, a 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett; e ^{ns} Não significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

¹ P(F)correspondente à análise de variância, incluindo a formulação-controle (FC, F1, F2 e F3); e ²P(F) correspondente à análise de variância sem a formulação-controle (F1, F2 e F3).

De acordo com Yu *et al.* (2010), a oxidação lipídica é uma das principais causas de deterioração de carne e produtos cárneos, podendo causar alterações sensoriais e nutricionais.

Barretto (2007), ao estudar o efeito da adição de fibras de trigo, aveia e inulina em mortadelas, também não evidenciou efeito de fibras sobre os valores de TBARS. Ao contrário, Fernández-Ginés *et al.* (2006) observaram que a adição (0,5% a 2%) de fibras de laranja produziu um efeito antioxidante em mortadelas. Entretanto, fibras oriundas de citrus possuem compostos bioativos (polifenóis, carotenos) com propriedades antioxidantes (FERNÁNDEZ-LÓPEZ *et al.*, 2005; FERNÁNDEZ-GINÉS *et al.*, 2006; VIUDA-MARTOS *et al.*, 2009), o que, possivelmente, não ocorreu nas fibras usadas neste trabalho (inulina e trigo).

Os valores de pH e a Aa (Tabela 3) não apresentaram ($P > 0,05$) diferenças entre as formulações com adição de fibra e a formulação-controle. Igualmente, quando comparadas apenas as formulações com incremento de fibras não foram ($P > 0,05$) observadas diferenças dos valores de pH e Aa.

Ausência de efeito da adição de fibras sobre o pH das mortadelas é consistente com os resultados reportados por Viuda-Martos *et al.* (2010), e se explica pelo fato de que, à semelhança de proteínas, são produtos relativamente neutros, a não ser que venham a ser fermentadas, o que não é esperado de ocorrer em mortadelas, um produto curado e cozido. Além disto, há de se considerar que, em todas as formulações de mortadelas foi usado polifosfato de sódio, um composto alcalino, que tem a função de aumentar o pH da massa e, conseqüentemente, aumentar a capacidade de retenção de água das proteínas (SEBRANEK, 2009).

Tendo em vista o já mencionado efeito da adição de fibras na redução ($P < 0,05$) do teor de água das mortadelas e a capacidade de hidratação das fibras, esperava-se, como observado por Viuda-Martos *et al.* (2010), ao adicionar 1% de fibra de laranja às suas formulações, a redução na Aa das mortadelas. Possivelmente, a diferença observada entre os resultados de atividade de água do trabalho de Viuda-Martos *et al.* (2010) e do presente trabalho se deve ao fato de que a fibra de laranja possui maior capacidade de retenção de água (10,66 g água por g de fibra) que a fibra de trigo (4,9 g água por g de fibra) e a inulina, que, como toda fibra solúvel, possui baixa capacidade de retenção de água (THEBAUDIN *et al.*, 1997).

5.1.3. Estabilidade de emulsão

Não foram observadas ($P > 0,05$) diferenças dos valores de total de fluido exsudado (TFEX) e de gordura exsudada (GEX) entre as mortadelas com adição de fibras funcionais e a formulação-controle (Tabela 4). Do mesmo modo, quando se comparou apenas aquelas com incremento de fibras funcionais não foram evidenciadas ($P > 0,05$) diferença entre os indicadores de estabilidade de emulsão (Tabela 4).

Os resultados obtidos indicam que as proporções de fibras solúveis e insolúveis utilizadas no presente estudo não influenciaram a estabilidade da emulsão das mortadelas. Possivelmente, o teor de proteínas, principal responsável pela formação e estabilização da emulsão foi suficiente para encapsular toda a gordura presente nas formulações, não permitindo que as fibras funcionais estudadas pudessem demonstrar as suas habilidades de aumentar a estabilidade de emulsão.

Tabela 4 – Médias e desvios-padrão do total de fluido exsudado (TFEX), gordura exsudada (GEX) de mortadelas formuladas pela adição de 4% de misturas de fibras alimentares e sua comparação com a formulação-controle (FC)

Formulações/Variáveis [‡]	TFEX (%)	GEX (%)
FC	13,05 ± 5,57	41,50±18,00
F1	14,83 ± 3,81 ^{ns} a	42,28±14,48 ^{ns} a
F2	12,93 ± 4,54 ^{ns} a	38,46±18,03 ^{ns} a
F3	8,19 ± 1,37 ^{ns} a	23,13±10,39 ^{ns} a
P(F) ¹	0,3043	0,4422
P(F) ²	0,1348	0,3087

FC = mortadela-controle; F1 = mortadela com adição de 2,8% de fibra solúvel e 1,2% de fibra insolúvel; F2 = mortadela com adição de 2,0% de fibra solúvel e 2,0% de fibra insolúvel; e F3 = mortadela com adição de 1,2% de fibra solúvel e 2,8% de fibra insolúvel.

‡Significativo, a 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett; ^{ns} Não significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

¹ P(F)correspondente à análise de variância, incluindo a formulação-controle (FC, F1, F2 e F3); e ²P(F) correspondente à análise de variância sem a formulação-controle (F1, F2 e F3).

Em virtude da sua estrutura espacial, fibras celulósicas insolúveis de trigo são capazes de se ligar à gordura e à água em uma rede tridimensional, que pode ajudar a estabilizar a emulsão e permitir a redução do teor de proteína usado nas formulações (BODNER; SIEG, 2009). A inulina também possui a habilidade de melhorar a estabilidade de emulsão (FRANK, 2002).

Sariçoban *et al.* (2008), estudando o efeito da adição de diferentes níveis (0,0, 2,5, 5,0, 7,5 e 10%) de albedo de limão em emulsão cárnea, observaram que a adição de fibra de limão aumentou a estabilidade da emulsão; esse resultado foi atribuído à alta capacidade de retenção de água dessa fibra.

5.1.4. Medidas objetivas de cor

Não foram observadas ($P > 0,05$) diferenças dos valores de luminosidade (**L***) e do índice de amarelo (**b***) entre a formulação-controle e as formulações com adição de fibras funcionais (Tabela 5). Quanto ao índice de vermelho (**a***), apenas a mortadela F3 diferiu ($P < 0,05$) da formulação-controle (Tabela 4), apresentando-se menos ($P < 0,05$) vermelha que aquela sem adição de fibras funcionais.

Pela Tabela 5, pode-se observar que as mortadelas com adição de fibras funcionais apresentaram **L***, **a*** e **b*** semelhantes ($P > 0,05$).

Tabela 5 – Médias e desvios-padrão das coordenadas de cor (**L***, **a*** e **b** de mortadelas formuladas pela adição de 4% de misturas de fibras alimentares e sua comparação com a formulação-controle (FC)

Formulações/Variáveis [‡]	L*	a*	b*
FC	54,91±1,60	8,05±0,52	9,55±0,49
F1	55,58±1,36 ^{ns} a	7,26±0,78 ^{ns} a	9,32±0,22 ^{ns} a
F2	55,96±1,35 ^{ns} a	7,10±0,14 ^{ns} a	9,63±0,35 ^{ns} a
F3	56,35±1,76 ^{ns} a	6,64±0,24 ^{**} a	9,66±0,37 ^{ns} a
P(F) ¹	0,7035	0,0416	0,6811
P(F) ²	0,8263	0,3244	0,4078

FC = mortadela-controle; F1 = mortadela com adição de 2,8% de fibra solúvel e 1,2% de fibra insolúvel; F2 = mortadela com adição de 2,0% de fibra solúvel e 2,0% de fibra insolúvel; e F3 = mortadela com adição de 1,2% de fibra solúvel e 2,8% de fibra insolúvel.

‡ Significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; e ^{ns} Não significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

¹ P(F) correspondente à análise de variância, incluindo a formulação-controle (FC, F1, F2 e F3); e ² P(F) correspondente à análise de variância sem a formulação-controle (F1, F2 e F3).

Dentre outros fatores, a cor dos alimentos é influenciada pelo tipo e pela concentração de pigmentos (LINDAHL *et al.*, 2001) e, pelo tipo e pela quantidade de fibras (FERNÁNDEZ-GINÉS *et al.*, 2006).

Pela Tabela 6, que apresenta as coordenadas de cor das diferentes combinações de fibras utilizadas nas formulações, pode-se observar que as três misturas de fibras possuem valores de **L***, **a*** e **b*** semelhantes; isto pode explicar a ausência ($P > 0,05$) de diferença das coordenadas de cor entre as formulações com adição de fibras funcionais.

Tabela 6 – Coordenadas de cor (**L***, **a*** e **b***) das diferentes misturas de fibras solúveis (FS) e insolúveis (FI)

Misturas de Fibras	L*	a*	b*
2,8% FS + 1,2% FI	91,76	-0,32	5,52
2,0% FS + 2,0% FI	90,94	-0,26	5,67
1,2% FS + 2,8% FI	90,59	-0,25	5,63

Pelas análises das Tabelas 5 e 6, verificou-se que a formulação-controle é mais escura, mais vermelha e mais amarela que qualquer uma das combinações de fibras. Assim, ao se adicionar fibras funcionais à mortadela esperava-se que ela se tornasse mais clara, menos vermelha e amarela, independentemente da combinação de fibras usadas. Para os valores de **L*** e **b*** esse comportamento não foi observado, possivelmente em virtude da quantidade de fibras usadas (4%), que é relativamente pequena. Já para os valores de **a*** esperava-se que todas as formulações com adição de fibras

funcionais se tornassem menos vermelha que a controle, pois, como dito anteriormente, todas as combinações de fibras possuem coordenadas de cor semelhantes.

Fernández-Ginés *et al.* (2006), ao investigar o efeito das condições de armazenamento na qualidade de mortadelas tipo Bologna elaboradas com fibra de citrus, observaram que os valores de **L***, **a*** e **b*** das formulações aumentaram quando a fibra foi adicionada. Eles atribuíram as variações dos valores de **L*** à presença de componentes brancos da fibra cítrica (basicamente, o albedo) e dos valores de **a*** à presença, nesse tipo de fibra, de compostos com propriedades antioxidantes, que favorecem a redução dos pigmentos de cor da mortadela; a manifestação desta propriedade antioxidante sobre as coordenadas de cor das mortadelas não foi observada nas fibras insolúveis de trigo e inulina do presente experimento. Segundo Fernández-Ginés *et al.* (2006), o aumento dos valores de **b*** das mortadelas é devido aos carotenos presentes na fibra de laranja e que não foram removidos no processo de fabricação das fibras.

5.1.5. Análise de perfil de textura (TPA)

A formulação F3 apresentou ($P < 0,05$) valor de dureza superior àquela das formulações-controle (FC) e das demais formulações (F1, F2) adicionadas de fibras funcionais, que não diferiram entre si ou da FC (Tabela 7). O aumento de dureza nas mortadelas com adição de fibras, provavelmente, se deve à adição de fibras insolúveis (FI), que são capazes de formar uma rede tridimensional insolúvel e cristalina capaz de modificar as propriedades reológicas da fase contínua de uma emulsão (COFRADES *et al.*, 2000, *apud* Backers; Nolli, 1997; MORRIS, 2001), o que não ocorre com as fibras solúveis (HAULY; MOSCATTO, 2002). Assim, os resultados sugerem que a dureza das mortadelas adicionadas de fibra é influenciada pelo nível de FI adicionado, provavelmente por aumentar a viscosidade da fase contínua. Neste sentido, a formulação de mortadelas adicionadas de fibras deve prever um nível máximo de FI para que não se alterem as características de textura do produto tradicional ao se formular um produto enriquecido de fibras; isto exclui a possibilidade de uso da formulação F3.

Tabela 7 – Médias e desvios-padrão dos valores do perfil de textura instrumental (dureza, coesividade, elasticidade e mastigabilidade) e a relação proteína/gordura (P/G) de mortadelas formuladas pela adição de 4% de misturas de fibras alimentares e sua comparação com a formulação-controle (FC)

Formulações/ Variáveis [‡]	FC	F1	F2	F3	P(F) ¹	P(F) ²
Dureza (gf)	1992 ± 142	2292 ± 202 ^{nsb}	2106 ± 83 ^{nsb}	2928±199 ^{‡a}	0,0005	0,0025
Coesividade	0,28 ± 0,09	0,32 ± 0,07 ^{nsa}	0,29 ± 0,03 ^{nsa}	0,30±0,03 ^{nsa}	0,774	0,6483
Elasticidade (mm)	5,63±0,43	5,88±0,76 ^{nsa}	5,75±0,58 ^{nsa}	6,02±0,51 ^{nsa}	0,8521	0,8665
Mastigabilidade (g,mm)	3129±1410	4485±1935 ^{nsa}	3503±711 ^{nsa}	5417±1372 ^{nsa}	0,2553	0,3101
Relação P/G	0,59±0,03	0,58±0,02 ^{nsa}	0,57±0,05 ^{nsa}	0,57±0,00 ^{nsa}	0,9331	0,9878

FC = mortadela-controle; F1 = mortadela com adição de 2,8% de fibra solúvel e 1,2% de fibra insolúvel; F2 = mortadela com adição de 2,0% de fibra solúvel e 2,0% de fibra insolúvel; e F3 = mortadela com adição de 1,2% de fibra solúvel e 2,8% de fibra insolúvel.

‡ Significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; e ^{ns} Não significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

¹ P(F) correspondente à análise de variância, incluindo a formulação-controle (FC, F1, F2 e F3); e ² P(F) correspondente à análise de variância sem a formulação-controle (F1, F2 e F3).

Não foram observadas ($P > 0,05$) diferenças dos valores de coesividade e elasticidade entre a formulação-controle (FC) e as formulações com incremento de fibras (F1, F2 e F3), que não diferiram entre si quanto a estes parâmetros de textura (Tabela 7). Possivelmente, esses dois resultados podem ser explicados pelo fato de que a quantidade de proteína disponível, relação proteína/gordura (P/G), para a formação da matriz gélica formada durante a fase de cozimento (ZIEGLER; ACTON, 1984; SHARP; OFFER, 1992; SUN; HOLLEY, 2011) da massa de mortadela ser igual ($P > 0,05$) para todas as formulações (Tabela 6); gerando matrizes de características semelhantes no que diz respeito à coesividade e elasticidade do gel formado pelas proteínas miofibrilares (RAMOS; GOMIDE, 2007). As formulações com adição de fibras funcionais apresentaram ($P > 0,05$) valores de mastigabilidade semelhantes entre si e semelhantes à formulação-controle (Tabela 7). Entretanto, esperava-se que a mastigabilidade de F3 fosse maior que aquelas observadas para as demais formulações, visto que a mastigabilidade é uma grandeza obtida pelo produto das outras três grandezas avaliadas, das quais a única a apresentar diferença foi a dureza da formulação F3.

Huang, Tsai e Chen (2011), ao estudarem o efeito da adição de fibras de trigo, aveia e inulina sobre as propriedades físico-químicas e sensoriais em linguças chinesas, observaram que a adição de 3,5 e 7,0% de fibras insolúveis de trigo aumentou os valores de dureza em relação à formulação-controle (sem adição de fibras); maiores valores de dureza foram observados quando da adição de maiores concentrações de fibra de trigo. Entretanto, segundo estes autores, quando comparadas à formulação-

controle, a adição de 3,5 e 7,0% de inulina não influenciou a dureza das linguças. Segundo eles, enquanto os valores de coesividade não foram influenciados pela adição de fibras de trigo e, ou, de inulina, os valores de elasticidade foram menores quando se adicionou inulina e permaneceram constantes quando se acrescentou fibras de trigo.

Fernández-Ginés *et al.* (2006) e Viuda-Martos *et al.* (2010) observaram que a adição de fibras de laranja aumentou a dureza de mortadelas quando comparadas à formulação-controle (sem adição de fibras). Resultado semelhante foi encontrado por Barretto (2007), ao estudar o feito da adição de fibras de trigo em mortadelas.

Viuda-Martos *et al.* (2010) verificaram, ainda, que a adição de 1% de fibra de laranja em mortadelas reduziu a elasticidade e manteve constante a coesividade dos produtos quando comparadas à formulação-controle (sem adição de fibras).

5.1.6. Aceitação sensorial de sabor

Não foram observadas ($P > 0,05$) diferenças dos escores de aceitação em relação ao sabor entre a mortadela-controle e aquelas com adição de fibras funcionais (Tabela 8). Do mesmo modo, quando comparadas apenas às formulações adicionadas de fibras funcionais, elas apresentaram notas para sabor semelhantes ($P > 0,05$).

Tabela 8 – Médias e desvios-padrão dos escores[†] de aceitação em relação ao sabor de mortadelas formuladas pela adição de 4% de misturas de fibras alimentares e sua comparação com a formulação-controle (FC)

Formulações/Variáveis [‡]	Sabor
FC	7,10±1,30
F1	7,28±1,07 ^{ns} a
F2	7,10±1,56 ^{ns} a
F3	7,38±1,09 ^{ns} a
P(F) ¹	0,6153
P(F) ²	0,5304

[†] Escala hedônica de nove pontos, indo de 1 (desgostei extremamente) a 9 (gostei extremamente).

FC = mortadela-controle; F1 = mortadela com adição de 2,8% de fibra solúvel e 1,2% de fibra insolúvel; F2 = mortadela com adição de 2,0% de fibra solúvel e 2,0% de fibra insolúvel; e F3 = mortadela com adição de 1,2% de fibra solúvel e 2,8% de fibra insolúvel.

[‡]Significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; e ^{ns} Não significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

¹ P(F) correspondente à análise de variância, incluindo a formulação-controle (FC, F1, F2 e F3); e ² P(F) correspondente à análise de variância sem a formulação-controle (F1, F2 e F3).

O desenvolvimento do sabor em produtos cárneos é resultado de inúmeras reações induzidas pelo calor durante o cozimento, sendo as principais delas a reação de Maillard, entre aminoácidos e açúcares redutores, e a degradação de lipídios (MOTTRAM, 1998). Além disso, o sabor das mortadelas também é conferido pelo cloreto de sódio e por condimentos específicos para esse produto. Assim, a ausência de diferença da aceitação em relação ao sabor entre as formulações; pode ser explicada pelo fato de que não foram observadas variações dos teores de lipídios, proteínas, carboidratos e resíduo mineral (Tabela 2) e, que as fibras possuem odor e sabor neutro e não possuem gosto residual (FRANK, 2002; CYRINO; BARRERRO, 2006).

Selgas *et al.* (2005) evidenciaram que a adição de fibra solúvel (inulina) em mortadelas em níveis de até 5% resultaram em um produto com boa aceitação. Entretanto, García *et al.* (2006) observaram que adição de até 7% de inulina não influenciaram a aceitabilidade desse mesmo produto.

As notas para sabor ficaram compreendidas entre 7 (“gostei moderadamente”) e 8 (“gostei muito”), indicando boa aceitação das mortadelas com adição de fibras funcionais.

5.2. Substituição de toucinho por carne ou por misturas de fibras funcionais e água em mortadelas

5.2.1. Composição centesimal e valor energético

À exceção da formulação F7, foram observadas ($P < 0,05$) diferenças dos teores de água (Tabela 9) entre a formulação-controle e as formulações com substituição de 25 ou 50% de toucinho por carne ou por fibras funcionais e água. Pela análise da Tabela 1 pode-se observar que as formulações com substituição de 25 e 50% de toucinho por carne foram formuladas com maior quantidade de água, proveniente da carne, em relação à mortadela-controle e as demais formulações tiveram 25 ou 50% de toucinho parcialmente substituído por água.

O fato de a formulação F7 ser a única a não diferir da formulação-controle quanto ao teor de água se deve, possivelmente, ao fato de que nela há maior concentração de fibras insolúveis, as quais apresentam alta capacidade de ligação/adsorção de água (THEBAUDIN *et al.*, 1997); isto diminui a mobilidade das moléculas de água no produto, fazendo com que menos água seja perdida/evaporada durante a determinação

Tabela 9 – Médias e desvios-padrão da composição centesimal, valor energético (VE) e, relações água/proteína (A/P) e proteína/gordura (P/G) de mortadelas formuladas pela substituição de 25 ou 50% de toucinho por carne ou 4% de misturas de fibras funcionais e água e sua comparação com a mortadela-controle (FC)

Formulação	Água (%)	Lipídios(%)	Proteínas (%)	Resíduo Mineral Fixo (%)	Carboidratos	VE (kcal/100 g)	Relação A/P	Relação P/G
Controle (FC)	57,79±1,45	21,55±0,56	12,66 ± 0,57	3,07±0,08	4,94±0,58	263,85±8,16	4,57±0,28	0,59±0,03
<i>Redução de 25% de toucinho</i>								
F4	61,88±0,58*a	16,40±0,78*a	13,86±0,61*a	3,15±0,03 ^{ns} a	4,71±0,57 ^{ns} a	221,52±6,19*a	4,47±0,16 ^{ns} b	0,85±0,07*a
F5	60,57±1,46*a	15,04±1,43*a	12,66±0,43 ^{ns} b	3,09±0,03 ^{ns} a	4,63±0,49 ^{ns} a	207,12±12,87*a	4,78±0,05 ^{ns} a	0,85±0,11*a
F6	61,00±1,36*a	15,20±1,80*a	12,44±0,40 ^{ns} b	3,11±0,03 ^{ns} a	4,25±0,21 ^{ns} a	205,48±14,29*a	4,90±0,07 ^{ns} a	0,83±0,12*a
F7	59,77±0,43 ^{ns} a	16,55±1,15*a	12,56±0,31 ^{ns} b	3,12±0,02 ^{ns} a	4,80±0,59 ^{ns} a	219,40±7,21*a	4,76±0,12 ^{ns} a	0,76±0,07*a
P(F) ¹	0,0135	0,0004	0,0261	0,2568	0,0559	0,0002	0,0473	0,0158
P(F) ²	0,1820	0,4318	0,0165	0,1257	0,5562	0,2296	0,0077	0,6304
<i>Redução de 50% de toucinho</i>								
F8	66,23±0,22*a	11,13±0,56*a	14,35±0,16*a	3,07±0,15 ^{ns} a	5,23±0,74 ^{ns} a	178,07±2,49*a	4,62±0,05 ^{ns} b	1,29±0,07*a
F9	65,45±0,68*ab	11,15±0,71*a	12,13±0,44 ^{ns} b	2,96±0,09 ^{ns} a	4,29±0,45 ^{ns} a	168,75±5,91*a	5,40±0,24*a	1,09±0,05*b
F10	64,51±0,31*bc	11,89±0,64*a	12,23±0,33 ^{ns} b	3,05±0,10 ^{ns} a	4,32±0,69 ^{ns} a	175,05±4,13*a	5,28±0,12*a	1,03±0,08*b
F11	64,22±0,51*c	12,37±0,65*a	12,37±0,32 ^{ns} b	3,08±0,04 ^{ns} a	4,95±0,35 ^{ns} a	180,86±5,30*a	5,27±0,09* a	0,99±0,08*b
P(F) ¹	<0,0001	<0,0001	0,0002	0,6187	0,2579	<0,0001	0,0003	<0,0001
P(F) ²	0,0028	0,117	<0,0001	0,5326	0,2014	0,0595	0,0006	0,0023

FC = mortadela-controle; F4 = mortadela com substituição de 25% de toucinho por carne; F5 = mortadela com substituição de 25% de toucinho por 2,8% de fibra solúvel, 1,2% de fibra insolúvel e 2,25% de água; F6 = mortadela com substituição de 25% de toucinho por 2,0% de fibra solúvel, 2,0% de fibra insolúvel e 2,25% de água; F7 = mortadela com substituição de 25% de toucinho por 1,2% de fibra solúvel, 2,8% de fibra insolúvel e 2,25% de água; F8 = mortadela com substituição de 50% de toucinho por carne; F9 = mortadela com substituição de 50% de toucinho por 2,8% de fibra solúvel, 1,2% de fibra insolúvel e 8,5% de água; F10 = mortadela com substituição de 50% de toucinho por 2,0% de fibra solúvel, 2,0 % de fibra insolúvel e 8,5% de água; e F11 = mortadela com substituição de 50% de toucinho por 1,2% de fibra solúvel, 2,8% de fibra insolúvel e 8,5% de água.

* Significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; e ^{ns} Não significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

¹ P(F) correspondente à análise de variância, incluindo a formulação-controle (FC, F4, F5, F6 e F7). ² P(F) correspondente à análise de variância sem a formulação-controle (F4, F5, F6 e F7 ou F8, F9, F10 e F11).

de água através da secagem em estufa. Isto fica evidenciado ao se observar uma tendência ($P > 0,05$) de diminuição do teor de água ($F7 < F6 < F5$) com o aumento no teor de fibras insolúveis (e água) em substituição ao toucinho.

Não foram evidenciadas ($P > 0,05$) diferenças quanto ao teor de água entre as formulações com substituição de 25% de gordura suína por carne (F4) e aquelas com substituição dos mesmos 25% de gordura suína por misturas de fibras funcionais e água (F5, F6 e F7) (Tabela 9). A semelhança no teor de água entre essas formulações pode ser explicada pelo fato de que em todas elas houve adição de mais água; nas mortadelas F4 a água adicional foi proveniente da carne (75% de água, em média, contra muito pouco no toucinho) e nas mortadelas F5, F6 e F7 adicionaram-se água para que a soma de fibras alimentares (4 g) e água (2,25 g) fosse igual à quantidade (6,25 g) de gordura removida (Tabela 1).

A mortadela formulada pela substituição de 50% de toucinho por carne (F8) apresentou ($P < 0,05$) maior teor de água (Tabela 9) que as formulações F10 e F11. Já a formulação F9 apresentou maior ($P < 0,05$) teor desse componente que a formulação F11 (Tabela 9). Observa-se que houve redução no teor de água ($F11 < F10 < F9$) das mortadelas ao se aumentar a quantidade de fibras insolúveis nas formulações com substituição de 50% de toucinho por fibras funcionais e água (Tabela 9); conforme já discutido, isso, provavelmente, se deve à maior capacidade de adsorção de água pelas fibras.

Quando comparadas à formulação-controle, todas as mortadelas formuladas pela substituição de 25 ou 50% de toucinho por carne ou fibras funcionais e água apresentaram teores de lipídios (Tabela 9) menores ($P < 0,05$); isto pode ser explicado pela substituição de toucinho por componentes com baixo teor de lipídios: carne, no caso de F4 e F8, ou com teor nulo de gordura, fibras funcionais e água, nas demais formulações.

Quando se comparou as formulações dentro de um mesmo nível (25 ou 50%) de substituição de gordura não foram observadas ($P > 0,05$) diferenças dos teores de lipídios (Tabela 9). Esse fato se deve a adição de quantidades iguais de toucinho nas formulações pertencentes a um mesmo grupo de substituição de gordura.

Não foram observadas ($P > 0,05$) diferenças dos teores de proteínas das formulações com substituição de 25 ou 50% de toucinho por fibras e água quando comparadas com a formulação-controle (Tabela 9). Isto ocorreu porque nessas formulações foram adicionadas quantidades iguais de carne e proteína texturizada de soja, principais fontes de proteínas das mortadelas.

Não foram observadas ($P > 0,05$) diferenças dos teores de proteínas entre a formulação-controle e aquelas com substituição de 25 ou 50% de toucinho por fibras funcionais e água (Tabela 9). Igualmente, quando comparadas dentro do mesmo grupo de substituição de gordura suína (25 ou 50%), as mortadelas formuladas pela substituição de toucinho por fibras funcionais apresentaram teores de proteínas semelhantes ($P > 0,05$). Nos dois casos, os resultados observados podem ser explicados pelo fato de que em todas essas formulações foram adicionadas iguais quantidades de carne e proteína texturizada de soja, principais fontes de proteínas das mortadelas.

As mortadelas formuladas pela substituição de 25 e 50% toucinho por carne, F4 e F8, respectivamente, apresentaram ($P < 0,05$) maiores teores de proteínas que a formulação-controle (Tabela 9). Do mesmo modo, quando foram comparadas as mortadelas que compõem um mesmo grupo de substituição de toucinho (25 ou 50%), observou-se que as formulações F4 e F8 apresentaram maiores ($P < 0,05$) teores de proteínas que as demais formulações (Tabela 9). Em ambos os casos, pode-se explicar essa diferença pelo aumento da quantidade de carne adicionada às mortadelas, as formulações F4 e F8 foram elaboradas com 6,25 e 12,5%; respectivamente, de carne a mais que as formulações-controle e aquelas com substituição de toucinho por fibras funcionais e água.

O Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade para Mortadela, Instrução Normativa nº 4 (BRASIL, 2000), prevê que os teores de água e gordura devem ser, no máximo, de 65 e 30%, respectivamente, enquanto o teor de proteína não deve ser inferior a 12%. Assim, as formulações F8 e F9 não atenderam a essa legislação, em virtude do teor de água.

A legislação brasileira não determina limite de adição de água/gelo nas formulações de mortadelas, mas recomenda, conforme discutido, teor máximo de água permitido no produto final. Ainda, prevê a relação água/proteína (A/P) máxima de 3,5 para os produtos cárneos emulsionados (BRASIL, 1952).

Todas as mortadelas formuladas apresentaram relação A/P (Tabela 8) superiores ao preconizado pela legislação vigente. Isto se deve a dois fatos; primeiro, a maioria dos cortes bovinos possui relação A/P superiores ao preconizado por esta legislação; e segundo, a elaboração de produtos emulsionados estáveis depende da adição de água para a extração e solubilização das proteínas miofibrilares para agirem como emulsificantes (GOMIDE *et al.*, 1985). Segundo Torres *et al.* (2000), o patinho tem relação A/P igual a 3,7.

Como a carne contém valores elevados (65 a 80%) de água, a legislação vigente é um obstáculo à elaboração de produtos cárneos com substituição de gordura por carne ou por água. Assim, é necessária a adequação da legislação atual, de forma a permitir a oferta legal pela indústria desse tipo de produto.

As mortadelas elaboradas com substituição de 25 ou 50% de gordura por carne ou por fibras funcionais e água não apresentaram ($P > 0,05$) diferenças dos teores de resíduo mineral fixo e carboidratos (Tabela 9) quando comparadas à formulação-controle. Também não foram observadas ($P > 0,05$) diferenças dos teores desses compostos quando se comparou as formulações dentro de um mesmo grupo de substituição de gordura (Tabela 9). Isto se deve, possivelmente, ao fato de que as mortadelas foram elaboradas com iguais quantidades das principais fontes de substâncias inorgânicas (sal de cura, sal refinado, eritorbato de sódio, fosfato de sódio e condimento para mortadela) e carboidratos (fécula de mandioca) desse tipo de produto.

A formulação-controle apresentou maior ($P < 0,05$) valor energético (Tabela 9) que todas as mortadelas formuladas pela substituição de 25 ou 50% de toucinho, o que pode ser explicado pelo fato de que a gordura, substância altamente energética (9 kcal g^{-1}), foi substituída, principalmente, por proteínas (4 kcal g^{-1}) e água (0 kcal g^{-1}), nas formulações F4 e F8; e nas outras formulações por fibras solúveis e insolúveis (valor energético igual a 1 e $0,09 \text{ kcal g}^{-1}$, respectivamente) e água.

Não houve ($P > 0,05$) diferenças dos valores energéticos entre as mortadelas que compõem um mesmo grupo de substituição (25 ou 50%) de gordura (Tabela 9), o que pode ser explicado pelo fato de que em cada grupo de substituição de gordura o teor de lipídios, principal fonte de energia desses produtos foram semelhantes (Tabela 9).

A Portaria nº 27, da ANVISA (BRASIL, 1998), estabelece que para um produto seja denominado com “reduzido teor de gorduras totais”, ele deve ter redução mínima de 25% em gorduras totais e diferença maior que 3 g de gordura/100 g de sólido em relação a uma formulação definida como convencional. Essa Portaria também estabelece que para que um produto seja denominado “reduzido” em relação ao valor energético, ele deve apresentar redução mínima de 25% em kcal e diferença maior que 40 kcal/100 g de sólido em relação a uma formulação definida como convencional.

Pela Tabela 10 verifica-se que, basicamente, todas as mortadelas formuladas com redução de 50% de toucinho (F8 a F11) atendem a esta Portaria quanto aos aspectos de redução de gorduras totais e de valor energético. Assim, todas podem ser

classificadas como mortadelas com “reduzido teor de gorduras totais” e com “reduzido valor energético”.

Tabela 10 – Redução, em relação à mortadela-controle, dos teores de gorduras totais e valores energéticos das formulações pela substituição de 25 ou 50% de toucinho por carne ou por 4% misturas de fibras funcionais e água

Formulação	Redução de Gordura		Redução do Valor Energético*	
	%	g	%	kcal
Redução 25% de toucinho				
F4	23,8 ± 4,6	5,2 ± 1,1	16,0 ± 4,0	42,4 ± 11,5
F5	30,1 ± 6,8	6,5 ± 1,6	21,4 ± 5,9	56,8 ± 16,7
F6	29,3 ± 8,4	6,3 ± 1,9	22,0 ± 6,5	58,5 ± 18,3
F7	23,1 ± 5,1	5,0 ± 1,2	16,8 ± 3,1	44,5 ± 8,9
Redução 50% de toucinho				
F8	48,3 ± 3,2	10,4 ± 0,9	32,5 ± 2,5	85,9 ± 8,7
F9	48,2 ± 3,7	10,4 ± 1,0	36,0 ± 3,2	95,2 ± 10,7
F10	44,8 ± 3,6	9,7 ± 1,0	33,6 ± 3,0	88,9 ± 10,0
F11	42,6 ± 3,0	9,2 ± 0,8	31,4 ± 2,7	83,1 ± 8,8

* Valores energéticos calculados com base na composição centesimal nas repetições de cada formulação.

F4 = mortadela com substituição de 25% de toucinho por carne; F5 = mortadela com substituição de 25% de toucinho por 2,8% de fibra solúvel, 1,2% de fibra insolúvel e 2,25% de água; F6 = mortadela com substituição de 25% de toucinho por 2,0% de fibra solúvel, 2,0% de fibra insolúvel e 2,25% de água; F7 = mortadela com substituição de 25% de toucinho por 1,2% de fibra solúvel, 2,8% de fibra insolúvel e 2,25% de água; F8 = mortadela com substituição de 50% de toucinho por carne; F9 = mortadela com substituição de 50% de toucinho por 2,8% de fibra solúvel, 1,2% de fibra insolúvel e 8,5% de água; F10 = mortadela com substituição de 50% de toucinho por 2,0% de fibra solúvel, 2,0% de fibra insolúvel e 8,5% de água; e F11 = mortadela com substituição de 50% de toucinho por 1,2% de fibra solúvel, 2,8% de fibra insolúvel e 8,5% de água.

Para as mortadelas formuladas com 25% de redução de toucinho, todas as formulações (F4 a F7) atendem à Portaria nº 27, no que se refere à diferença mínima de 40 kcal; no entanto, nenhuma atende à redução proporcional de energia; e apenas as formulações F5 e F6 atendem ao quesito referente à redução de gordura. Assim, o critério da redução proporcional de energia não permite que mortadelas formuladas com 25% de redução de toucinho possam ser classificadas como “de reduzido valor energético”; isso, provavelmente, se deve à utilização na formulação de fécula de mandioca e de PTS, cujas quantidades se mantiveram constantes em todas as mortadelas formuladas pela substituição de gorduras por fibras funcionais (Tabela 1). No que se refere à redução de gordura, as médias das formulações F4 e F7 estão apenas ligeiramente aquém dos 25% de redução requerida. Isto talvez possa ser explicado pela provável diferença nos teores de gordura da carne, apesar da limpeza efetuada (remoção de gordura na carne e de tecido magro no toucinho), e também pela presença de pequenas porções de tecido magro nos toucinhos utilizados na elaboração de mortadelas. Isto pode ser

facilmente contornado, permitindo que mortadelas formuladas pela substituição de 25% de toucinho possam ser denominadas como de “teor reduzido de gordura”.

Também, segundo a Portaria nº 27, da ANVISA (BRASIL, 1998), para a utilização do termo “fonte de fibras”, o produto deve ter no mínimo 3 g de fibras/100 g para produtos sólidos. Assim, embora não se tenha realizado a análise para a determinação dos teores de fibras das formulações, pode-se dizer que todas as mortadelas formuladas pela substituição de 25 ou 50% de gordura suína por fibras funcionais e água (F5, F6, F7, F9, F10 e F11) podem ser denominadas “fontes de fibras”, já que Januzzi (2007), trabalhando com os mesmos tipos de fibras (BENEO[®]HP e WF600) usadas neste trabalho, observou que os teores de fibras determinados pelos métodos oficiais da AOAC foram semelhantes às quantidades incorporadas nas formulações de presuntos. Com base nisso, os teores de fibras das formulações de mortadelas podem ser considerados iguais aos 4% adicionados à massa (Tabela 1).

5.2.2. Análise de substâncias reativas com o ácido tiobarbitúrico (TBARS), pH e atividade de água (Aa)

Não foram observadas ($P > 0,05$) diferenças dos valores de TBARS (Tabela 11) entre a formulação-controle e as formulações com substituição de 25 ou 50% de toucinho por carne ou fibras funcionais e água.

A ausência de diferença ($P > 0,05$) dos valores de TBARS (Tabela 11) entre as formulações que constituem o mesmo grupo de substituição (25 ou 50%) de gordura indica que não há efeito do tipo de fibra sobre o processo oxidativo nas mortadelas.

Além disso, a mortadela é um produto curado e, portanto, possui ingredientes, como o nitrito e o eritorbato de sódio, capazes de inibir a oxidação de lipídios (HONIKEL, 2008) nos produtos com maiores teores de gordura e agentes pró-oxidantes. Maiores concentrações de ferro e mioglobina estão associados a maiores taxas de oxidação lipídica (FAUSTMAN *et al.*, 1992). Diante disso, poderia se esperar que as mortadelas formuladas pela substituição 25 (F4) ou 50% de toucinho por carne (F8), por possuírem maior quantidade de mioglobina, pudessem apresentar mais ferro livre após a cocção das mortadelas e, assim, apresentassem maiores valores de TBARS que a formulação-controle. Entretanto, produtos curados apresentam maior estabilidade do pigmento pela ligação de óxido nitroso à sexta posição do ferro heme (HONIKEL, 2008). Além disto, e em contrapartida, maiores concentrações de ácidos graxos poli-

Tabela 11 – Médias e desvios-padrão das substâncias reativas ao ácido 2-tiobarbitúrico (TBARS), atividade de água (Aa) e pH de mortadelas formuladas pela substituição de 25 ou 50% de toucinho por carne ou por 4% misturas de fibras funcionais e água e sua comparação com a mortadela-controle (FC)

Formulação	TBARS (mg malonaldeído/ kg)	Aa	pH
FC	0,077±0,004	0,950±0,003	6,50± 0,07
Redução de 25% de gordura			
F4	0,061±0,008 ^{ns} a	0,954±0,001 ^{ns} a	6,47 0,05 ^{ns} a
F5	0,085±0,017 ^{ns} a	0,954±0,003 ^{ns} a	6,51 0,02 ^{ns} a
F6	0,076±0,015 ^{ns} a	0,953±0,002 ^{ns} a	6,52 0,03 ^{ns} a
F7	0,062±0,016 ^{ns} a	0,953±0,002 ^{ns} a	6,47±0,01 ^{ns} a
P(F) ¹	0,2146	0,5496	0,5247
P(F) ²	0,1463	0,8688	0,161
Redução de 50% de gordura			
F8	0,061±0,009 ^{ns} a	0,955±0,003 ^{ns} a	6,41 0,08 ^{ns} a
F9	0,073±0,004 ^{ns} a	0,953±0,006 ^{ns} a	6,43 0,10 ^{ns} a
F10	0,070±0,010 ^{ns} a	0,955±0,003 ^{ns} a	6,46 0,10 ^{ns} a
F11	0,075±0,012 ^{ns} a	0,952±0,002 ^{ns} a	6,54 0,12 ^{ns} a
P(F) ¹	0,4958	0,4788	0,4958
P(F) ²	0,3474	0,7109	0,4609

FC = mortadela-controle; F4 = mortadela com substituição de 25% de toucinho por carne; F5 = mortadela com substituição de 25% de toucinho por 2,8% de fibra solúvel, 1,2% de fibra insolúvel e 2,25% de água; F6 = mortadela com substituição de 25% de toucinho por 2,0% de fibra solúvel, 2,0% de fibra insolúvel e 2,25% de água; F7 = mortadela com substituição de 25% de toucinho por 1,2% de fibra solúvel, 2,8% de fibra insolúvel e 2,25% de água; F8 = mortadela com substituição de 50% de toucinho por carne; F9 = mortadela com substituição de 50% de toucinho por 2,8% de fibra solúvel, 1,2% de fibra insolúvel e 8,5% de água; F10 = mortadela com substituição de 50% de toucinho por 2,0% de fibra solúvel, 2,0% de fibra insolúvel e 8,5% de água; e F11 = mortadela com substituição de 50% de toucinho por 1,2% de fibra solúvel, 2,8% de fibra insolúvel e 8,5% de água.

* Significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; e ^{ns} Não significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, na mesma coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

¹ P(F) correspondente à análise de variância, incluindo a formulação-controle (FC, F4, F5, F6 e F7); e ² P(F) correspondente à análise de variância sem a formulação-controle (F4, F5, F6 e F7 ou F8, F9, F10 e F11).

insaturados estão relacionados a maiores valores de TBARS (ARAÚJO, 2011). Assim, a mortadela-controle, formulação com maiores teores de toucinho, que apresenta 17% de ácidos graxos poli-insaturados (BRAGAGNOLO; RODRIGUEZ-AMAYA, 2000), deveria ter apresentado maior grau de oxidação que as formulações com substituição de 25 ou 50% de gordura por carne ou fibras funcionais e água; isto se deve ao fato de que nela deve haver maior quantidade de AGPI. O processo de oxidação de lipídios está associado à reação do oxigênio com lipídios insaturados, sendo catalizado por diversos fatores, como a presença de íons ferro e de metaloproteínas (por exemplo, mioglobina), a quantidade de ácidos graxos insaturados e, principalmente, o grau de insaturação dos lipídios (ARAÚJO, 2011).

Para promover a oxidação lipídica em emulsões o ferro e os radicais livres, provenientes da oxidação do mioglobina, devem estar em contato com os lipídios (McCLEMENTS; DECKER, 2000). Entretanto, a membrana proteica, que envolve as gotículas de gordura da emulsão cárnea, além de promover a estabilidade física da emulsão, também protege os lipídios da oxidação atuando como barreira à difusão e à penetração de espécies moleculares capazes de iniciar a oxidação no interior das gotículas (ARAÚJO, 2011).

Quanto aos valores de pH e Aa (Tabela 11), não foram evidenciadas ($P > 0,05$) diferenças entre a formulação-controle e as mortadelas formuladas pela substituição de 25 ou 50% de toucinho por carne ou fibras funcionais e água. Também não foram observadas ($P > 0,05$) diferenças desses parâmetros quando foram comparadas as formulações que compõem o mesmo grupo de substituição (25 ou 50%) de toucinho (Tabela 11).

A ausência de variação dos valores de pH em ambos os tipos de comparações analisadas, possivelmente, se deve ao fato de que as formulações de mortadelas não diferem quanto à presença de possíveis compostos de acidez, associado ao fato de que em todas elas foram usadas iguais quantidades de polifosfato de sódio, um composto alcalino, que tem a função de aumentar o pH da massa de modo a aumentar a capacidade de retenção de água das proteínas (SEBRANEK, 2009).

Steenblock *et al.* (2001) também não evidenciaram alterações de pH em mortadelas e salsichas formuladas pela redução de gordura, adicionadas ou não de fibras alimentares.

Existem pelo menos dois tipos de água em um alimento, água livre e água ligada; o primeiro refere-se à água que está fracamente ligada ao substrato e que funciona como solvente, permitindo o crescimento de microorganismos e reações químicas; já o segundo refere-se à água que está fortemente adsorvida ao substrato, não é utilizável como solvente e, portanto, não permite o desenvolvimento de micro-organismos e retarda as reações químicas (BOBBIO; BOBBIO, 2001). Dessa forma, apesar de se ter observado que os teores de água de todas as formulações, com exceção da F7, tenham sido maiores do que da formulação-controle a atividade de água não se apresentou maior (Tabela 11); isto ocorreu, possivelmente, porque a água acrescentada às formulações está ligada, principalmente, às proteínas e às fibras funcionais.

5.2.3. Estabilidade de emulsão

Não foram observadas ($P > 0,05$) diferenças dos teores de total de fluido, (TFEX) e de gordura exsudados (GEX) entre a formulação-controle e as mortadelas formuladas pela substituição de 25% de toucinho por fibras e água (Tabela 12). Entretanto, os teores de total de fluido e de gordura exsudados da formulação F7 difere daqueles da FC, a 10% de significância. Isto parece indicar que a estabilidade de emulsão aumenta ao se substituir gordura por maiores teores de fibra insolúvel. O aumento na quantidade de fibras insolúveis pode levar a uma menor coalescência da gordura não emulsionada por, possivelmente, criar uma espécie de malha na fase contínua da emulsão, conforme observado por Barreto (2007) em análise de microscopia eletrônica. Esta hipótese é favorecida pela observação de que, ao contrário das fibras solúveis, a hidratação das fibras insolúveis gera um sistema espesso e viscoso; também é favorecida pela observação de que, apesar de, dentro de cada nível de substituição de toucinho, não se observar ($P > 0,05$) diferença de estabilidade de emulsão (TFEX e GEX) entre as diferentes proporções de tipos de fibra (F5, F6 e F7), observa-se tendência ($P > 0,05$) de redução do total de fluido e gordura exsudados com o aumento do teor de fibra insolúvel adicionada às formulações ($F7 < F6 < F5$), o que parece indicar que as fibras insolúveis possuem maior capacidade de estabilizar a emulsão cárnea.

Nas mortadelas formuladas com 50% de substituição de gordura (F8 a F11), os teores de total de fluido e de gordura exsudados foram inferiores ($P < 0,05$) àqueles da formulação-controle; porém não diferiram ($P > 0,05$) entre si (Tabela 12).

Dentre os diversos fatores relacionados à estabilidade das emulsões cárneas, estão o teor de gordura e a disponibilidade proteica da formulação, que dependem das condições do meio, podem atuar de diferentes formas. Em geral, a estabilidade de emulsão tende a diminuir quando não há proteínas suficientes para extração e emulsificação dos glóbulos de gordura.

A maior estabilidade de emulsão (menor TFEX e GEX) em relação ao controle, quando se substitui uma maior quantidade de gordura (50%) na formulação de mortadelas, provavelmente, se deve ao aumento na proporção proteína disponível/gordura a ser emulsionada (P/G) (Tabela 8) e, conseqüentemente, se diminui a coalescência por se reduzir a quantidade de gordura livre na massa. Isto também tende a ocorrer quando se formulam mortadelas substituindo 25% de gordura por carne; entretanto

Tabela 12 – Médias e desvios-padrão dos teores total de fluído exsudado (TFEX), gordura exsudada (GEX) de mortadelas formuladas pela substituição de 25 ou 50% de toucinho por carne ou por 4% misturas de fibras funcionais e água e sua comparação com a mortadela-controle (FC)

Formulação	TFEX (%)	GEX (%)
FC	13,05±5,57	41,50±18,00
Redução de 25% de gordura		
F4	5,90±0,44 ^{ns} a	13,61±4,22 ^{ns} a
F5	10,24±4,88 ^{ns} a	27,13±11,21 ^{ns} a
F6	7,72±5,51 ^{ns} a	16,59±13,03 ^{ns} a
F7	5,88±3,80 ^{ns} a	13,79±12,24 ^{ns} a
P(F) ¹	0,294	0,0903
P(F) ²	0,5564	0,4203
Redução de 50% de gordura		
F8	1,59±0,13*a	1,63±0,35*a
F9	3,60±2,00*a	4,82±3,00*a
F10	2,74±1,28*a	3,43±1,86*a
F11	2,40±0,53*a	3,00±1,05*a
P(F) ¹	0,0023	< 0,0001
P(F) ²	0,3117	0,285

FC = mortadela-controle; F4 = mortadela com substituição de 25% de toucinho por carne; F5 = mortadela com substituição de 25% de toucinho por 2,8% de fibra solúvel, 1,2% de fibra insolúvel e 2,25% de água; F6 = mortadela com substituição de 25% de toucinho por 2,0% de fibra solúvel, 2,0% de fibra insolúvel e 2,25% de água; F7 = mortadela com substituição de 25% de toucinho por 1,2% de fibra solúvel, 2,8% de fibra insolúvel e 2,25% de água; F8 = mortadela com substituição de 50% de toucinho por carne; F9 = mortadela com substituição de 50% de toucinho por 2,8% de fibra solúvel, 1,2% de fibra insolúvel e 8,5% de água; F10 = mortadela com substituição de 50% de toucinho por 2,0% de fibra solúvel, 2,0% de fibra insolúvel e 8,5% de água; e F11 = mortadela com substituição de 50% de toucinho por 1,2% de fibra solúvel, 2,8% de fibra insolúvel e 8,5% de água.

* Significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; e ^{ns} Não significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, na mesma coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

¹ P(F) correspondente à análise de variância, incluindo a formulação-controle (FC, F4, F5, F6 e F7); e ² P(F) correspondente à análise de variância sem a formulação-controle (F4, F5, F6 e F7 ou F8, F9, F10 e F11)

não é significativo ($P > 0,05$). Vale notar também, que neste segundo cenário (25% de substituição de gordura por carne) o aumento na relação P/G (Tabela 8) não é tão acentuado quando se substitui uma quantidade maior (50%) de gordura por carne na formulação, o que pode ser observado na Tabela 9.

À semelhança do observado na grupo de mortadelas formuladas pela substituição de 25% de gordura, também ao se substituir 50% de gordura na formulação se observa uma tendência ($P > 0,05$) de maior estabilidade de emulsão (menor TFEX e GEX) com o aumento na quantidade de fibras insolúveis ($F11 > F10 > F9$), o que poderia ser explicado pelas mesmas hipóteses já discutidas.

Trabalhando com salsichas tipo Frankfurter, elaboradas com 5, 12 ou 30% de gordura adicionadas de água e de 1% de carragena ou de 2% de fibra de aveia (na

tentativa de manter constante o nível de proteína), Hughes *et al.* (1997) observaram que a estabilidade de emulsão diminuiu (maior TFEX) com a redução nos teores de gordura das formulações. No entanto, os autores não apresentaram nenhuma explicação para esse fato.

5.2.4. Medidas objetivas de cor

Comparadas à formulação-controle, as mortadelas formuladas pela substituição de 25 ou 50% de toucinho por carne (F4 e F8) não apresentaram ($P > 0,05$) diferenças em nenhuma das coordenadas de cor (Tabela 13). Isto provavelmente ocorreu porque as quantidades de toucinho removidas não foram suficientes para concentrar os pigmentos de mioglobina de forma a tornar as formulações mais escuras que a formulação-controle. Neste sentido, considerando-se que cada grama de patinho contém 5 mg de Mb (MACKENNA *et al.*, 2005), ao se fazer a substituição de 25 e 50% de gordura por carne, em relação à formulação-controle, se promove o aumento de, respectivamente, 31 e 63 mg de Mb na massa da formulação. Embora isto signifique um aumento absoluto de 12,3 e 25% nos teores de Mb (252 mg de Mb na FC; 283 mg de Mb na F4 e 315 mg de Mb na F8), isto representa apenas 0,031 e 0,063% de aumento no teor de pigmentos na massa de mortadela, o que não são suficientes, ao contrário do que se poderia supor, na quantidade de Mb na massa para torná-la mais escura e vermelha e menos amarela.

Embora tenha observado aumento significativo nos valores de **b*** com aumento nos teores de gordura de mortadelas, Vidigal (2010) também não observou diferenças significativas nos valores **L*** e de **a*** ao substituir gordura por carne na formulação.

Cofrades *et al.* (2000) observaram aumento nos valores de **L*** e de **b***, sem alteração nos valores de **a***, ao formular mortadelas tipo bologna com maiores teores de gordura.

Hughes *et al.* (1998) e Serdaroglu (2006) verificaram que, embora sem alterar os valores de **b***, o aumento no teor de gordura de almôndegas gerou aumento nos valores de **L***, diminuição nos valores de **a***.

Andrès *et al.* (2006) observaram que embora houvesse efeito do teor de gordura, havia efeito de interações variadas entre o teor de gordura, de gomas e de concentrado proteico de soro de leite sobre as coordenadas de cor em embutido de frango.

Tabela 13 – Médias e desvios-padrão dos valores das coordenadas de cor **L***, **a*** e **b*** de mortadelas formuladas pela substituição de 25 ou 50% de toucinho por carne ou por 4% misturas de fibras funcionais e água e sua comparação com a mortadela-controle (FC)

Formulação	L*	a*	b*
FC	54,91 ± 1,60	8,05 ± 0,52	9,55 ± 0,50
Redução de 25% de gordura			
F4	54,53 ± 0,90 ^{ns} a	8,17 ± 0,22 ^{ns} a	9,15 ± 0,48 ^{ns} a
F5	54,94 ± 1,00 ^{ns} a	7,69 ± 0,35 ^{ns} a	9,62 ± 0,26 ^{ns} a
F6	55,20 ± 1,39 ^{ns} a	7,69 ± 0,55 ^{ns} a	9,59 ± 0,32 ^{ns} a
F7	55,83 ± 1,31 ^{ns} a	7,87 ± 0,66 ^{ns} a	9,64 ± 0,41 ^{ns} a
P(F) ¹	0,7815	0,6721	0,5688
P(F) ²	0,6037	0,5942	0,3833
Redução de 50% de gordura			
F8	51,93 ± 0,62 ^{ns} a	8,77 ± 0,62 ^{ns} a	9,24 ± 0,73 ^{ns} a
F9	53,99 ± 0,95 ^{ns} a	8,12 ± 0,19 ^{ns} a	9,25 ± 0,29 ^{ns} a
F10	53,87 ± 1,70 ^{ns} a	7,98 ± 0,80 ^{ns} a	9,23 ± 0,39 ^{ns} a
F11	54,05 ± 2,83 ^{ns} a	7,83 ± 0,17 ^{ns} a	9,36 ± 0,61 ^{ns} a
P(F) ¹	0,3733	0,2808	0,9314
P(F) ²	0,4446	0,2059	0,9887

FC = mortadela-controle; F4 = mortadela com substituição de 25% de toucinho por carne; F5 = mortadela com substituição de 25% de toucinho por 2,8% de fibra solúvel, 1,2% de fibra insolúvel e 2,25% de água; F6 = mortadela com substituição de 25% de toucinho por 2,0% de fibra solúvel, 2,0% de fibra insolúvel e 2,25% de água; F7 = mortadela com substituição de 25% de toucinho por 1,2% de fibra solúvel, 2,8% de fibra insolúvel e 2,25% de água; F8 = mortadela com substituição de 50% de toucinho por carne; F9 = mortadela com substituição de 50% de toucinho por 2,8% de fibra solúvel, 1,2% de fibra insolúvel e 8,5% de água; F10 = mortadela com substituição de 50% de toucinho por 2,0% de fibra solúvel, 2,0% de fibra insolúvel e 8,5% de água; e F11 = mortadela com substituição de 50% de toucinho por 1,2% de fibra solúvel, 2,8% de fibra insolúvel e 8,5% de água.

*Significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; e ^{ns} Não significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, na mesma coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

¹ P(F) correspondente à análise de variância, incluindo a formulação-controle (FC, F4, F5, F6 e F7); e ² P(F) correspondente à análise de variância sem a formulação-controle (F4, F5, F6 e F7 ou F8, F9, F10 e F11).

Comparando as formulações com base na substituição de gordura por misturas de fibras e água com a formulação-controle também não se observou ($P > 0,05$) alterações em nenhuma das coordenadas de cor (Tabela 13). Isto se deve à semelhança nos valores de **L***, **a*** e **b*** entre a gordura e as misturas hidratadas de fibras solúveis e insolúveis (Tabela 14).

Pela Tabela 13 percebe-se ainda que, dentro de cada nível (25 ou 50%) de substituição de gordura, não foram observadas ($P > 0,05$) diferenças dos valores de **L***, **a*** e **b*** entre as formulações em que toucinho foi substituído por fibras funcionais e água, e entre qualquer destas e as formulações em que toucinho foi substituído por carne.

Tabela 14 – Coordenadas de cor do toucinho e das diferentes misturas de fibras solúveis (FS) e insolúveis (FI) utilizadas após sua hidratação**

	L*	a*	b*
Gordura suína	75,13	0,69	7,30
2,8% FS + 1,2% FI	67,28	0,37	9,73
2,0% FS + 2,0% FI	69,84	0,34	10,11
1,2% FS + 2,8% FI	72,59	0,36	9,90

** Hidratação (4% de fibra + 8,5% de água) para simular maior nível (50%) de substituição de gordura.

Obs.: a hidratação para simular menor nível (25%) de substituição de gordura não permitiu adequada homogeneização para leitura das coordenadas de cor.

A ausência de diferença ($P > 0,05$) nas coordenadas de cor entre mortadelas em que gordura foi substituída por diferentes misturas de fibras (Tabela 12) se deve ao fato de que as misturas empregadas de fibras solúveis e insolúveis apresentaram coordenadas de cor bastante similares (Tabela 14).

A ausência de diferença nas coordenadas de cor entre mortadelas em que gordura foi substituída por diferentes misturas de fibras (F5, F6 e F7 ou F9, F10 e F11) e aquelas formuladas pela substituição de gordura por carne (F4 ou F8) se deve ao fato de que, conforme já discutido, a concentração de pigmentos é desprezível nas mortadelas F4 e F8.

Ao estudar, em mortadelas, o efeito da substituição de 100% de gordura suína por misturas de água e fibras de trigo (0 a 5%), inulina (0 a 10%) e aveia (0 a 5%), Barretto (2007) observou que apenas a inulina contribuiu para o aumento dos valores de **L***; que todas contribuíram para aumento nos valores de **b*** e que os valores de **a*** sofreram efeito de interações entre a fibra de aveia e a inulina. Entretanto, o autor trabalhou com 100% de substituição de gordura por fibras e água.

Grigelmo-Miguel *et al.* (1999a), estudando o efeito da substituição 20 a 80% de gordura por duas diferentes suspensões de fibra de pêssego (17 e 29%), observaram que salsichas tipo Frankfurter tornaram-se mais escuras, vermelhas e amarelas à medida em que aumentavam-se os níveis de substituição de gordura por fibras de pêssego nas formulações. Entretanto, as fibras de pêssego, diferentemente da inulina e da fibra de trigo, possuem pigmentos de tonalidade de cor na região entre o vermelho e o laranja (GRIGELMO-MIGUEL *et al.*, 1999b).

5.2.5. Análise de perfil de textura (TPA)

A formulação-controle (FC) apresentou menor ($P < 0,05$) dureza e elasticidade que aquelas em que toucinho foi substituído por carne (F4 e F8) ou por fibras funcionais e água (F6, F7, F9, F10 e F11) (Tabela 15), provavelmente se deve a dois fatores: aumento na disponibilidade de proteínas miofibrilares para geleificação (BREWER *et al.*, 2005; MOURTZINOS; KIOSSELOU, 2005; SUN; HOLLEY, 2011), indicado pela maior relação proteína/gordura (P/G) (Tabela 9), e capacidade de hidratação (adsorção de água) das fibras insolúveis (FI), gerando uma rede tridimensional insolúvel (COFRADES *et al.*, 2000).

Tabela 15 – Médias e desvios-padrão dos valores do perfil de textura instrumental (dureza, elasticidade, coesividade e mastigabilidade) de mortadelas formuladas pela substituição de 25 ou 50% de toucinho por carne ou por 4% misturas de fibras funcionais e água

Formulação	Dureza (gf)	Coesividade	Elasticidade (mm)	Mastigabilidade (gf.mm)
FC	1991,57±142,42	0,28±0,09	5,62±0,43	3128,78±1409,92
Redução de 25% de gordura				
F4	2859,08±508,94 ^a	0,33±0,03 ^{ns} _a	6,50±0,14 ^a	5994,72±1258,96 ^{ns} _a
F5	2588,23±245,91 ^{ns} _a	0,33±0,05 ^{ns} _a	6,24±0,40 ^{ns} _a	5464,59±1586,30 ^{ns} _a
F6	2843,20±124,06 ^a	0,36±0,02 ^{ns} _a	6,71±0,08 ^a	6866,81±703,75 ^a
F7	3067,48±145,63 ^a	0,32±0,02 ^{ns} _a	6,60±0,18 ^a	6487,57±930,04 ^a
P(F) ¹	0,0068	0,3999	0,0055	0,0267
P(F) ²	0,3408	0,5156	0,1582	0,5216
Redução de 50% de gordura				
F8	6235,25±253,26 ^a	0,50±0,10 ^a	6,91±0,02 ^a	21202,31±4881,58 ^a
F9	2897,23±51,65 ^b	0,39±0,04 ^{ns} _a	6,84±0,11 ^a	7766,59±629,22 ^{ns} _b
F10	3130,37±338,25 ^b	0,41±0,05 ^{ns} _a	6,80±0,03 ^a	8818,98±1898 ^{ns} _b
F11	3525,37±433,73 ^b	0,42±0,03 ^{ns} _a	6,82±0,11 ^a	10099,13±1859,28 ^b
P(F) ¹	<0,0001	0,0263	<0,0001	<0,0001
P(F) ²	<0,0001	0,2103	0,3425	0,0012

FC = mortadela-controle; F4 = mortadela com substituição de 25% de toucinho por carne; F5 = mortadela com substituição de 25% de toucinho por 2,8% de fibra solúvel, 1,2% de fibra insolúvel e 2,25% de água; F6 = mortadela com substituição de 25% de toucinho por 2,0% de fibra solúvel, 2,0% de fibra insolúvel e 2,25% de água; F7 = mortadela com substituição de 25% de toucinho por 1,2% de fibra solúvel, 2,8% de fibra insolúvel e 2,25% de água; F8 = mortadela com substituição de 50% de toucinho por carne; F9 = mortadela com substituição de 50% de toucinho por 2,8% de fibra solúvel, 1,2% de fibra insolúvel e 8,5% de água; F10 = mortadela com substituição de 50% de toucinho por 2,0% de fibra solúvel, 2,0% de fibra insolúvel e 8,5% de água; e F11 = mortadela com substituição de 50% de toucinho por 1,2% de fibra solúvel, 2,8% de fibra insolúvel e 8,5% de água.

* Significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; e ^{ns} Não significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula, na mesma coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

¹ P(F) correspondente à análise de variância, incluindo a formulação-controle (FC, F4, F5, F6 e F7); e ² P(F) correspondente à análise de variância sem a formulação-controle (F4, F5, F6 e F7 ou F8, F9, F10 e F11).

Esta hipótese é reforçada ao se analisar as relações entre a dureza (Figura 6), a elasticidade (Figura 7) e a relação proteína/gordura (P/G) das formulações e pela observação de que os maiores valores de dureza e de elasticidade são observados na formulação F8, onde se substituiu 50% de toucinho por carne (proteína).

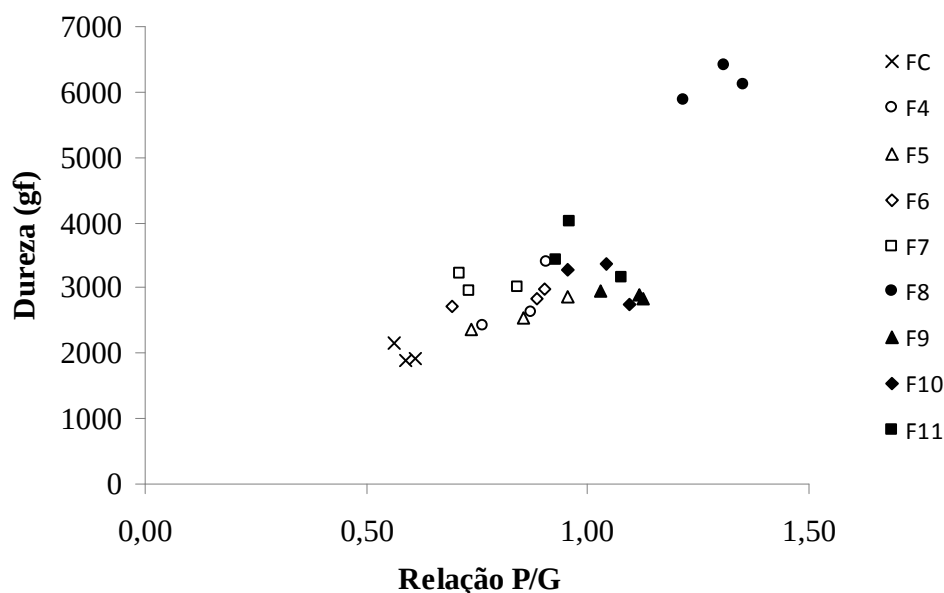


Figura 6 – Relação entre dureza e a relação proteína/gordura (P/G) das formulações das mortadelas-controle (×) e obtidas pela substituição de 25% (símbolos abertos) ou 50% (símbolos cheios) de gordura por carne (○;●) ou por fibras funcionais e água (Δ;▲ = 2,8% FS + 1,2% FI; ◇;◆ = 2% FS + 2% FI; □;■ = 1,2% FS + 2,8% FI;). n = 27; r = 0,7766; P < 0,0001.

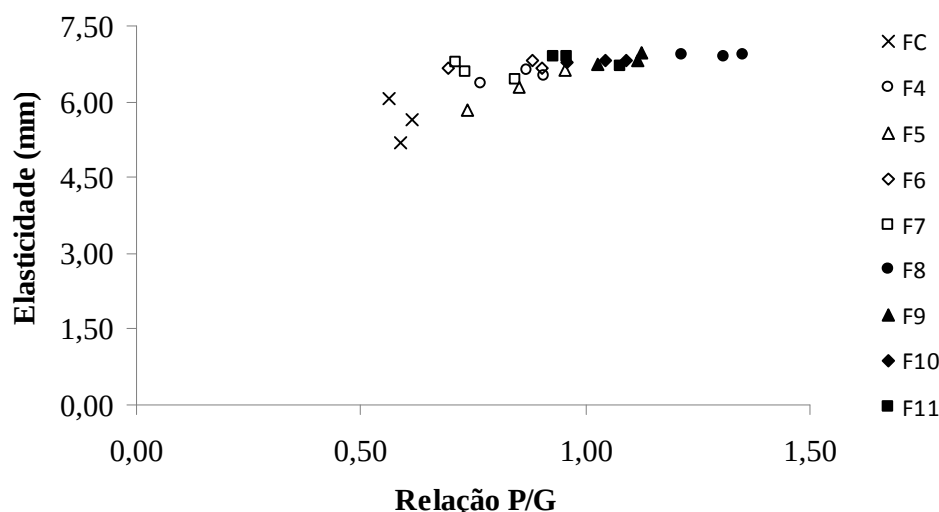


Figura 7 – Relação entre elasticidade e a relação proteína/gordura (P/G) das formulações das mortadelas-controle (×) e obtidas pela substituição de 25% (símbolos abertos) ou 50% (símbolos cheios) de gordura por carne (○;●) ou por fibras funcionais e água (Δ;▲ = 2,8% FS + 1,2% FI; ◇;◆ = 2% FS + 2% FI; □;■ = 1,2% FS + 2,8% FI;). n = 27; r = 0,8016; P < 0,0001.

Em F4 e F8, o aumento de dureza e elasticidade se deve ao aumento na quantidade de proteína disponível para a formação de matriz géllica gerada durante a fase de cozimento (ZIEGLER; ACTON, 1984; SHARP; OFFER, 1992; SUN; HOLLEY, 2011) da massa de mortadela, levando à formação de matriz proteica mais forte e densa, e originando produtos mais firmes e mastigáveis (CLAUS; HUNT; KASTNER, 1989; CAVESTANY *et al.*, 1994; CARBALLO *et al.*, 1996; BREWER *et al.*, 2005; SUN; HOLLEY, 2011); isto se deve tanto à uma maior adição de proteína/carne (BREWER *et al.*, 2005; CHEN *et al.*, 2007), como também pela economia de proteínas miofibrilares, em função de uma menor quantidade de glóbulos de gordura a serem emulsificados (MOURTZINOS; KIOSSELOU, 2005; SUN; HOLLEY, 2011). Esta hipótese é reforçada ao se analisar a Correlação de Pearson entre a dureza (Figura 6), a elasticidade (Figura 7) e a relação proteína/gordura (P/G) das formulações e pela observação de que os maiores valores de dureza e de elasticidade são observados na formulação F8, em que se substituiu 50% de toucinho por carne (proteína).

Em F5, F6, F7, F9, F10 e F11, o aumento de dureza e elasticidade se deve à adsorção de água pelas FI e consequente formação de uma rede tridimensional insolúvel e cristalina capaz de modificar as propriedades reológicas da fase contínua de uma emulsão (COFRADES *et al.*, 2000, *apud* BACKERS; NOLLI, 1997; MORRIS, 2001).

A semelhança ($P > 0,05$) de dureza e elasticidade entre a formulação-controle (FC) e a F5 (substituição de gordura por 2,8% de FS e 1,2% de FI hidratadas) (Tabela 15), provavelmente se deve ao fato de que nessa formulação há menor proporção de fibras insolúveis (FI). Como a fibra solúvel (FS) de inulina, sendo um polímero pequeno, grau de polimerização menor ou igual a 60 (ROBERFROID; CHAMP; GIBSON, 2002), é altamente solúvel e incapaz de formar gel em baixas concentrações, dispersando-se na fase contínua da emulsão (HAULY; MOSCATTO, 2002). Segundo NINESS (1999), a fibra solúvel (FS) de inulina possui uma textura finamente cremosa, promovendo, na boca, uma sensação semelhante à da gordura. Assim, a menor concentração de FI na formulação F5 faz com que a formação de uma estrutura de rede na fase contínua da emulsão seja menos intensa. Neste sentido, apesar de gerar ($P > 0,05$) uma massa mais dura e elástica que a FC, a fase contínua da formulação F5 não chega a atingir valores destas características reológicas capazes de gerar uma diferença significativa em relação à FC. Por esta hipótese, poderia se esperar que também não houvesse diferença de dureza e elasticidade entre FC e F9; entretanto, embora em F9 a

quantidade de inulina usada tenha sido a mesma daquela em F5, em F9 a quantidade de gordura substituída é maior, o que gerou uma maior relação P/G (Tabela 8), que, conforme discutido, pode ter promovido maior geleificação das proteínas miofibrilares, e aumento de dureza e elasticidade na fase contínua da emulsão.

Dentro de cada nível de substituição de toucinho, observa-se um comportamento diferenciado (Tabela 14).

A substituição de 25% de toucinho por carne (F4) gera mortadelas com dureza e elasticidade similares ($P > 0,05$) àquelas em que o toucinho foi substituído pelas diferentes misturas (F5, F6 e F7) de fibras e água (Tabela 15). Isto sugere que, neste nível de redução de gordura, a geleificação proteica produz, na fase contínua, uma matriz de rede com características reológicas similares àquelas geradas pela adsorção, e consequente intumescimento de água pelas fibras alimentares, em especial pelas fibras insolúveis de trigo (COFRADES *et al.*, 2000).

Já a substituição de 50% de toucinho por carne (F8) gera um gel bem mais rígido que aqueles gerados pela substituição de gordura por fibras funcionais e água (F9, F10 e F11). Isto, provavelmente, se deve ao fato de que em F9, F10 e F11 a relação P/G é menor (Tabela 8), além do que a inclusão de fibras, especialmente as insolúveis, pode promover certo impedimento (*entanglement*) na geleificação das proteínas miofibrilares, gerando uma estrutura de rede menos homogênea na fase contínua da emulsão (XIONG; BLANCHARD, 1993; SÁNCHEZ-ALONSO *et al.*, 2007).

O mesmo tipo de comportamento e explicações era esperado para a coesividade e mastigabilidade; especialmente tendo em vista as altas correlações destas características como a dureza, que foram até maiores que aquela entre dureza e elasticidade (Tabela 16) e as correlações de Pearson da coesividade (Figura 8) e da mastigabilidade (Figura 9) com a relação P/G.

Tabela 16 – Correlações de Pearson entre parâmetros de textura instrumental (TPA) das mortadelas experimentais

	Dureza	Coesividade	Elasticidade
Coesividade	0,76495 <0,0001		
Elasticidade	0,57128 < 0,0019	0,71051 <0,0001	
Mastigabilidade	0,96499 <0,0001	0,88167 <0,0001	0,58920 <0,0012

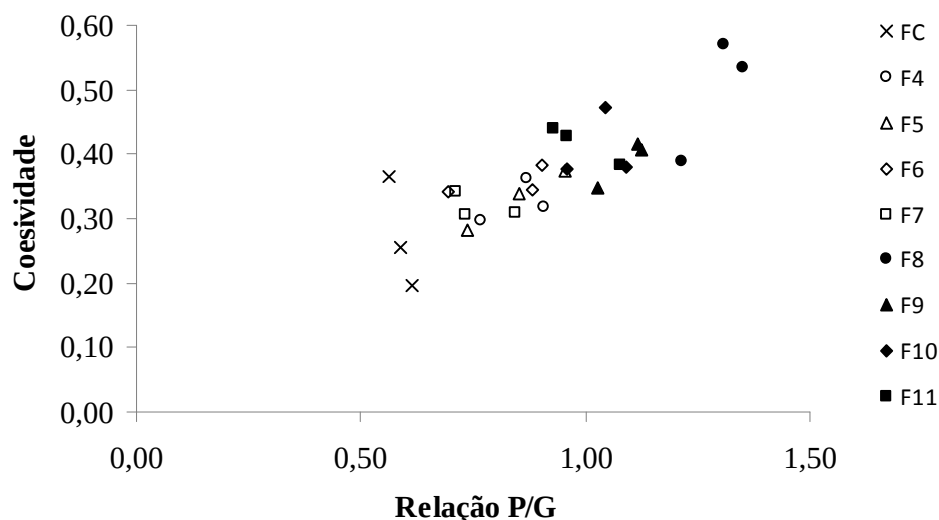


Figura 8 – Relação entre coesividade e a relação proteína/gordura (P/G) das formulações das mortadelas-controle (×) e obtidas pela substituição de 25% (símbolos abertos) ou 50% (símbolos cheios) de gordura por carne (○;●) ou por fibras funcionais e água (Δ;▲ = 2,8% FS + 1,2% FI; ◇;◆ = 2% FS + 2% FI; □;■ = 1,2% FS + 2,8% FI;). n = 27; r = 0,8016; P < 0,0001.

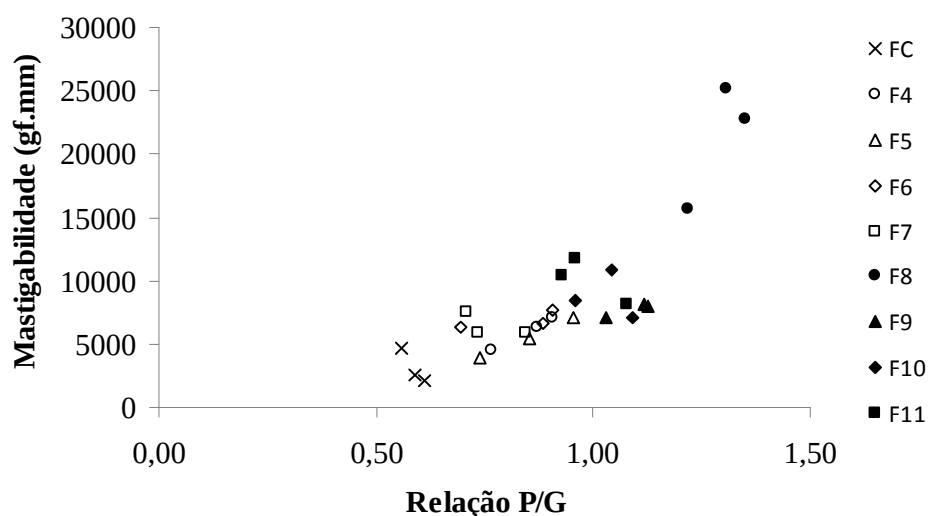


Figura 9 – Relação entre mastigabilidade e a relação proteína/gordura (P/G) das formulações das mortadelas-controle (×) e obtidas pela substituição de 25% (símbolos abertos) ou 50% (símbolos cheios) de gordura por carne (○;●) ou por fibras funcionais e água (Δ;▲ = 2,8% FS + 1,2% FI; ◇;◆ = 2% FS + 2% FI; □;■ = 1,2% FS + 2,8% FI;). n = 27; r = 0,8078; P < 0,0001.

Apenas a formulação F8 apresentou coesividade maior ($P < 0,05$) que a mortadela-controle (Tabela 16); isto pode ser explicado pela já mencionada maior geleificação (formação de interações intermoleculares) oriunda de uma maior quantidade de proteínas miofibrilares na formulação F8, já que a coesividade indica, em

função das ligações internas, a extensão que o alimento é deformado antes de sua ruptura (RAMOS; GOMIDE, 2007). Entretanto, embora nominalmente maior, a coesividade da formulação F8 não difere ($P > 0,05$) daquelas das formulações F9, F10 e F11.

A ausência de diferença ($P > 0,05$) de coesividade entre a formulação F4 e a FC (Tabela 14) talvez se deva ao fato de que o aumento no teor de proteína em F4 não tenha sido suficientemente elevado para induzir uma geleificação suficientemente mais intensa que aquela da FC.

Já em todas as mortadelas formuladas pela substituição de 25 ou 50% de gordura por fibras funcionais e água, a ausência de diferença ($P > 0,05$) de coesividade em relação à FC (Tabela 15) talvez se deva a dois fatores. Primeiro, ao impedimento provocado pelas fibras, em especial as FIs, na geleificação (formação de ligações internas) das proteínas miofibrilares, especialmente quando se promove a redução de 50% de gordura; e, segundo, ao fato das fibras insolúveis, apesar de gerarem uma estrutura de rede cristalina, não contribuírem para aumento da força das ligações internas, especialmente nas proteínas, na fase contínua da emulsão.

Apesar de apresentarem valores nominais bastante superiores, as formulações F4, F5, F9 e F10 não apresentaram ($P > 0,05$) diferenças dos valores de mastigabilidade quando comparadas à formulação-controle (Tabela 15).

À semelhança do observado para dureza, coesividade e elasticidade, verifica-se (Tabela 15) que os valores de mastigabilidade das mortadelas formuladas pela substituição de 25% de gordura suína por carne (F4) ou fibras funcionais e água (F5, F6 e F7) não diferiram entre si ($P > 0,05$). Isto indica que a substituição de 25% de gordura por carne confere às mortadelas textura semelhante à substituição desse percentual de gordura por quaisquer combinações avaliadas de fibras funcionais e água.

Na Tabela 15, verifica-se, ainda, que para as mortadelas formuladas com 50% de redução de toucinho, a sua substituição por carne/proteína (formulação F8) gerou produtos de maior mastigabilidade que aqueles elaborados pela substituição de gordura por fibras (formulações F9, F10 e F11). Isto se deve ao já mencionado efeito que a grande elevação no teor de proteína promovida ao se substituir gordura por muita carne tem sobre a geleificação. Além disto, a mastigabilidade é uma grandeza obtida das demais já discutidas, das quais a dureza é a grandeza de maior valor nominal; assim, o comportamento da mastigabilidade segue essencialmente o comportamento observado na dureza (Tabela 16).

Estudos demonstram que atributos de textura estão relacionados com a composição química dos produtos cárneos, variando com o seu teor de água (CLAUS; HUNT; KASTNER, 1989; COFRADES *et al.*, 2000), proteína (JIMENEZ-COLMENERO *et al.*, 1995; COFRADES *et al.*, 2000; FREITAS *et al.*, 2004), gordura (JIMENEZ-COLMENERO *et al.*, 1995) e o tipo e a quantidade de fibras alimentares (GRIGELMO-MIGUEL; GORINSTEIN; METÍN-BELLOSO, 1999; GARCÍA *et al.*, 2002; COFRADES *et al.*, 2008). Entretanto, resultados conflitantes em relação a como a composição química afeta a textura dos produtos cárneos foram relatados na literatura (CLAUS *et al.*, 1990; CAVESTANY *et al.*, 1994; JIMENEZ-COLMENERO *et al.*, 1995; COFRADES *et al.*, 2000; GARCÍA *et al.*, 2002; COFRADES *et al.*, 2008; LIU *et al.*, 2008a; YOUSSEF; BARBUT, 2009; 2011).

Liu *et al.* (2008a), ao pesquisar o efeito da substituição de diferentes níveis de gordura por carne sobre as características de textura e sensoriais de salsichas, observaram que os valores de dureza, elasticidade e mastigabilidade foram maiores em produtos com menores teores de gordura e que os valores de coesividade se mantiveram constantes, independentemente do nível de substituição de gordura na formulação.

Youssef e Barbut (2009) verificaram que ao se reduzir o teor de gordura e água e, ao mesmo tempo, aumentar o teor de proteínas, a emulsão cárnea tornou-se mais dura, coesa, elástica e mastigável; além disso, micrografias revelaram que o incremento do nível de proteína levou a maior agregação proteica, à formação de uma matriz menos homogênea e à coalescência dos glóbulos de gordura.

Entretanto, Cofrades *et al.* (2000), ao estudarem o efeito dos teores de gordura, de fibras de soja (85% de fibras insolúvel) e de plasma proteico, observaram que mortadelas com alto teor de gordura apresentaram maior dureza e mastigabilidade que as formulações com baixo teor de gordura. Para esses autores, o efeito dos diferentes teores de gordura sobre a textura é atribuído às características da matriz formada. A redução de gordura foi acompanhada por um aumento do nível de água no produto e, portanto, por uma diminuição da força iônica do meio (CLAUS *et al.*, 1990) que afeta a funcionalidade das proteínas cárneas (SUN; HOLLEY, 2011). Além disso, esses autores evidenciaram que a coesividade não foi influenciada pelo nível de gordura das formulações. A adição de fibras de soja promoveu o aumento da dureza e mastigabilidade e, diminuição da coesividade.

García, Cáceres e Selgas (2006), ao investigarem o efeito da substituição de gordura por diferentes concentrações (2,5, 5,0 e 7,5%) de inulina em pó sobre as

características de textura e sensoriais de um produto cárneo emulsionado, observaram que essa fibra aumentou os valores de dureza.

Barretto (2007), ao estudar as implicações da substituição de gordura por fibras de trigo, aveia e inulina, verificou que essas fibras contribuíram para o aumento da firmeza e da mastigabilidade, e para a diminuição da coesividade e elasticidade em mortadelas.

5.2.6. Aceitação sensorial de sabor

As notas de aceitação em relação ao sabor ficaram compreendidas entre 7 (“gostei moderadamente”) e 8 (“gostei muito”), indicando a boa aceitação dos produtos (Tabela 17).

Tabela 17 – Médias e desvios-padrão das notas de aceitação do sabor de mortadelas formuladas pela substituição de 25 ou 50% de toucinho por carne ou por 4% misturas de fibras funcionais e água

Formulação	Sabor
FC	7,10±1,30
Redução de 25% de gordura	
F4	7,64±0,98 ^{ns} ab
F5	7,86±0,86 [*] a
F6	7,20±1,37 ^{ns} b
F7	7,48±1,22 ^{ns} ab
P(F) ¹	0,0070
P(F) ²	0,0298
Redução de 50% de gordura	
F8	7,72±0,83 [*] a
F9	7,68±0,82 [*] a
F10	7,00±1,41 ^{ns} b
F11	7,58±1,07 ^{ns} a
P(F) ¹	0,0009
P(F) ²	0,0024

FC = mortadela-controle; F4 = mortadela com substituição de 25% de toucinho por carne; F5 = mortadela com substituição de 25% de toucinho por 2,8% de fibra solúvel, 1,2% de fibra insolúvel e 2,25% de água; F6 = mortadela com substituição de 25% de toucinho por 2,0% de fibra solúvel, 2,0% de fibra insolúvel e 2,25% de água; F7 = mortadela com substituição de 25% de toucinho por 1,2% de fibra solúvel, 2,8% de fibra insolúvel e 2,25% de água; F8 = mortadela com substituição de 50% de toucinho por carne; F9 = mortadela com substituição de 50% de toucinho por 2,8% de fibra solúvel, 1,2% de fibra insolúvel e 8,5% de água; F10 = mortadela com substituição de 50% de toucinho por 2,0% de fibra solúvel, 2,0% de fibra insolúvel e 8,5% de água; e F11 = mortadela com substituição de 50% de toucinho por 1,2% de fibra solúvel, 2,8% de fibra insolúvel e 8,5% de água.

* Significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; e ^{ns} Não significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, na mesma coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

¹ P(F) das formulações FC, F4, F5, F6 e F7 ou FC, F8, F9, F10 e F11. ² P value das formulações F4, F5, F6 e F7 ou F8, F9, F10 e F11.

À exceção das formulações F5, F8 e F9, todas as mortadelas formuladas pela substituição de 25 ou 50% de toucinho por carne ou fibras funcionais e água não apresentaram ($P > 0,05$) diferença dos escores de sabor em relação à formulação-controle (Tabela 16).

Segundo Ventanas *et al.* (2010), produtos cárneos são matrizes complexas com uma grande variedade de componentes que podem interagir com os compostos de sabor afetando a sua liberação e percepção.

A gordura contribui para o sabor dos alimentos com os seus próprios componentes, carrega substâncias voláteis lipossolúveis que contribuem para o sabor dos alimentos (JONES, 1996) e interfere na percepção do sabor salgado (HUGHES *et al.*, 1998; 1997; RUUNSEN *et al.*, 2001). Assim, a noção geral é de que a gordura é importante para o sabor de carnes e derivados, e que sua redução prejudica a aceitação dos produtos cárneos (JIMENEZ-COLMENERO, 2000; LIU *et al.*, 2008a).

Entretanto, a literatura é conflitante nas relações (positiva, negativa ou ausente) entre redução de gordura e seus efeitos sobre a percepção do sabor salgado (HUGHES *et al.*, 1997; 1998; CREHAN *et al.*, 2000; LIU *et al.*, 2008a).

É interessante notar que, ao se substituir gordura por carne, o escore de sabor das mortadelas só difere ($P < 0,05$) daquele da formulação-controle quando se substitui 50% (F8), mas não 25% (F4) de toucinho por carne. Como a forte condimentação é uma das características de sabor de mortadelas e os compostos de sabor dos condimentos são, na sua maioria, hidrofóbicos (TARTÉ, 2009), a melhoria desse atributo sensorial nas mortadelas formuladas com maior (50%) substituição de toucinho por carne na formulação, provavelmente, se deve a uma maior percepção da condimentação, embora os provadores não tenham especificado como o sabor alterou.

Segundo Ventanas *et al.* (2010), a literatura relata que, dependendo das características físico-químicas dos compostos de sabor (volatilidade e hidrofobicidade), o aumento no teor de gordura nas formulações induz reduções na intensidade de sabor e liberação de aroma oriunda de compostos de sabor e aroma lipofílicos.

Outro ponto interessante sobre a liberação de compostos hidrofóbicos de sabor é apresentado por Rabe *et al.* (2003), representado pelo “efeito iceberg”, segundo o qual, em produtos com altos teores de água livre, as moléculas de água se orientam em volta dos compostos hidrofóbicos formando uma estrutura tipo cristal de maior hidrofobicidade, o que leva ao “aprisionamento” dos compostos aromáticos de sabor e, assim, diminuindo a intensidade do sabor percebido. Entretanto, este “efeito iceberg” é perdido

quando se aumenta a quantidade de íons (sais ou açúcares) em solução, já que eles têm a preferência pela ligação com a água; isto faz com que a estrutura de cristal seja perdida, liberando os compostos aromáticos hidrofóbicos em solução, com consequente aumento na percepção do sabor. Assim, como a quantidade de íons (especialmente sal) foi mantida inalterada, a diminuição no teor de gordura aumenta a percepção do sabor da condimentação, por gerar aumento na concentração iônica (sal e açúcares) na fase contínua da massa de emulsão das mortadelas, com quebra do “efeito iceberg”. Isto vem ao encontro de relatos estabelecendo que produtos formulados com menor teor de gordura apresentam sabor mais condimentado e mais defumado (HUGHES *et al.*, 1997; 1998; MENDOZA *et al.*, 2001).

A alteração no sabor de produtos cárneos pela substituição de gordura por carne também poderia ser explicado pelo efeito que a redução na gordura tem sobre a percepção do sabor salgado.

Vários autores (HUGHES *et al.*, 1997; 1998; MENDOZA *et al.*, 2001) relatam que a redução do teor de gordura leva a uma maior percepção do sabor salgado. Entretanto, segundo Ruunsen *et al.* (2001), a percepção do sabor salgado depende da composição da formulação; quando se substitui gordura por carne, gerando mortadelas com maiores teores de água e de proteína, a percepção de sabor salgado diminui; mas, quando se substitui gordura por igual quantidade de água, mantendo a concentração de proteína inalterada, a percepção de sabor salgado não se altera. Portanto, segundo Ruunsen *et al.* (2001), o aumento no teor de proteína pode ter um efeito redutor na percepção do sabor salgado.

Diante do exposto, o aumento da aceitação da mortadela formulada pela substituição de 50% de toucinho por carne (F8), possivelmente, se deve à maior percepção dos compostos voláteis de sabor e, ou, da alteração da percepção do sabor salgado na F8.

Nas formulações em que toucinho foi substituído por fibras funcionais e água, nota-se que quando se usou uma menor relação entre fibras solúveis e insolúveis ($FS/FI \leq 1$; F6, F7, F10 e F11), o sabor das mortadelas não diferiu da formulação-controle. Isto talvez se deva ao fato de que fibras insolúveis são essencialmente hidrofóbicas, como também houve maior adição de água. Estas duas condições provavelmente fazem com que o “efeito iceberg” seja similar àquele existente na fase contínua da formulação-controle e que os compostos aromáticos (hidrofóbicos) dos

condimentos sejam retidos na fibra insolúvel de forma semelhante ao que acontece com a gordura.

Já nas formulações em que toucinho foi substituído por água e teores mais elevados de fibras solúveis (FS/FI > 1; F5 e F9), o sabor das mortadelas foi mais apreciado ($p < 0,05$) do que aquele da mortadela-controle (FC). Isto talvez se deva ao fato de uma maior percepção da condimentação também nestas formulações; embora, nestas formulações se tenha adicionado mais água (“aumento do efeito *iceberg*”), as fibras solúveis apresentam maior caráter iônico (“diminuição do efeito *iceberg*”). Além disso, as fibras solúveis, por também conterem glicose e frutose, podem ter levado à maior produção de compostos de sabor oriundos da reação de Maillard (MOTTRAM *et al.*, 1998).

Mendoza *et al.* (2001) observaram que, apesar de não significativa, a substituição de gordura por inulina em linguiças fermentadas diminuiu a percepção do sabor em comparação com os produtos com alto teor de gordura. Do mesmo modo, Barreto (2007) verificou que a utilização de quantidades maiores que 5% de inulina como substituto de gordura em mortadelas comprometeram de forma negativa a percepção de sabor de mortadelas. Esse autor também observou que o uso de até 1% de fibras de aveia e trigo não reduziu a aceitação em relação ao sabor das mortadelas.

No nível de 25% de redução de toucinho, as formulações com base na substituição de toucinho por carne (F4), ou por água e maior proporção de fibra insolúvel (F7), o sabor das mortadelas não diferiu ($p > 0,05$) daquelas em que se substituiu toucinho por igual (F6) ou menor proporção de fibras insolúveis (F5); entretanto, o sabor da formulação em que se usou maior nível de fibra solúvel (F5) foi mais apreciado ($P < 0,05$) do que aquele da mortadela formulada com igual proporção de fibras solúveis e insolúveis (F6).

Já no nível de 50% de redução de toucinho a formulação com base na substituição de toucinho por igual proporção de fibras solúveis e insolúveis (F10) apresentou ($P < 0,05$) escores de sabor inferiores àqueles das demais (F8, F9 e F11), que não diferiram ($P > 0,05$) entre si.

Com base nas discussões anteriores sobre os efeitos da redução de gordura e da presença de íons sobre a percepção dos condimentos, em ambos os níveis de substituição de gordura, era de se esperar que as formulações contendo maiores proporções de fibras insolúveis (FS/FI < 1) apresentassem menores escores de sabor.

5.3. Comparação entre a substituição de 25 e 50% de toucinho por carne ou por misturas de fibras funcionais e água em mortadelas

5.3.1. Composição centesimal e valor energético

Ao avaliar o efeito dos níveis de substituição de toucinho, verifica-se (Tabela 18) que o grupo de mortadelas formuladas pela substituição de 25% de toucinho por carne ou fibras funcionais e água (F4, F5, F6 e F7) apresentou menor ($P < 0,05$) teor de água, maior ($P < 0,05$) teor de lipídios; e semelhantes ($P > 0,05$) teores de carboidratos e proteínas que o grupo de formulações com substituição de 50% de toucinho por carne ou fibras funcionais e água (F9, F9, F10 e F11). Como as mortadelas que compõem o primeiro grupo foram elaboradas com maior quantidade de gordura suína e menor teor de água que o segundo grupo (Tabela 2), isso explica a variação observada para os teores de lipídios e água. Já a ausência de diferença dos teores de proteínas e carboidratos entre os grupos; possivelmente, se deve ao fato de que as formulações de ambos os grupos foram elaboradas com semelhantes teores médios de carne e proteína texturizada de soja, e fécula de mandioca (Tabela 2), principais fontes de proteínas e carboidratos das mortadelas, respectivamente.

O grupo de mortadelas formuladas pela substituição de 25% de toucinho por carne e fibras funcionais e água apresentou ($P < 0,05$) maior teor de resíduo mineral fixo que o grupo de formulações em que 50% de toucinho foram substituídos por carne ou fibras funcionais e água (Tabela 18). As mortadelas de ambos os grupos foram formuladas com quantidades semelhantes das principais fontes de substâncias inorgânicas (sal de cura, sal refinado, eritorbato de sódio, fosfato de sódio e condimento para mortadela); por isso, esperava-se que não houvesse diferenças entre o grupo de produtos com adição de fibras funcionais e os demais grupos.

Quanto ao valor energético (VE), o grupo constituído por mortadelas formuladas pela substituição de 25% de toucinho por carne ou fibras funcionais e água apresentou ($P < 0,05$) maior VE que o outro grupo (Tabela 18). Como discutido anteriormente, isto pode ser explicado pelo fato de que o primeiro grupo possui maior teor de lipídios que o segundo (Tabela 18) e ambos possuem semelhantes teores de proteínas e carboidratos, que também são fontes de energia (COSTA; PELUZIO, 2008).

Tabela 18 – Estimativa do contraste entre médias (F4 + F5 + F6 + F7) – (F8 + F9 + F10 + F11) e probabilidades para as características físico-químicas, físicas e de aceitação de mortadelas formuladas pela substituição de toucinho por carne ou fibras funcionais e água

Parâmetros	Estimativa do Contraste entre Médias	P(F)
Água (%)	-4,30	<0,0001
Proteínas (%)	0,15	0,3524
Lipídios (%)	4,16	<0,0001
Resíduo mineral fixo (%)	0,08	0,0221
Carboidratos (%)	-0,10	0,6568
VE	37,70	<0,0001
TBARS	0,001	0,8161
pH	0,05	0,1661
Aa	-0,001	0,5484
TFEX	4,85	0,0013
GEX	14,56	0,0003
L*	1,65	0,0149
a*	-0,33	0,1217
b*	0,23	0,2444
Dureza (gf)	-1094,31	<0,0001
Coesividade	-0,10	0,0001
Elasticidade (mm)	-0,33	0,0003
Mastigabilidade (gf.mm)	-5768,34	<0,0001
Aceitação (Sabor)	0,05	0,6479

F4 = mortadela com substituição de 25% de toucinho por carne; F5 = mortadela com substituição de 25% de toucinho por 2,8% de fibra solúvel, 1,2% de fibra insolúvel e 2,25% de água; F6 = mortadela com substituição de 25% de toucinho por 2,0% de fibra solúvel, 2,0% de fibra insolúvel e 2,25% de água; F7 = mortadela com substituição de 25% de toucinho por 1,2% de fibra solúvel, 2,8% de fibra insolúvel e 2,25% de água; F8 = mortadela com substituição de 50% de toucinho por carne; F9 = mortadela com substituição de 50% de toucinho por 2,8% de fibra solúvel, 1,2% de fibra insolúvel e 8,5% de água; F10 = mortadela com substituição de 50% de toucinho por 2,0% de fibra solúvel, 2,0% de fibra insolúvel e 8,5% de água; e F11 mortadela com substituição de 50% de toucinho por 1,2% de fibra solúvel, 2,8% de fibra insolúvel e 8,5% de água.

5.3.2. Análise de substâncias reativas com o ácido tiobarbitúrico (TBARS), pH e atividade de água (Aa)

Ambos os grupos apresentaram ($P > 0,05$) valores de substâncias reativas ao ácido 2-tiobarbitúrico (TBARS), pH e atividade de água (Aa) semelhantes.

A mortadela é um produto curado e, portanto, possui ingredientes, como o nitrito e o eritorbato de sódio, capazes de inibir a oxidação de lipídios nos produtos com maiores teores de gordura e agentes pró-oxidantes, como: ferro e metaloproteínas (HONIKEL, 2008), o que, possivelmente, explica a ausência de diferença dos valores de TBARS entre os dois grupos.

A observada ausência de variação ($P > 0,05$) dos valores de pH, possivelmente, como discutido anteriormente, se deve ao fato de que as formulações de mortadelas não diferem quanto a presença de possíveis compostos de acidez, associado ao fato de que em todas elas foi usado polifosfato de sódio, um composto alcalino, que aumenta o pH da massa e a capacidade de retenção de água das proteínas (SEBRANEK, 2009).

Como anteriormente discutido, os conceitos de teor de água e de atividade de água são diferentes, assim, apesar de se ter observado maior teor de água para o grupo de mortadelas formuladas pela substituição de 50% de toucinho por carne ou por fibras funcionais e água (Tabela 18) em relação ao outro grupo, essa água a mais adicionada ao primeiro grupo, possivelmente, está ligada, principalmente, às proteínas e às fibras funcionais, o que levou a ausência ($P > 0,05$) de diferença dos valores de atividade de água (Aa) entre os dois grupos de formulações (Tabela 18).

5.3.3. Estabilidade de emulsão

O grupo de mortadelas formuladas pela substituição de 25% de toucinho por carne ou fibras funcionais e água apresentaram ($P < 0,05$) maiores valores de total de fluído exsudado (TFEX) e gordura exsudada (GEX) que aquele em que se substituiu 50% do toucinho (Tabela 18). Isto indica que o grupo de mortadelas com menor teor de lipídios apresenta menor estabilidade de emulsão que o grupo composto por formulações com maior teor de lipídios.

Como discutido anteriormente, um dos fatores que determina a estabilidade das emulsões cárneas é a proporção proteína disponível/gordura a ser emulsionada. Assim, os maiores teores de TFEX e GEX apresentados pelas mortadelas formuladas pela substituição de 25% de gordura por carne ou fibras funcionais e água, possivelmente, se deve ao fato de que, ao se reduzir o teor de lipídios nas formulações, mantendo-se a quantidade de proteínas constante entre os grupos (Tabela 18), houve aumento da quantidade de agente emulsionante disponível para a formação e estabilização da emulsão cárnea.

5.3.4. Medidas objetivas de cor

A literatura (ANDRÈS *et al.*, 2006; LIU *et al.*, 2008a) relata que o teor de gordura influencia os valores de luminosidade (L^*) dos produtos cárneos. No presente

estudo, observou-se que o grupo de mortadelas com maior teor de lipídios (25% de substituição) apresentou ($P < 0,05$) maiores valores de L^* , ou seja, as mortadelas ficaram mais claras que o grupo composto por formulações com menor quantidade de lipídios.

Não houve ($P > 0,05$) variação nos valores de a^* e de b^* (Tabela 18) em função dos níveis de substituição/redução de toucinho nas formulações de mortadela.

A cor rósea, característica dos produtos cárneos curados, está associada à concentração da forma química da mioglobina chamada de nitrosoemocromo (RAMOS; GOMIDE, 2007). Visto que não foi observada diferença do teor de proteínas entre os grupos (Tabela 18) e que em todas as mortadelas foram usadas quantidades iguais de sais de cura, possivelmente a ausência de variação dos índices de vermelho (a^*) e de amarelo (b^*) entre os grupos de mortadelas pode ser explicado pelo fato de que as concentrações de pigmentos derivados da mioglobina nos dois grupos são iguais.

A literatura apresenta dados conflitantes em relação ao efeito do teor de gordura sobre as coordenadas de cor de produtos cárneos.

Hughes *et al.* (1997) e Liu *et al.* (2008a) observaram que estes produtos se tornam mais claros ($> L^*$) e amarelos ($> b^*$) e menos vermelhos ($< a^*$) quando se aumenta o teor de gordura na formulação. Já Cofrades *et al.* (2000) observaram aumento nos valores de L^* e de b^* , sem alteração nos valores de a^* , ao formular mortadelas tipo Bologna com maiores teores de gordura.

Vidigal (2010), embora tenha observado aumento significativo nos valores de b^* com aumento nos teores de gordura de mortadelas, não observou diferenças significativas nos valores L^* e de a^* ao substituir gordura por carne na formulação.

5.3.5. Análise de perfil de textura (TPA)

Observou-se (Tabela 18) que mortadelas formuladas pela substituição de 50% de toucinho apresentou maior ($P < 0,05$) dureza, coesividade, elasticidade e mastigabilidade que aquelas formuladas pela substituição de 25% de toucinho. Isto, possivelmente, se deve ao fato de que, ao se reduzir o teor de lipídios nas formulações, mantendo-se a quantidade de proteínas similares nos dois grupos de substituição/redução de toucinho (Tabela 18) aumenta-se a quantidade de proteínas disponíveis para a formação da matriz gélica durante a fase de cozimento (ZIEGLER; ACTON, 1984; SHARP; OFFER, 1992; SUN; HOLLEY, 2011) da massa de mortadela, levando à

formação de uma matriz proteica mais forte e densa, originando produtos mais firmes e mastigáveis (CLAUS; HUNT; KASTNER, 1989; CAVESTANY *et al.*, 1994; CARBALLO *et al.*; 1996; BREWER *et al.*, 2005) e, também mais coesas e elásticas, em virtude do aumento do número e da força da ligação intermoleculares.

5.3.6. Aceitação sensorial de sabor

Não foram observadas ($P > 0,05$) diferenças dos escores de aceitação em relação ao sabor entre o grupo de mortadelas formuladas pela substituição de 25 e 50% de toucinho por carne ou por fibras funcionais e água (Tabela 18). Como discutido anteriormente, a noção geral é de que a gordura é importante para o sabor de carnes e derivados, e que sua redução prejudica a aceitação dos produtos cárneos (JIMENEZ-COLMENERO; 2000; LIU *et al.*, 2008a). Entretanto, a literatura é conflitante nas relações (positiva, negativa ou ausente) entre redução de gordura e seus efeitos sobre a percepção do sabor salgado (HUGHES *et al.*, 1997; 1998; CREHAN *et al.*, 2000; LIU *et al.*, 2008a), o que, possivelmente, se deve ao fato de que vários fatores estão relacionados com a percepção dos compostos de sabor, dentre eles os teores de gordura (JIMENEZ-COLMENERO, 2000); a água (RABE *et al.*, 2003); o sal e a condimentação (RUUNSEN *et al.*, 2001) e as características dos compostos de sabor (volatilidade e hidrofobicidade) (VENTANAS *et al.*, 2010).

Diante disto, os resultados obtidos indicam que a variação na composição centesimal (Tabela 18) dos grupos de formulações não interferiu na percepção de sabor dos produtos.

5.4. Comparação entre a adição de fibras funcionais e a substituição de 25 ou 50% de toucinho por misturas de fibras funcionais e água em mortadelas

5.4.1. Composição centesimal e valor energético

O grupo de mortadelas formuladas pela adição de fibras funcionais apresentou ($P < 0,05$) menor teor de água, maior teor de lipídios, e semelhantes ($P > 0,05$) teores de carboidratos e proteínas em relação aos grupos de mortadelas com substituição de 25 ou 50% de toucinho por fibras funcionais e água (Tabela 19). Pela análise da Tabela 2, pode-se observar que as mortadelas que constituem o grupo com adição de fibras foram

Tabela 19 – Estimativa dos contrastes entre médias (F1 + F2 + F3) – (F5 + F6 + F7) e (F1 + F2 + F3) – (F9 + F10+F11), e probabilidades para características físico-químicas, físicas e de aceitação de mortadelas formuladas pela adição de fibras funcionais ou substituição de toucinho por fibras funcionais e água

Contrastes/Parâmetro	(F1 + F2 +F3) – (F5 + F6 + F7)		(F1 + F2 +F3) – (F9 + F10+F11)	
	Estimativa do Contraste entre Médias	P(F)	Estimativa do Contraste entre Médias	P(F)
Água (%)	-5,37	< 0,0001	-9,65	< 0,0001
Proteínas (%)	-0,30s	0,1319	0,07s	0,8055
Lipídios (%)	5,76	< 0,0001	9,55	< 0,0001
Resíduo mineral fixo (%)	-0,08	< 0,0001	0,00	0,3521
Carboidratos (%)	0,00	0,9933	0,04	0,8376
VE	50,61	< 0,0001	86,39	< 0,0001
TBARS	-0,006	0,3412	-0,001	0,3437
pH	-0,02	0,3424	0,03	0,9805
Aa	-0,003	0,0703	-0,004	0,5203
TFEX	3,93	0,0723	8,96	0,213
GEX	15,15	0,0365	30,57	0,2421
L*	0,64	0,3459	1,99	0,2823
a*	-0,74	0,0094	-0,98	0,0997
b*	-0,07	0,6350	0,26	0,2731
Dureza (gf)	-390,99	0,0005	-742,34	0,0158
Coesividade	-0,03	0,1407	-0,10	0,0202
Elasticidade (mm)	-0,64	0,0153	-0,94	0,1828
Mastigabilidade (gf.mm)	-1804,28	0,0106	-4426,20	0,0076
Aceitação (Sabor)	-0,26	0,0645	-0,17	0,4690

F1 - mortadela com adição de 2,8% de fibra solúvel e 1,2 % de fibra insolúvel; F2 - mortadela com adição de 2,0% de fibra solúvel e 2,0 % de fibra insolúvel; F3 - mortadela com adição de 1,2% de fibra solúvel e 2,8 % de fibra insolúvel; F5 - mortadela com substituição de 25% de toucinho por 2,8% de fibra solúvel, 1,2 % de fibra insolúvel e 2,25% de água; F6 - mortadela com substituição de 25% de toucinho por 2,0% de fibra solúvel, 2,0 % de fibra insolúvel e 2,25% de água; F7 - mortadela com substituição de 25% de toucinho por 1,2% de fibra solúvel, 2,8 % de fibra insolúvel e 2,25% de água; ; F9 – mortadela com substituição de 50% de toucinho por 2,8% de fibra solúvel, 1,2 % de fibra insolúvel e 8,5% de água; F10 -mortadela com substituição de 50% de toucinho por 2,0% de fibra solúvel, 2,0 % de fibra insolúvel e 8,5% de água; F11 mortadela com substituição de 50% de toucinho por 1,2% de fibra solúvel, 2,8 % de fibra insolúvel e 8,5% de água.

formuladas com maiores quantidades de lipídios, menores quantidades de água e semelhantes teores de carne, proteína texturizada de soja e fécula de mandioca, principais fontes de proteínas e carboidratos das formulações, respectivamente, quando comparado aos demais grupos de formulações.

O grupo de mortadelas formuladas pela substituição de 25% de toucinho por fibras funcionais e água apresentou ($P < 0,05$) maior teor de resíduo mineral fixo que o grupo de formulações com adição de fibras (Tabela 19). Entretanto, ao se comparar o grupo de formulações com adição de fibras com aquele em que se substituiu 50% de

toucinho por fibras funcionais e água, não se observou diferença ($P > 0,05$) entre os teores desse componente (Tabela 19).

Quanto ao valor energético, o grupo constituído por mortadelas formuladas pela adição de fibras funcionais apresentou maiores ($P < 0,05$) valores que os grupos de mortadelas com substituição de 25 ou 50% de toucinho por fibras funcionais e água (Tabela 19). Isto pode ser explicado pelo fato de que o primeiro grupo possui maior teor de lipídios, substância altamente energética (9 kcal g^{-1}), que os outros grupos (Tabela 19) e todos eles possuem semelhantes teores de proteínas e carboidratos, que também são fontes de energia (COSTA; PELUZIO, 2008).

Tendo em vista que todos os grupos de mortadelas possuem teores semelhantes de proteínas e carboidratos, isto pode ser explicado pelo fato de que as mortadelas adicionadas de fibras possuem (Tabela 2) maior teor de lipídios, substância altamente energética (9 kcal g^{-1}), que aquelas onde houve redução na quantidade de toucinho adicionada (Tabela 19).

5.4.2. Análise de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico, pH e atividade de água (Aa)

Os valores de substâncias reativas ao ácido 2-tiobarbitúrico (TBARS) dos conjuntos de mortadelas formulados pela substituição de 25 ou 50% de toucinho por fibras funcionais e água foram ($P > 0,05$) semelhantes àqueles em que apenas foram adicionadas fibras funcionais. Isso pode ser explicado pelo fato de que a mortadela é um produto curado e, portanto, possui ingredientes, como o nitrito e o eritorbato de sódio, capazes, por si só, de inibir a oxidação de lipídios nos produtos com maiores teores de gordura e agentes pró-oxidantes, como ferro e metaloproteínas (HONIKEL, 2008).

Não foram evidenciadas ($P > 0,05$) diferenças dos valores de pH entre o grupo de mortadelas com adição de fibras funcionais e aqueles com substituição de 25 ou 50% de toucinho por fibras funcionais e água. Como discutido anteriormente, a observada ausência de variação ($P > 0,05$) nos valores de pH possivelmente se deve ao fato de que as formulações de mortadelas não diferem quanto à presença de compostos de acidez, associado ao fato de que em todas elas foi usado polifosfato de sódio, um composto alcalino, que tem a função de aumentar o pH da massa e aumentar a capacidade de retenção de água das proteínas (SEBRANEK, 2009).

Apesar de se ter observado maiores teores de água para os grupos de mortadelas com substituição de 25 ou 50% de toucinho por fibras funcionais e água (Tabela 19) em relação ao grupo constituído por mortadelas formuladas pela adição de fibra, não foram observadas ($P > 0,05$) diferenças nos valores de atividade de água (A_a) entre os primeiros e o último grupos (Tabela 19). Isso ocorreu, possivelmente, porque a água acrescentada aos grupos constituídos por mortadelas formuladas pela substituição de 25 ou 50% de toucinho por fibras e água está ligada, principalmente, às proteínas e às fibras funcionais.

5.4.3. Estabilidade de emulsão

Não foram evidenciadas ($P > 0,05$) diferenças nos valores de total de fluido exsudado (TFEX) entre o grupo em que foram adicionadas fibras funcionais às formulações e aquele em que 25% de toucinho foi substituído por fibras funcionais e água (Tabela 19). Quanto aos valores de gordura exsudada (GEX), o conjunto de mortadelas formuladas pela adição de fibras funcionais apresentou ($P < 0,05$) maior GEX que o grupo em que 25% de toucinho foram substituídos por fibras funcionais e água (Tabela 19). Isso indica que a substituição de 25% de toucinho por fibras funcionais e água promoveu maior estabilidade de emulsão às mortadelas que a simples adição de fibras funcionais às formulações.

Já quando comparado ao grupo constituído por mortadelas formuladas pela substituição de 50% de toucinho por fibras funcionais e água e aquele com base na adição de fibras funcionais às formulações, não foram evidenciadas ($P > 0,05$) diferenças entre os valores de TFEX e GEX (Tabela 19), o que indica semelhante estabilidade de emulsão entre os grupos.

A estabilidade das emulsões cárneas é determinada por inúmeros fatores, dentre eles estão o teor de gordura e a disponibilidade proteica da formulação. Mantendo-se o teor de proteínas constante e reduzindo-se o teor de lipídios, aumenta-se a proporção proteína disponível/gordura a ser emulsionada, o que promove aumento da estabilidade de emulsão, uma vez que se aumenta a quantidade de agente emulsificante (proteína) capaz de formar e estabilizar a emulsão; entretanto, caso haja uma redução drástica de lipídios na formulação haverá um excesso de proteínas; nesse caso, observa-se a formação de multicamadas de segmento proteico em volta da superfície de gordura, que diminui a estabilidade de emulsão por reduzir a elasticidade do filme proteico que envolve a

gordura. Além disso, há diminuição da quantidade de proteína em contato com a água na fase contínua, o que desfavorece a estrutura de rede da matriz proteica, diminuindo a viscosidade do meio e, conseqüentemente, permitindo a maior movimentação e coalescência das partículas de gordura não emulsionadas (ARAÚJO, 2011).

Diante do exposto, o menor teor de gordura exsudada (GEX) apresentado pelo o grupo de mortadelas formuladas pela substituição de 25% de gordura por fibras funcionais e água em relação ao grupo constituído por formulações apenas adicionadas de fibras funcionais, possivelmente se deve ao fato de que ao se reduzir o teor de lipídios nas formulações mantendo-se a quantidade de proteínas constante houve aumento da quantidade de agente emulsionante disponível para a formação e estabilização da emulsão cárnea em relação ao grupo com maior teor de lipídios. Já nas formulações que compõem o grupo no qual 50% de toucinho foram substituídos por fibras funcionais e água a redução do teor de lipídios foi demasiada, proporcionando excesso de proteínas que, provavelmente, formaram multicamadas, o que manteve a estabilidade de emulsão das mortadelas semelhante àquele observada para o conjunto de formulações com alto teor de lipídios.

A ausência de diferença dos valores de TFEX entre o grupo de formulações adicionadas fibras e os demais grupos possivelmente ocorreu em virtude da alta capacidade de retenção de água das fibras (THEBAUDIN *et al.*, 1997).

5.4.4. Medidas objetivas de cor

Embora a literatura (ANDRÈS *et al.*, 2006; LIU *et al.*, 2008a) indique que o teor de gordura influencia os valores de luminosidade (L^*) de produtos cárneos, essa diferença não foi observada ($P > 0,05$) entre o grupo composto por mortadelas com adição de fibras funcionais e aqueles formulados pela substituição de 25 ou 50% de gordura por fibras funcionais e água (Tabela 19), apesar do grupo com adição de fibra funcionais ter sido formulado com maior quantidade de toucinho que os demais grupos. A ausência de diferença entre eles pode ser explicada pelo fato de que o toucinho, que possui valores de L^* igual a 75, foi substituído por misturas de fibras funcionais hidratadas, que possuem valores de luminosidade próximos a 70.

Também não foram observadas ($P > 0,05$) diferenças dos valores de b^* (Tabela 19) entre o grupo de formulação adicionadas de fibras funcionais e os grupos com substituição de 25 ou 50% de toucinho por fibras funcionais e água, o que, possivel-

mente, se deve ao fato de que as fibras hidratadas apresentam índices de amarelo (**b***) similares (Tabela 8) àqueles do toucinho.

O grupo de mortadelas formuladas pela substituição de 25% de toucinho por fibras funcionais e água apresentou maior ($P < 0,05$) valor de **a*** que o grupo de mortadelas adicionadas de fibras funcionais (Tabela 19). O segundo grupo de mortadelas foi formulado com quantidade ligeiramente menor de carne (Tabela 2) e, consequentemente, menor quantidade de mioglobina, que o primeiro grupo. Isto pode explicar a diferença do índice de vermelho (**a***) entre os grupos. Entretanto, o grupo de formulações adicionadas de fibras e aquele composto por mortadelas elaboradas pela substituição de 50% de toucinho por fibras funcionais e água apresentaram ($P > 0,05$) índice de vermelho semelhantes (Tabela 19).

5.4.5. Análise de perfil de textura (TPA)

O grupo de mortadelas formuladas pela adição de fibras funcionais apresentou menores ($P < 0,05$) valores de dureza e matigabilidade que os grupos compostos por mortadelas em que se substituíram 25 ou 50% de toucinho por fibras funcionais e água (Tabela 19). Conforme discutido anteriormente, isto, provavelmente, se deve ao aumento na disponibilidade de proteínas para a geleificação durante o cozimento (ZIEGLER; ACTON, 1984; SHARP; OFFER, 1992; SUN; HOLLEY, 2011), que promove a formação de produtos mais firmes e mastigáveis (BREWER *et al.*, 2005; MOURTZINOS; KIOSSELOU, 2005). Esse aumento na relação proteína/gordura se deve à economia de proteínas, em função da menor quantidade de gordura a ser emulsionada (MOURTZINOS; KIOSSELOU, 2005), visto que os grupos com substituição de toucinho possuem iguais ($P > 0,05$) teores de proteínas e menores ($P < 0,05$) teores de lipídios que o grupo de formulações com adição de fibras funcionais (Tabela 19).

A ausência de diferença ($P > 0,05$) de coesividade entre o grupo de mortadelas com adição de fibras funcionais e aquele em que 25% de toucinho foram substituídos por fibras funcionais e água (Tabela 19), talvez se deva ao fato de que o aumento no teor de proteína disponível para a geleificação (formação de ligações intermoleculares) no grupo de substituição não tenha sido suficiente para elevar de forma significativa a força das ligações internas (coesividade) em relação ao outro grupo.

Entretanto, o conjunto de mortadelas formuladas pela substituição de 50% de gordura por fibras funcionais e água apresentou maior ($P < 0,05$) coesividade que o

grupo de formulações com adição de fibras (Tabela 19). Neste caso, provavelmente, ao se reduzir 50% de toucinho houve aumento da disponibilidade de proteínas para a geleificação capaz de aumentar de forma significativa a força das ligações interna (coesão) em relação ao grupo com adição de fibras.

Quanto aos valores de elasticidade, o grupo de mortadelas adicionadas de fibras funcionais apresentou menor ($P < 0,05$) valor que o conjunto formulações nas quais 25% de toucinho foram substituídos por fibras funcionais e água (Tabela 19) e não diferiu ($P > 0,05$) daquele em que 50% de toucinho foram substituídos por fibras e água (Tabela 19).

Entretanto, esperava-se que ambos os grupos de mortadelas formuladas pela substituição de gordura apresentassem maiores valores de elasticidade, visto que, ao se aumentar o grau de geleificação e, conseqüentemente, o número de ligações intermoleculares (BREWER *et al.*, 2005), aumenta-se também a capacidade do alimento deformado retornar à sua condição inicial pela remoção da força deformadora (elasticidade).

5.4.6. Aceitação sensorial de sabor

Não foram observadas ($P > 0,05$) diferenças dos escores de aceitação em relação ao sabor entre o grupo de formulações adicionadas de fibras funcionais e aqueles compostos por mortadelas formuladas pela substituição de 25 ou 50% de gordura suína por fibras funcionais e água (Tabela 19).

Como discutido anteriormente, a noção geral é de que a gordura é importante para o sabor de carnes e derivados, e que sua redução prejudica a aceitação dos produtos cárneos (JIMENEZ-COLMENERO, 2000; LIU *et al.*, 2008a). Entretanto, a literatura é conflitante nas correlações (positiva, negativa ou ausente) entre redução de gordura e seus efeitos sobre a percepção do sabor salgado (HUGHES *et al.*, 19978; 1998; CREHAN *et al.*, 2000; LIU *et al.*, 2008a). Isto, possivelmente, porque vários fatores estão relacionados com a percepção dos compostos de sabor, dentre eles as características dos compostos de sabor (volatilidade e hidrofobicidade) (VENTANAS *et al.*, 2010), teores de gordura (JIMENEZ-COLMENERO; 2000), sal e condimentação (RUUNSEN *et al.*, 2001) e água (RABE *et al.*, 2003).

Diante disto, os resultados obtidos indicam que a variação na composição centesimal (Tabela 19) dos grupos de formulações não interferiu na percepção de sabor dos produtos.

6. CONCLUSÃO

Conclui-se que é possível a fabricação de mortadelas com adição de fibras funcionais, com ou sem redução do teor de gordura e valor energético. No caso apenas da adição de fibras alimentares, recomenda-se as formulações com adição de 2,8% de FS e 1,2% de FI ou 2,0% de FS e 2,0% de FI. Já para a fabricação de mortadelas com redução de gordura e com adição de fibras funcionais indica-se formular mortadelas com 15% de gordura e com adição de 2,8% de FS e 1,2% FI. Em ambas as situações foram recomendadas mortadelas nas quais as modificações nas formulações não apresentaram prejuízos para nenhuma das características de qualidade avaliadas em relação à mortadela considerada convencional. Vale ressaltar que deve se prever um nível máximo de FI (2,8%) para que não se altere as características de textura do produto tradicional ao se formular um produto fonte de fibras alimentares.

7. RECOMENDAÇÕES FUTURAS

Com base nos resultados apresentados, recomendam-se futuros trabalhos na atual linha de pesquisa, abordando os seguintes aspectos:

1. Estudar os efeitos da adição de fibras funcionais (VITACEL[®] WF 600 e Orafiti[®] GR) e da substituição de 25 e 50% de toucinho por essas fibras alimentares e água em mortadelas, de maneira que as fibras sejam empregadas de forma isolada.
2. Analisar, através de microscopia de força atômica (AFM) e a microscopia de transmissão eletrônica (TEM), as mortadelas formuladas para se obter imagens diretas da estrutura e da topologia superficial dos materiais analisados.
3. Avaliar, em diferentes frequências e temperaturas, o comportamento mecânico das mortadelas quando submetidas a tensões de cisalhamento por meio de ensaios dinâmicos oscilatórios.
4. Realizar análise sensorial quantitativa descritiva das formulações de mortadelas quanto à textura (dureza, mastigabilidade, elasticidade e coesividade), ao sabor, à cor e à impressão global.
5. Correlacionar os dados microscópicos, reológicos, sensoriais e do perfil de textura instrumental das mortadelas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHMAD, J. I. Health and dietary fibre. *Nutrition & Food Science*, v. 95, n. 1, p. 18-22, 1995.
- AKOH, C. C. Fat replacers. *Food Technology*, v. 52, n. 3, p. 47-53, 1998
- ALLAIS, I. Emulsification. In: *Handbook of meat processing*. Editora Fidel Toldrá, 2010. 584 p.
- ÁLVAREZ, E. E.; SÁNCHEZ, P. G. La fibra dietética. *Nutrición Hospitalaria*, v. 21, n. 2, p. 61-72, 2006.
- AMM, R. *Kolloidchemie des Fleisches*. Berlin and Hamburg: Paul Parey, 1972.
- ANDERSON, E. T.; BERRY, B. W. Sensory, shear, and cooking properties of lower-fat beef patties made with inner pea fiber. *Journal of Food Science*, v. 65, n. 5, p. 805-810, 2000.
- ANDERSON, J. W.; BAIRD, P.; R. H. JR., DAVIS; FERRERI, S.; KNUDTSON, M.; WATERS, V.; WILLIAMS, C. L. Health benefits of dietary fiber. *Nutrition Reviews*, v. 67, n. 4, p.188-205, 2009
- ANDRÈS, S.; ZARITZKY, N.; CALIFANO, A. The effect of whey protein concentrates and hydrocolloids on the texture and colour characteristics of chicken sausages. *International Journal of Food Science and Technology*, v. 41, n. 8, p. 54- 96, 2006.
- AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. *Official methods of analysis of the AOAC International*. 16 ed. Arlington, USA, 1998.
- ARAÚJO, J. M. A. Química de alimentos. Viçosa, MG: Editora UFV. 2011. 601 p.
- ASP, N. Enzymatic gravimetric methods. In: SPILLER, G. A. *CRC handbook of dietary fiber in human nutrition*. Boca Raton: CRC Press, 1992, p. 37-45.
- BARRETTO, A. C. S. *Efeito da adição de fibras como substitutos de gordura em mortadela*. 2007. 163 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Campinas, SP, 2007.
- BACKERS, T.; NOLI, B. Dietary fibers for meat processing. *Int. Food Mark. Technol.*, December 1997. p. 4-8.
- BENNINK, M. R. Fiber analysis. In: NIELSEN, S. S. *Food analysis*. 2. ed. Gaithersburg, Maryland: Aspen Publishers, Inc., 1998. p. 189-199.
- BERRY, B. W. Sodium alginate plus modified tapioca starch improves properties of low-fat beef patties. *J. Food Sci.*, v. 62, n. 6, p. 1245-1249, 1997.

BIESALSKI, H. K. Meat as a component of a healthy diet – are there any risks or benefits if meta is avoided in the diet? *Review Meat Science*, v. 70, n. 3, p. 509-524, 2005.

BOBBIO, F. O.; BOBBIO, P. A. *Química do processamento de alimentos*. 3. ed. São Paulo: Varela, 2001. 478 p.

BODNER, J. M.; SIEG, J. Fiber. *Ingredients in meat products*. Edited by Tarté, R. Madison, Wisconsin (USA): Springer Science, 2009. p.83-109.

BOND, J. M.; MARCHELLO, M. J.; SLANGER, W. D. Physical, chemical, and shelf-life characteristics of low-fat ground beef patties formulated with waxy hull-less barley. *Journal Muscle Foods*, v. 12, n. 1, p. 53-69, 2001a.

BOND, J. M.; MARCHELLO, M. J.; SLANGER, W. D. Sensory characteristics of low-fat ground beef patties formulated with waxy hull-less barley. *Journal Muscle Foods*, v. 12, n. 1, p. 71-82, 2001b.

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

BRAGAGNOLO, N.; RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. Teores de colesterol, lipídios totais e ácidos graxos em cortes de carne suína. *Ciência e Tecnologias de Alimentos*, v. 22, n. 1, p. 98-104, 2002.

BRASIL. Departamento Nacional de Inspeção de Produtos de Origem Animal. Decreto nº 30.691. *Aprova o regulamento de inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal*. 23 de março de 1952. Disponível em: <http://www.agais.com/normas/riispoa/principal_riispoa.htm>. Acesso em: 1º nov. 2010.

BRASIL. ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. *Portaria nº 27. Aprova o regulamento técnico referente à informação nutricional complementar*. 13 de janeiro de 1998. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/portarias/27_98.htm>. Acesso em: 22 out. 2010.

BRASIL. *Portaria nº 27. Aprova o regulamento técnico referente à informação nutricional complementar*. ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. 13 de janeiro de 1998. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/portarias/27_98.htm>. Acesso em: 22 out. 2010.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. *Instrução Normativa nº 4. Aprova os regulamentos técnicos de identidade e qualidade de carne mecanicamente separada, de mortadela, de linguiça e de salsicha*. 31 de março de 2000. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=7778>>. Acesso em: 23 out. 2010.

BRASIL. *Resolução RDC nº 359. Aprova regulamento técnico de porções de alimentos embalados para fins de rotulagem nutricional*. ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. 23 de dezembro de 2003. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br/elegis/>>. Acesso em: 22 jan. 2010.

BREWER, M. S.; PETERSON, W. J.; CARR, T. C.; MCCUSKER, R.; NOVAKOFSKI, J. Thermal gelation properties of myofibrillar protein and gelatin combinations. *Journal of Muscle Foods*, v. 16, n. 2, p. 126–140, 2005.

BUTTRISS, J. L.; STOKES, C. S. Dietary fiber and health: an overview. *British Nutrition Foundation Nutrition Bulletin*, v. 33, n. 3, p. 186-200, 2008.

CALDERON-CERVANTES, F. *Transferts de mati è ressous l'effet de la chaleur en cours de fragmentation, restructuration et cuisson des produits carn és divis és*. Thèse de Doctorat, Université B. Pascal, Clermont-Ferrand, France, 1984.

CÂNDIDO, L. M. B.; CAMPOS, A. M. Substitutos de gorduras. *Boletim do CEPPA*, v. 13, n. 2, p. 125-164, 1996.

CARBALLO, J.; FERNANDEZ, P.; BARRETO, G.; SOLAS, M. T.; JIMENEZ-COLMENERO, F. Characteristics of high- and low-fat Bologna sausages as affected by final internal cooking temperature and chilling storage. *J. Sci. Food Agric.*, v. 72, p. 40-48, 1996.

CAVESTANY, M.; JIMENEZ-COLMENERO, F.; SOLAS, M. T.; CARBALLO, J. Incorporation of sardine surimi in Bologna sausage containing different fat levels. *Meat Science*, v. 38, n. 1, p. 27-37, 1994.

CHAMP, M.; LANGKILDE, A. M.; BROUNS, F.; KETTLITZ, B.; COLLET, Y. B. Advances in dietary fiber characterization. 1. Definition of dietary fiber, physiological relevance, health benefits and analytical aspects. *Nutrition Research Reviews*, v. 16, n. 1, p. 71-82, 2003.

CHEFTEL, J. C.; CUQ, J. L.; LORIENT, D. *Le système protéique musculaire in Protéines alimentaires*. Paris: Ed. Lavoisier Tec et Doc, 1985. p. 123-146.

CHEN, H-H; XU, S-Y; WANG Z. Interaction between flaxseed gum and meat protein. *J. Food Eng.*, v. 80, n. 4, p. 1051-59, 2007.

CLAUS, J. R.; HUNT, M. C.; KASTNER, C. L.; KROPF, D. H. Low fat, high added water bologna effects of massing, pre-blending, and time of addition of water and fat on physical and sensory characteristics. *Journal of Food Science*, v. 55, n. 2, p. 338-345, 1990.

CLAUS, J. R.; HUNT, M. C.; KASTNER, C. L. Effects of substituting added water for fat on the textural, sensory, and processing characteristics of bologna. *J. Muscle Foods*, v. 1, p. 1-21, 1989.

COFRADES, S.; GUERRA, M. A.; CARBALLO, J.; FERNÁNDEZ-MARTÍN, F.; JIMÉNEZ-COLMENERO, F. Plasma protein and soy fiber content effect on bologna sausage properties as influenced by fat level. *Journal of Food Science*, v. 65, n. 2, p. 281-7, 2000.

COFRADES, S.; GUERRA, M. A.; CARBALLO, J.; FERNÁNDEZ-MARTÍN, F.; COLMENERO, F. J. Plasma protein and soy fiber content effect on bologna sausage properties as influenced by fat level. *Journal of Food Science*, v. 65, n. 2, p. 281-287, 2000.

COSTA, N. M.; PELUZIO, M. C. G. *Nutrição básica e metabolismo*. 1. Ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2008. 400 p.

CREHAN, C. M.; HUGHES, E.; TROY, D. J.; BUCKLEY, D. J. Effects of fat level and maltodextrin on the functional properties of frankfurters formulated with 5, 12 and 30% fat. *Meat Science*, v. 55, n. 4, p. 463-469, 2000.

CREHAN, C. M.; TROYA, D. J.; BUCKLEY, D. J. Effects of salt level and high hydrostatic pressure processing on frankfurters formulated with 1.5 and 2.5% salt. *Meat Science*, v. 55, n. 1, p. 123-130, 2000.

CULIOLI, J.; BOYER, C.; VIGNON, X.; OUALI, A. Heat – induced gelation properties of myosin – Influence of purification and muscle type. *Sci. Alim.*, v. 13, p. 249-260, 1993.

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

CYRINO, N. A.; BARRETTO, A. C. S. O que a Vitacel pode fazer aos seus embutidos. *Revista Nacional da Carne*, v. 352, p. 110-111, 2006.

DEGOUY, E. The low fat cheese challenge. *Dairy Industries International*, v. 58, n. 10, p. 41-43, 1993.

DZIEZAK, J. Fats, oils and fat substitutes. *Food Technology*, v. 43, n. 7, p. 66-74, 1989.

FAUSTMAN, C.; YIN, M. C.; NADEAU, D. B. Color stability, lipid stability, and nutrient composition of red and white veal. *Journal of Food Science*, v. 57, n. 2, p. 302-304, 1992.

FEINER, G. Additives: phosphates, salts (sodium chloride and potassium chloride, citrate, lactate) and hydrocolloids. In: ____ (Ed.) *Meat products handbook – Practical science and technology*. Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC, 1. ed., 2006

FERNÁNDEZ-GINÉS, J. M.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; SAYAS-BARBERA, E.; SENDRA, E.; PÉREZ-ÁLVAREZ, J. A. Effect of storage conditions on quality characteristics of bologna sausages made with citrus fiber. *Journal of Food Science*, v. 68, n. 2, p. 710-715, 2006.

FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; SAYAS-BARBERÁ, M. E.; NAVARRO, C., SENDRA, E.; PÉREZ-ÁLVAREZ, J. A. Antioxidant and antibacterial activities of natural extracts: Application on cooked meat balls. *Meat Science*, v. 69, n. 3, p. 371-380, 2005.

FIGUEIREDO, A.; ISMAEL, M. I.; ANJO, C.M.S; DUARTE, A. P. Cellulose and derivatives from wood and fibers as renewable sources of raw-materials. *Topics in Current Chemistry*, v. 294, p. 117-128, 2010.

FLORES, M.; GINER, E.; FISZMAN, S. M.; SALVADOR, A.; FLORES, J. Effect of a new emulsifier containing sodium stearyl-2-lactylate and carrageenan on the functionality of meat emulsion systems. *Meat Science*, v. 76, n. 1, p. 9-18, 2007.

- FONTANA, J. D.; BARON, M.; DINIZ, A. C. P.; FRANCO, V. C. Microbial inulinase secretion using chemically modified inulins. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, v. 45/46, n. 1, p. 257-268, 1994.
- FORREST, J. C.; ABERLE, E. D.; HENDRICK, H. B.; JUDGE, M. D.; MERKEL, R. A. *Principles of meat science*. San Francisco: W. H. Freeman and Company, 1975. 417 p.
- FRANCK, A. Technological functionality of inulin and oligofructose. *British Journal of Nutrition*, v. 87, n. 2, p. 287-291, 2002.
- GALLUZZO, S. J.; REGENSTEIN, J. M. Emulsion capacity and timed emulsification of chicken breast muscle myosin. *Journal of Food Science*, v. 43, n. 6, p. 1757-1760, 1978
- GARCÍA, M. L.; DOMINGUEZ, R.; GALVEZ, M. D.; CASAS, C.; SELGAS, M. D. Utilization of cereal and fruit fibers in low fat dry fermented sausages. *Meat Science*, v. 60, p. 227-236, 2002.
- GIESE, J. Fat and fat replacers: balancing the health benefits. *Food Technology*, v. 50, n. 9, p. 76-81, 1996.
- GIRARD, J. P.; DENOYER, C.; MAILLARD, T. Le hachage grossier. La restructuration des pâtes fines. In: *Technologie de la viande et des produits carnés, collection sciences & techniques agroalimentaire*. Paris: Ed. Lavoisier Tec et Doc, 1990.
- GLORE, S.; TREECK, V.; KNEHANS, D.; GUILD, A. Soluble fibre and serum lipids: a literature review. *Journal American Diet. Assoc.*, v. 94, n. 4, p. 425-436, 1994.
- GOMIDE, L. A. M. *Efeitos da relação umidade: proteína e do teor de gordura sobre a estabilidade de salsichas enlatadas*. 1985. 56 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1985.
- GORDON, A.; BARBUT, S. Meat batters: Effect of chemical modification on protein recovery and functionality. *Food Research International*, v. 30, n. 1, p. 15-11, 1997.
- GRIGELMO-MIGUEL, N.; ABADÍAS-SERÓS, M. I.; MARTÍN-BELOSO, O. Characterization of low-fat high-dietary fiber frankfurters. *Meat Science*, v. 52, n. 3, p. 247-256, 1999a.
- GRIGELMO-MIGUEL, N.; GORINSTEIN, S.; MARTÍN-BELLOSO, O. Characterization of peach dietary fiber concentrate as a food ingredient. *Food Chemistry*, v. 65, p. 175-181, 1999b.
- GUILLON, F.; CHAMP, M. Structural and physical properties of dietary fibres, and consequences of processing on human physiology. *Food Research International*, v. 33, n. 3-4, p. 233-245, 2000.
- HAULY, M. C. O.; MOSCATTO, J. A. Inulina e oligofrutoses: uma revisão sobre propriedades funcionais, efeito prebiótico e importância na indústria de alimentos. *Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas*, v. 23, n. 1, p. 105-118, 2002.

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

HEINZ, G.; HAUTZINGER, P. *Meat processing technology for small – to – medium – scale producers*. Food and Agriculture Organization of the United Nations Regional Office for Asia and Pacific, Rap publication 2007/20, Bangko, 2007.

HONIKEL, K. O. The use and control of nitrate and nitrite for the processing of meat products. *Meat Science*, v. 78, n. 1-2, p. 68-76, 2008.

HUANG, S. C.; TSAI, Y. F; CHEN, C. M. Effects of wheat fiber, oat fiber, and inulin on sensory and physico-chemical properties of chinese-style sausages. *Asian-Aust. Journal of Animal Science*, v. 24, n. 6, p. 875-880, 2011.

HUDNALL, M. J.; CONNOR, S. L.; CONNOR, W. E. Position of the american association: fat replacement. *Journal of the American Dietetic Association*, Chicago, v. 91, n. 10, p. 1285-1288, 1991.

HUFFMAN, D. L.; HUFFMAN, R. D. Production of low fat and reduced fat ground beef. In: Production and processing of healthy meat, poultry and fish products. *Advances in Meat Research Series*, v. 11, p. 226-241, 1997.

HUGHES, E.; MULLEN, A. M.; TROY, D. J. Effects of fat level, tapioca starch and whey protein on Frankfurters formulated with 5% and 12% fat. *Meat Science*, v. 48, n. 1-2, p. 169-180, 1998.

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

IZZO, M.; FRANCK, A. Nutritional and health benefits of inulin and oligofructose conference. *Trends in Food Science and Technology*, v. 9, p. 255-257, 1998.

JANUZZI, A. G. V. A. *Características físico-químicas, microbiológicas e sensoriais de produto tipo presunto cozido desenvolvido com adição de fibras solúveis e insolúveis*. Dissertação. 2007. (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Faculdade de Farmácia da UFMG, Belo Horizonte, MG, 2007.

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

JIMENEZ-COLMENERO, F. Technologies for developing low-fat meat products. Review. *Trends in Food Science & Technology*, v. 7, p. 41-48, 1996.

JIMENEZ-COLMENERO, F.; CARBALLO, J.; COFRADES, S. Healthier meat and meat products: their role as Functional foods. *Meat Science*, v. 59, n. 11, p. 5-13, 2001.

JONES, S. A. Physical, chemical, and sensory aspects of fat replacement. In: Handbook of fat replacers. Edited by Sibel Roller, Sylvia A. Jones. CRC Press, Inc., 1996.

- KAO, W.T.; LIN, K.W. Quality of reduced-fat frankfurter modified by konjac-starch mixed gels. *Journal Food Science*, v. 71, n. 4, p. 326-S332, 2006.
- KAYS, S. J.; NOTTINGHAM, S. F. *Biology and chemistry of Jerusalem artichoke Helianthus tuberosus L.* Boca Raton: CRC Taylor & Francis Group, 2008. p. 459.
- KEETON, J. T. Low-fat meat products – technological problems with processing. *Meat Science*, v. 36, n. 1-2, p. 261-276, 1994.
- KERR, W. L.; WANG, X.; CHOI, S. G. Physical and sensory characteristics of low-fat Italian sausage prepared with hydrated oat. *Journal of Food Quality*, v. 28, n. 1, p. 62-77, 2005.
- LEE, C. M.; CARROLL, R. J.; ABDOLLAHI, A. A microscopical study of the structure of meat emulsions and its relationship to thermal stability. *Journal of Food Science*, v. 46, n. 2, p. 1789-1804, 1981.
- LEVY-COSTA, R. B.; SICHERI, R.; PONTES N. S.; MONTEIRO, C. A. Disponibilidade domiciliar de alimentos no Brasil: distribuição e evolução (1974-2003). *Revista Saúde Pública*, v. 39, n. 4, p. 530-540, 2005,
- LI-CHAN, E.; NAKAI, S.; WOOD, D. F. Relationship between functional (fat binding, emulsifying) and physicochemical properties of muscle proteins. Effects of heating, freezing, pH and species. *Journal of Food Science*, v. 50, n. 4, p. 1034-1040, 1995.
- LIMA, R. J.; NASSU, T. R. Substitutos de gorduras em alimentos: características e aplicações. *Química Nova*, v. 19, p. 127, 1996.
- LINDAHL, G.; LUNDSTRÖM, K.; TORNBERG, E. Contribution of pigment content, myoglobin forms and internal reflectance to the lightness of pork loin and ham from pure breed pigs. *Meat Science*, v. 59, n. 2, p. 141-151, 2001.
- LIU, H.; XIONG, Y. L.; JIANG, L.; KONG, B. Fat reduction in emulsion sausage using an enzyme-modified potato starch. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 88, n. 9, p. 1632-1637, 2008a.
- LIU, R.; ZHAO, S. M.; XIONG, S. B.; XIE, B. J.; QIN, L. H. Role of secondary structures in the gelation of porcine myosin at different pH values. *Meat Science*, v. 80, p. 632-639, 2008b.
- LUCCA, P. A.; TEPPER, B. J. Fat replacers and the functionality of fat foods. *Trends in Food Science & Technology*, v. 5, n. 1, p. 12-19, 1994.
- MANSOUR, E. H.; KHALIL, A. H. Characteristics of low-fat beefburguers as influenced by various types of wheat fibers. *Food Research International*, v. 30, n. 3-4, p. 199-205, 1997.
- MCCLEMENTS, D. J. *Food emulsions – Principles, practice and techniques*. New York: CRC Press, 1999.

McCLEMENTS, D. J.; DECKER, E. A. Lipid oxidation in oil-in-water emulsions: Impact of molecular environment on chemical reactions in heterogeneous food systems. *Journal of Food Science*, v. 65, n. 8, p. 1270 - 1282, 2000.

McKENNA, D.L.; MIES, P.D.; BAIRD, B.E.; PFEIFFER, K.D.; ELLEBRACHT, J.W.; SAVELL J.W. Biochemical and physical factors affecting discoloration characteristics of 19 bovine muscles. *Meat Science*, v. 70, n. 4, p. 665-682, 2005.

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.

MENDOZA, E.; GARCÍA, M. L.; CASAS, C; SELGAS, M. D. Inulin as fat substitute in low fat, dry fermented sausages. *Meat Science*, v. 57, p. 387-393, 2001.

MORRIS, E. R. Assembly and rheology of non-starch polysaccharides. In: McCLEARY, B. V.; PROSKY, L. (Ed.). *Advanced dietary fiber technology*. Blackwell Science, 2001. 534 p.

MOTTRAM, D. S. Flavour formation in meat and meat a review products: a review. *Food Chemistry*, v. 62, n. 4, p. 415-424, 1998.

MOURTZINOS, I.; KIOSSEOGLOU, V. Protein interactions in comminuted meat gels containing emulsified corn oil. *Food Chemistry*, v. 90, n. 4, p. 699-704, 2005.

NINESS, K. R. Inulin and oligofructose: what are they? *J. Nutr.*, Bethesda, v. 129, n. 7, p. 1402S-1406S, 1999.

NILSEN. *Tendências e análises*, 2008. Disponível em: <<http://br.nielsen.com/pubs/tendências.shtml>>. Acesso em: 4 out. 2010

O'SULLIVAN, A. C. Cellulose: the structure slowly unravels. *Cellulose*, v. 4, p. 173-207, 1997.

PEARSON, A. M.; GILLET, T. A. *Processed meats*. New York: Chapman & Hall, 3. ed, 1996.

PEREIRA, A. D. *Efeito da adição de sangue tratado com monóxido de carbono sobre as características químicas e de cor de mortadela*. 2000. 98 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2000.

PERIAGO, M. J.; ROS, G.; LÓPEZ, G.; MARTINEZ, M. C.; RINCÓN, F. The dietary fiber components and their physiological effects. *Revista Española de Ciencia y Tecnol. Aliment.*, v. 33, n. 3, p. 229-246, 1993.

PHILLIPS, G. O.; CUI, S. W. An introduction: Evolution and finalization of the regulatory definition of dietary fiber. *Food Hydrocolloids*, v. 25, n. 2, p. 139-143, 2010.

PUOLANNE, E. J.; RUUSUNEN, M. H.; VAINIONPÄÄ, J. I. Combined effects of NaCl and raw meat pH on water – holding in cooked sausage with and without added phosphate. *Meat Science*, v. 58, n. 1, p. 1-7, 2001.

RABE, S.; KRINGS, U.; BERGER, R. G. Initial dynamic flavour release from sodium chloride solutions. *European Food Research and Technology*, v. 218, n. 1, p. 32-39, 2003.

RAMOS, E. M.; GOMIDE, L. A. M. *Avaliação da qualidade de carnes: fundamentos e metodologias*. Viçosa, MG: Editora UFV, 2007. 599 p.

RANKEN, M. D. *Handbook of meat product technology*. BSc Tech, CChem, MChemA, MFC, FRSC, FTFST, FInstM Consultant Food Technologist., 2000

ROBERFROID, M. B.; GIBSON, G. R.; DELZENNE, N. The biochemistry of oligofructose, a nondigestible fiber: an approach to calculate its caloric value. *Nutrition Reviews*, v. 51, n. 5, p. 137-146, 1993.

ROBERFROID, M. B.; van LOO, J.; GIBSON, G. R. The bifidogenic nature of chicory inulin and its hydrolysis products. *The Journal of Nutrition*, v. 128, n. 1, p. 11-19, 1998.

ROBERFROID, M.; CHAMP, M.; GIBSON, G. R. Nutritional and health benefits of inulin and oligofructose. *Br. J. Nutr.*, v. 87, n. 2, p. S139–S311, 2002.

REGENSTEIN, J. M. Meat batter: Why it is not an emulsion. In: RECIPROCAL MEAT CONFERENCE PROCEEDINGS, v. 41, p. 40-43, 1988.

RUIZ-CARRASCAL, J.; REGENSTEIN, J. Emulsion stability and water uptake ability of chicken breast muscle proteins as affected by microbial transglutaminase. *Journal of Food Science*, v. 67, n. 2, p. 734-739, 2000.

RUUSUNEN, M.; SIMOLIN, M.; PUOLANNE, E. The effect of fat content and flavor enhancers type' sausages on the perceived saltiness of cooked 'bologna'. *Journal of Muscle Foods*, v. 12, n. 2, p. 107-120, 2001.

SÁNCHEZ-ALONSO, I.; SOLAS, M. T.; BORDERÍAS, A. J. Technological implications of addition of wheat dietary fiber to giant squid (*Dosidicus gigas*) surimi gels. *Journal of Food Engineering*, v. 81, n. 2, p. 404-411, 2007.

SARIÇOBAN, C.; ÖZALP, B.; YILMAZ, M.T.; ÖZEN, G.; KARAKAYA, M.; AKBULUT, M. Characteristics of meat emulsion systems as influenced by different levels of lemon albedo. *Meat Science*, v. 80, n. 3, p. 599-60, 2008.

SCHENEEMAN, B. O. Soluble vs. insoluble fiber. Different physiological responses. *Food Technology*, v. 41, n. 2, p. 81-82, 1987.

SEBRANEK, J. G. Basic curing ingredients. In: TARTÉ, R. (Ed.). *Ingredients in meat products*. Madison: Wisconsin, USA: Springer Science, 2009. p. 1-23.

SELGAS, M. D.; CÁCERES, E.; GARCÍA, M. L. Long-chain soluble dietary fiber as functional ingredient in cooked meat sausages. *Food Science Technology International*, v. 11, n. 1, p. 41-47, 2005.

SERDAROGLU, M. Improving low fat meatball characteristics by adding whey powder. *Meat Science*, v. 72, n. 1, p. 155-163, 2006.

SHARP, A.; OFFER, G. The mechanism of formation of gels from myosin molecules. *Journal of The Science of Food and Agriculture*, v. 58, n. 1, p. 63-73, 1992.

SILVA, R. F. Use of inulin as a natural texture modifier. *Cereal Foods World*, v. 41, n. 10, p. 792-794, 1996.

SINGHAL, A. K.; GUPTA, A. K.; KULKARNI, P. R. Low calorie fat substitutes. *Trends in Food Science & Technology*, v. 2, n. 10, p. 241-244, 1991.

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

STEENBLOCK, R. L.; SEBRANEK, J. G.; OLSON, D. G.; LOVE, J. A. The effects of oat fiber on the properties of light Bologna and fat-free Frankfurters. *Journal of Food Science*, v. 66, n. 9, p. 1409-1415, 2001.

SUN, X. D.; HOLLEY, R. A. Factors influencing gel formation by myofibrillar proteins in muscle foods. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, v. 10, n. 1, p. 33-51, 2011.

SWIFT, C. E.; LOCKETT, C.; FRYAR, A. T. Comminuted meat emulsions. The capacity of meats for emulsifying fat. *Food Technology*, v. 15, n. 11, p. 468-473, 1961.

SWIFT, C. E.; TOWNSEND, W. E.; WITNAUER, L. P. Comminuted meat emulsions. Factors affecting meat proteins as emulsion stabilizers. *Food Technology*, v. 22, n. 6, p. 117-120, 1968.

TARLADGIS, B. G.; WATTS, B. M.; YONATHAN, M. Distillation method for the determination of malonaldehyde in rancid foods. *Journal of American Oil Chemistry Society*, v. 37, n. 1, p. 44-48, 1960.

TARTÉ, R. M. Ingredients in meat products. Wisconsin, USA: Springer Science, 2009. 419 p.

THEANDER, O. AMAN. The chemistry, morphology and analysis of dietary fiber components. In: INGLET, G. E.; FALKEHAG, S. I. (Ed.) *Dietary fibers chemistry and nutrition*. New York: Academic Press, 1979. p. 219-226

THEBAUDIN, J. Y.; LEFEBVRE, A. C.; HARRINGTON, M.; BOURGEOIS, C. M. Dietary fibers: Nutritional and technological interest. *Trends in Food Science & Technology*, v. 8, n. 2, p. 41-48. 1997.

TORRES, E. A. F. S.; CAMPOS, N. C.; DUARTE, M.; GARBELOTTI, M. L.; PHILIPPI, S.T.; RODRIGUES, R.S. M. Composição centesimal e valor calórico de alimentos de origem animal. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 20, n. 2, p. 145-150, 2000.

TOTOSAUS, A.; MONTEJANO, J. G.; SALAZAR, J. A.; GUERRERO, I. A review of physical and chemical protein-gel induction. *International Journal of Food Science and Technology*, v. 37, p. 589-601, 2002.

TROY, D. J.; DESMOND, E. M.; BUCKLEY, D. J. Eating quality of low-fat beef burgers containing fat –replacing functional blends. *J. Sci. Food Agric.*, v. 79, n. 4, p. 507-516, 1999.

VENTANAS, S.; PUOLANNE, E.; TUORILA, H. Temporal changes of flavour and texture in cooked bologna type sausages as affected by fat and salt content. *Meat Science*, v. 85, n. 3, p. 410-419, 2010.

VICKERY, A. P.; ROGERS, R. W. The use of fat replacers in fat-free summer sausage. *J. Muscle Foods*, v. 13, n. 3, p. 223-238, 2002b.

VICKERY, A. P.; ROGERS, R. W. The use of fat replacers in low-fat pepperoni sausage. *J. Muscle Foods*, v. 13, n. 3, p. 205-222, 2002a.

VIDIGAL, J. G. *características físicas, químicas, nutricionais e sensoriais de mortadelas contendo diferentes níveis de gordura, sangue tratado com monóxido de carbono e soro de leite*. 2010. 164 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.

VIUDA-MARTOS, M.; RUIZ-NAVAJAS, Y.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; PÉREZ-ALVAREZ, J. A. Effect of added citrus fibre and spice essential oils on quality characteristics and shelf-life of mortadella. *Meat Science*, v. 85, n. 3, p. 568-576, 2010.

VIUDA-MARTOS, M.; RUIZ-NAVAJAS, Y.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; PÉREZ-ALVAREZ, J. A. Effect of orange dietary fibre, oregano essential oil and packaging conditions on shelf-life of bologna sausages. *Food Control*, v. 21, n. 4, p. 436-443, 2009.

WHO – WORLD HEALTHY ORGANIZATION. *Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases*. Report of a Joint WHO/FAO Expert Consultation. WHO Technical. Report Series 916, Geneva, 2003.

WOUTERS, R. Inulin. In: IMESON, Alan. (Ed.). *Food stabilizers, thickeners and gelling agents*. Blackwell Publishing Ltd., 2010. 352 p.

XIONG, Y. L. Structure – function relationships of muscle proteins. In: DAMODARAN, S.; PARAF, A. *Food proteins and their applications*. New York: Marcel Dekker, 1997.

XIONG, Y. L.; BLANCHARD, S. P. Viscoelastic properties of myofibrillar protein-polysaccharide composite gels. *Journal of Food Science*, v. 58, n. 1, p. 164-167, 1993.

XIONG, Y. L.; LOU, X.; HARMON, R. J.; WANG, C.; MOODY, W. G. Salt and pyrophosphate – induced structural changes in myofibrils from chicken red and white muscles. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 80, n. 8, p. 1176-1182, 2000.

YANG, A.; KEETON, J. T.; BEILKEN, S. L.; TROUT, G. R. Evaluation of some binders and fat substitutes in low-fat frankfurters. *Journal Food Sci.*, v. 66, n. 7, p. 1039-1046, 2001.

YOO, S. S.; KOOK, S. H.; PARK, S. Y.; SHIM, J. H.; CHIN, K. B. Physicochemical characteristics, textural properties and volatile compounds in comminuted sausages as affected by various fat levels and fat replacers. *J. Food Science and Technology*, v. 42, n. 9, p. 1114-1122, 2007.

YOUSSEF, M. K.; BARBUT, S. Fat reduction in comminuted meat products-effects of beef fat, regular and pre-emulsified canola oil. *Meat Science*, v. 87, p. 356-360, 2011.

YOUSSEF, M. K.; BARBUT, S. Effects of protein level and fat/oil on emulsion stability, texture, microstructure and color of meat batters. *Meat Science*, v. 82, p. 228-233, 2009.

YU, J.; AHMEDNA, M.; GOKTEPE, I. Potential of peanut skin phenolic extract as antioxidative and antibacterial agent in cooked and raw ground beef. *International Journal of Food Science and Technology*, v. 45, n. 7, p. 1337-1344, 2010.

ZAYAS, J. F. Emulsifying properties of proteins. In: ZAYAS, J. F. (Ed.). *Functionality of proteins in food*. Berlin: Springer, 1997.

ZIEGLER, G. R.; ACTON, J. C. Mechanism of gel formation by proteins of muscle tissue. *Food Technology*, v. 38, n. 5, p. 77-82, 1984.

APÊNDICE

APÊNDICE A

Tabela 1A – Resumo da análise de variância dos teores de água, proteína, lipídios, resíduo mineral fixo (RMF) e carboidratos das formulações-controle (FC) e com adição de fibras funcionais (F1, F2 e F3)

F.V.	G.L.	Quadrado Médio				
		Água	Lipídios	Proteínas	RMF	Carboidratos
Formulações	3	5,8646	0,1492	0,1584	0,0029	0,3185
Resíduo	8	0,8308	0,2456	0,2014	0,0019	0,3808
P (F)		0,0123	0,5345	0,6286	0,2946	0,5108

Tabela 2A – Resumo da análise de variância da relação proteína/gordura (P/G) e do valor energético (VE) das formulações-controle (FC) e com adição de fibras funcionais (F1, F2 e F3)

F.V.	G.L.	Quadrado Médio	
		P/G	VE
Formulações	3	1,1944 x 10 ⁻⁴	31,9041
Resíduo	8	8,3333 x10 ⁻⁴	31,4915
P (F)		0,93311	0,436

Tabela 3A – Resumo da análise de variância do pH, atividade de água (Aa), TBARS, total de fluido exsudado (TFEX) e gordura exsudada (GEX) das formulações-controle (FC) e com adição de fibras funcionais (F1, F2 e F3)

F.V.	G.L.	Quadrado Médio				
		TBARS	pH	Aa	TFEX	GEX
Formulações	3	7,178 x 10 ⁻⁵	4,3056 x 10 ⁻⁴	1,1100x 0 ⁻⁶	24,2850	240,9816
Resíduo	8	1,8658 x 10 ⁻⁴	3,3200 x 10 ⁻³	5,1700x10 ⁻⁶	16,9927	241,685
P (F)		0,7671	0,8832	0,9367	0,3043	0,4422

Tabela 4A – Resumo da análise de variância das coordenadas de cor (**L***, **a*** e **b***) das formulações-controle (FC) e com adição de fibras funcionais (F1, F2 e F3)

F.V.	G.L.	Quadrado Médio		
		L*	a*	b*
Formulações	3	1,1251	1,0446	0,0718
Resíduo	8	2,3314	0,2372	0,1385
P (F)		0,7035	0,0416	0,6811

Tabela 5A – Resumo da análise de variância dos parâmetros da análise de perfil de textura (dureza, coesividade, elasticidade e mastigabilidade) das formulações-controle (FC) e com adição de fibras funcionais (F1, F2 e F3)

F.V.	G.L.	Quadrado Médio			
		Dureza	Coesividade	Elasticidade	Mastigabilidade
Formulações	3	524353	0,0013	0,0881	3178702
Resíduo	8	26888	0,0036	0,3386	1935963
P (F)		0,0005	0,7740	0,8521	0,2553

Tabela 6A – Resumo da análise de variância do teste de aceitação das formulações-controle (FC) e com adição de fibras funcionais (F1, F2 e F3)

F.V.	G.L.	Quadrado Médio	
		Aceitação em Relação ao Sabor	
Formulações	3	0,9650	
Resíduo	196	1,6064	
P (F)		0,6153	

Tabela 7A – Resumo da análise de variância dos teores de água, proteína, lipídios, resíduo mineral fixo (RMF) e carboidratos das formulações com adição de fibras funcionais (F1, F2 e F3)

F.V.	G.L.	Quadrado Médio				
		Água	Lipídios	Proteínas	RMF	Carboidratos
Formulações	2	0,4941	0,1827	0,0545	0,0024	0,0024
Resíduo	6	0,407	0,2203	0,1619	0,0004	0,3963
P (F)		0,3608	0,7267	0,4808	0,0430	0,9939

Tabela 8A – Resumo da análise de variância da relação proteína/gordura (P/G) e do valor energético (VE) das formulações com adição de fibras funcionais (F1, F2 e F3)

F.V.	G.L.	Quadrado Médio	
		VE	P/G
Formulações	2	32,5657	$1,1111 \times 10^{-4}$
Resíduo	6	19,8046	$9,0000 \times 10^{-4}$
P (F)		0,2695	0,9878

Tabela 9A – Resumo da análise de variância do pH, atividade de água (Aa), TBARS, total de fluido exsudado (TFEX) e gordura exsudada (GEX) das formulações com adição de fibras funcionais (F1, F2 e F3)

F.V.	G.L.	Quadrado Médio				
		TBARS	pH	Aa	TFEX	GEX
Formulações	2	1,8780x 10 ⁻⁵	1,4444x 10 ⁻⁴	1,4400x 10 ⁻⁶	35,1508	308,2385
Resíduo	6	1,7233x 10 ⁻⁴	2,5640x 10 ⁻³	4,5600x 10 ⁻⁶	12,3265	214,2408
P (F)		0,8985	0,9457	0,7398	0,1348	0,3087

Tabela 10A – Resumo da análise de variância das coordenadas de cor (**L***, **a*** e **b***) das formulações com adição de fibras funcionais (F1, F2 e F3)

F.V.	G.L.	Quadrado Médio		
		L*	a*	b*
Formulações	3	0,4447	0,3108	0,1075
Resíduo	8	2,2576	0,2275	0,1029
P (F)		0,8263	0,3244	0,4078

Tabela 11A – Resumo da análise de variância dos parâmetros da análise de perfil de textura (dureza, coesividade, elasticidade e mastigabilidade) das formulações com adição de fibras funcionais (F1, F2 e F3)

F.V.	G.L.	Quadrado Médio			
		Dureza	Coesividade	Elasticidade	Mastigabilidade
Formulações	3	558302	0,0011	0,0574	2748117
Resíduo	8	290900	0,0023	0,3912	1918663
P (F)		0,0025	0,6483	0,8665	0,3101

Tabela 12A – Resumo da análise de variância do teste de aceitação das formulações com adição de fibras funcionais (F1, F2 e F3)

F.V.	G.L.	Quadrado Médio	
		Aceitação em Relação ao Sabor	
Formulações	2	1,0067	
Resíduo	149	1,5806	
P (F)		0,5304	

Tabela 13A – Resumo da análise de variância dos teores de água, proteína, lipídios, resíduo mineral fixo (RMF) e carboidratos da formulação-controle (FC) e das mortadelas formuladas pela substituição de 25% de toucinho por carne ou fibras funcionais e água (F4, F5, F6 e F7)

F.V.	G.L.	Quadrado Médio				
		Água	Lipídios	Proteínas	RMF	Carboidratos
Formulações	4	7,2168	21,2208	1,0039	0,0030	0,2052
Resíduo	10	1,3203	1,5113	0,2279	0,0019	0,2606
P (F)		0,0135	0,0004	0,0261	0,2568	0,0559

Tabela 14A – Resumo da análise de variância das relações água / proteína (A/P) e proteína/gordura (P/G) e do valor energético (VE) da formulação-controle (FC) e das mortadelas formuladas pela substituição de 25% de toucinho por carne ou fibras funcionais e água (F4, F5, F6 e F7)

F.V.	G.L.	Quadrado Médio		
		P/G	A/P	VE
Formulações	4	0,0366	0,0895	1687,5296
Resíduo	10	0,007	0,0251	105,3499
P (F)		0,0158	0,0473	0,0473

Tabela 15A – Resumo da análise de variância do pH, atividade de água (Aa), TBARS, total de fluido exsudado (TFEX) e gordura exsudada (GEX) da formulação-controle (FC) e das mortadelas formuladas pela substituição de 25% de toucinho por carne ou fibras funcionais e água (F4, F5, F6 e F7)

F.V.	G.L.	Quadrado Médio				
		TBARS	pH	Aa	TFEX	GEX
Formulações	4	3,070x10 ⁻⁴	0,0014	6,1700 x 10 ⁻⁶	28,521	429,294
Resíduo	10	1,7507x10 ⁻⁴	0,0017	7,6770 x 10 ⁻⁶	19,958	157,433
P (F)		0,2146	0,5247	0,5496	0,294	0,0903

Tabela 16A – Resumo da análise de variância das coordenadas de cor (**L***, **a*** e **b***) da formulação-controle (FC) e das mortadelas formuladas pela substituição de 25% de toucinho por carne ou fibras funcionais e água (F4, F5, F6 e F7)

F.V.	G.L.	Quadrado Médio		
		L*	a*	b*
Formulações	4	0,6945	0,1400	0,1253
Resíduo	10	1,6010	0,2339	0,1627
P (F)		0,7815	0,6721	0,5688

Tabela 17A – Resumo da análise de variância dos parâmetros da análise de perfil de textura (dureza, coesividade, elasticidade e mastigabilidade) da formulação-controle (FC) e das mortadelas formuladas pela substituição de 25% de toucinho por carne ou fibras funcionais e água (F4, F5, F6 e F7)

F.V.	G.L.	Quadrado Médio			
		Dureza	Coesividade	Elasticidade	Mastigabilidade
Formulações	4	506010,56	0,0025	0,5662	6504852
Resíduo	10	75274,92	0,0022	0,0794	1489890
P (F)		0,0068	0,3999	0,0055	0,0267

Tabela 18A – Resumo da análise de variância do teste de aceitação da formulação-controle (FC) e das mortadelas formuladas pela substituição de 25% de toucinho por carne ou fibras funcionais e água (F4, F5, F6 e F7)

F.V.	G.L.	Quadrado Médio	
		Aceitação em Relação ao Sabor	
Formulações	4	1,5531	
Resíduo	196	0,3658	
P (F)		0,2629	

Tabela 19A – Resumo da análise de variância dos teores de água, proteína, lipídios, resíduo mineral fixo (RMF) e carboidratos das mortadelas formuladas pela substituição de 25% de toucinho por carne ou fibras funcionais e água (F4, F5, F6 e F7)

F.V.	G.L.	Quadrado Médio				
		Água	Lipídios	Proteínas	RMF	Carboidratos
Formulações	3	2,3342	1,8521	1,2990	0,0019	0,1797
Resíduo	8	1,1348	1,8087	0,2048	0,0007	0,2421
P (F)		0,182	0,4318	0,0165	0,1257	0,5562

Tabela 20A – Resumo da análise de variância das relações proteína/gordura (P/G) e água/proteína (A/P), e do valor energético (VE) das mortadelas formuladas pela substituição de 25% de toucinho por carne ou fibras funcionais e água (F4, F5, F6 e F7)

F.V.	G.L.	Quadrado Médio		
		P/G	A/P	VE
Formulações	3	0,0052	0,0996	204,1795
Resíduo	8	0,0086	0,1190	115,0481
P (F)		0,6304	0,0770	0,2296

Tabela 21A – Resumo da análise de variância do pH, atividade de água (Aa), TBARS, total de fluido exsudado (TFEX) e gordura exsudada (GEX) das mortadelas formuladas pela substituição de 25% de toucinho por carne ou fibras funcionais e água (F4, F5, F6 e F7)

F.V.	G.L.	Quadrado Médio				
		TBARS	pH	Aa	TFEX	GEX
Formulações	3	3,8297x10 ⁻⁴	0,002	1,42x10 ⁻⁶	12,7609	122,0920
Resíduo	8	1,6150x10 ⁻⁴	8x10 ⁻⁴	6,00x10 ⁻⁶	17,1998	115,7874
P (F)		0,1463	0,161	0,8688	0,5564	0,4203

Tabela 22A – Resumo da análise de variância das coordenadas de cor (**L***, **a*** e **b***) das mortadelas formuladas pela substituição de 25% de toucinho por carne ou fibras funcionais e água (F4, F5, F6 e F7)

F.V.	G.L.	Quadrado Médio		
		L*	a*	b*
Formulações	3	0,8887	0,1511	0,1648
Resíduo	8	1,3631	0,2257	0,1421
P (F)		0,6037	0,5942	0,3833

Tabela 23A – Resumo da análise de variância dos parâmetros da análise de perfil de textura (dureza, coesividade, elasticidade e mastigabilidade) das mortadelas formuladas pela substituição de 25% de toucinho por carne ou fibras funcionais e água (F4, F5, F6 e F7)

F.V.	G.L.	Quadrado Médio			
		Dureza	Coesividade	Elasticidade	Mastigabilidade
Formulações	3	115322	0,0008	0,1225	11102270
Resíduo	8	890230	0,0009	0,0541	13655396
P (F)		0,3408	0,5156	0,1582	0,5216

Tabela 24A – Resumo da análise de variância do teste de aceitação das mortadelas formuladas pela substituição de 25% de toucinho por carne ou fibras funcionais e água (F4, F5, F6 e F7)

F.V.	G.L.	Quadrado Médio	
		Aceitação em Relação ao Sabor	
Formulações	3	3,8583	
Resíduo	246	1,2654	
P (F)		0,0298	

Tabela 25A – Resumo da análise de variância dos teores de água, proteína, lipídios, resíduo mineral fixo (RMF) e carboidratos da formulação-controle (FC) e das mortadelas formuladas pela substituição de 50% de toucinho por carne ou fibras funcionais e água (F8, F9, F10 e F11)

F.V.	G.L.	Quadrado Médio				
		Água	Lipídios	Proteínas	RMF	Carboidratos
Formulações	4	33,9866	59,7960	2,6469	0,0066	0,5215
Resíduo	10	0,5947	0,3900	0,1489	0,0097	0,3337
P (F)		<0,0001	<0,0001	0,0002	0,6187	0,2579

Tabela 26A – Resumo da análise de variância das relações proteína / gordura (P/G) e água/proteína (A/P), e do valor energético (VE) da formulação-controle (FC) e das mortadelas formuladas pela substituição de 50% de toucinho por carne ou fibras funcionais e água (F8, F9, F10 e F11)

F.V.	G.L.	Quadrado Médio		
		P/G	A/P	VE
Formulações	4	0,1995	0,4760	4735,9300
Resíduo	10	0,0037	0,0322	30,5756
P (F)		<0,0001	0,0003	<0,0001

Tabela 27A – Resumo da análise de variância do pH, atividade de água (Aa), TBARS, total de fluido exsudado (TFEX) e gordura exsudada (GEX) da formulação-controle (FC) e das mortadelas formuladas pela substituição de 50% de toucinho por carne ou fibras funcionais e água (F8, F9, F10 e F11)

F.V.	G.L.	Quadrado Médio				
		TBARS	pH	Aa	TFEX	GEX
Formulações	4	1,151x10 ⁻⁴	0,0083	1,35x10 ⁻⁶	67,3301	1785,5142
Resíduo	10	1,166x10 ⁻⁴	0,0092	1,43x10 ⁻⁶	7,3848	34,3231
P (F)		0,4575	0,4958	0,4788	0,0023	<0,0001

Tabela 28A – Resumo da análise de variância das coordenadas de cor (**L***, **a*** e **b***) da formulação-controle (FC) e das mortadelas formuladas pela substituição de 50% de toucinho por carne ou fibras funcionais e água (F8, F9, F10 e F11)

F.V.	G.L.	Quadrado Médio		
		L*	a*	b*
Formulações	4	3,5004	0,4016	0,0557
Resíduo	10	2,9437	0,2721	0,2755
P (F)		0,3733	0,2808	0,9314

Tabela 29A – Resumo da análise de variância dos parâmetros da análise de perfil de textura (dureza, coesividade, elasticidade e mastigabilidade) da formulação-controle (FC) e das mortadelas formuladas pela substituição de 50% de toucinho por carne ou fibras funcionais e água (F8, F9, F10 e F11)

F.V.	G.L.	Quadrado Médio			
		Dureza	Coesividade	Elasticidade	Mastigabilidade
Formulações	4	7285527	0,0192	0,8954	134169281
Resíduo	10	77924	0,0044	0,0411	6655078
P (F)		<,0001	0,0263	<,0001	<,0001

Tabela 30A – Resumo da análise de variância do teste de aceitação da formulação-controle (FC) e das mortadelas formuladas pela substituição de 50% de toucinho por carne ou fibras funcionais e água (F8, F9, F10 e F11)

F.V.	G.L.	Quadrado Médio	
		Aceitação em Relação ao Sabor	
Formulações	4	5,9972	
Resíduo	246	1,2408	
P (F)		0,0009	

Tabela 31A – Resumo da análise de variância dos teores de água, proteína, lipídios, resíduo mineral fixo (RMF) e carboidratos das mortadelas formuladas pela substituição de 50% de toucinho por carne ou fibras funcionais e água (F8, F9, F10 e F11)

F.V.	G.L.	Quadrado Médio				
		Água	Lipídios	Proteínas	RMF	Carboidratos
Formulações	3	2,5081	1,0955	3,5255	0,0083	0,6479
Resíduo	8	0,2179	0,4072	0,1061	0,0105	0,3336
P (F)		0,0028	0,1170	<0,0001	0,5326	0,2014

Tabela 32A – Resumo da análise de variância das relações proteína / gordura (P/G) e água/proteína (A/P) e, do valor energético (VE) das mortadelas formuladas pela substituição de 50% de toucinho por carne ou fibras funcionais e água (F8, F9, F10 e F11)

F.V.	G.L.	Quadrado Médio		
		P/G	A/P	VE
Formulações	3	0,0545	0,3770	81,1748
Resíduo	8	0,0044	0,0201	21,5812
P (F)		0,0023	0,0006	0,0595

Tabela 33A – Resumo da análise de variância do pH, atividade de água (Aa), TBARS, total de fluido exsudado (TFEX) e gordura exsudada (GEX) das mortadelas formuladas pela substituição de 50% de toucinho por carne ou fibras funcionais e água (F8, F9, F10 e F11)

F.V.	G.L.	Quadrado Médio				
		TBARS	pH	Aa	TFEX	GEX
Formulações	3	1,16 x10 ⁻⁴	0,0097	6,75 x10 ⁻⁶	2,0776	5,1489
Resíduo	8	9,126 x10 ⁻⁵	0,0102	1,43 x10 ⁻⁶	1,4832	3,4143
P (F)		0,3474	0,4609	0,7109	0,3117	0,2850

Tabela 34A – Resumo da análise de variância das coordenadas de cor (**L***, **a*** e **b***) das mortadelas formuladas pela substituição de 50% de toucinho por carne ou fibras funcionais e água (F8, F9, F10 e F11)

F.V.	G.L.	Quadrado Médio		
		L*	a*	b*
Formulações	3	3,0141	0,5235	0,0112
Resíduo	8	3,0415	0,2736	0,2831
P (F)		0,4446	0,2059	0,9887

Tabela 35A – Resumo da análise de variância dos parâmetros da análise de perfil de textura (dureza, coesividade, elasticidade e mastigabilidade) das mortadelas formuladas pela substituição de 50% de toucinho por carne ou fibras funcionais e água (F8, F9, F10 e F11)

F.V.	G.L.	Quadrado Médio			
		Dureza	Coesividade	Elasticidade	Mastigabilidade
Formulações	3	6735615	0,0068	0,0079	116333267
Resíduo	8	9233340	0,0036	0,0062	782188200
P (F)		<0,0001	0,2103	0,3425	0,0012

Tabela 36A – Resumo da análise de variância do teste de aceitação das mortadelas formuladas pela substituição de 50% de toucinho por carne ou fibras funcionais e água (F8, F9, F10 e F11)

F.V.	G.L.	Quadrado Médio	
		Aceitação em Relação ao Sabor	
Formulações	3	5,6183	
Resíduo	196	1,1283	
P (F)		0,0024	

Tabela 37A – Resumo da análise de variância dos teores de água, proteína, lipídios, resíduo mineral fixo (RMF), carboidratos e valor energético (VE) do contraste entre médias (F4+F5+F6+F7) - (F8+F9+F10+F11)

F.V.	G.L.	Quadrado Médio					
		Água	Lipídios	Proteínas	RMF	Carboidratos	VE
Contraste	1	110,7680	104,0830	0,1426	0,0360	0,0590	8528,1170
Resíduo	16	0,6714	1,1079	0,1555	0,0056	0,2879	68,3147
P (F)		< 0,0001	< 0,0001	0,3524	0,0221	0,6568	< 0,0001

Tabela 38A – Resumo da análise de variância do pH, atividade de água (Aa), TBARS, total de fluido exsudado (TFEX) e gordura exsudada (GEX) do contraste entre médias (F4+F5+F6+F7) - (F8+F9+F10+F11)

F.V.	G.L.	Quadrado Médio				
		TBARS	pH	Aa	TFEX	GEX
Contraste	1	7,0416x10 ⁻⁶	0,0135	4,1666 x10 ⁻⁶	141,1350	1271,8160
Resíduo	16	1,2600 x10 ⁻⁴	0,0064	1,108 x10 ⁻⁵	9,3415	59,6001
P (F)		0,8161	0,1661	0,5484	0,0013	0,0003

Tabela 39A – Resumo da análise de variância das coordenadas de cor (**L***, **a*** e **b***) do contraste entre médias (F4+F5+F6+F7) - (F8+F9+F10+F11)

F.V.	G.L.	Quadrado Médio		
		L*	a*	b*
Contraste	1	16,4011	0,6667	0,3105
Resíduo	16	2,2022	0,2496	0,2126
P (F)		0,0149	0,1217	0,2444

Tabela 40A – Resumo da análise de variância dos parâmetros da análise de perfil de textura (dureza, coesividade, elasticidade e mastigabilidade) do contraste entre médias (F4+F5+F6+F7) - (F8+F9+F10+F11)

F.V.	G.L.	Quadrado Médio			
		Dureza	Coesividade	Elasticidade	Mastigabilidade
Contraste	1	7185031	0,0561	0,6468	199642247
Resíduo	16	9067800	0,0023	0,0301	459363900
P (F)		< 0,0001	0,0001	0,0003	< 0,0001

Tabela 41A – Resumo da análise de variância do teste de aceitação do contraste entre médias (F4+F5+F6+F7) - (F8+F9+F10+F11)

F.V.	G.L.	Quadrado Médio
		Aceitação em Relação ao Sabor
Contraste	1	0,2500
Resíduo	392	1,1968
P value		0,6479

Tabela 42A – Resumo da análise de variância dos teores de água, proteína, lipídios, resíduo mineral fixo (RMF), carboidratos e valor energético (VE) do contraste entre médias (F1+F2+F3) - (F5+F6+F7)

F.V.	G.L.	Quadrado Médio					
		Água	Lipídios	Proteínas	RMF	Carboidratos	VE
Contraste	1	130,0347	149,1840	0,4050	0,0296	0,0000	11526,6805
Resíduo	12	0,8971	1,2157	0,1549	0,0006	0,3051	80,3173
P (F)		< 0,0001	< 0,0001	0,1319	< 0,0001	0,9333	< 0,0001

Tabela 43A – Resumo da análise de variância do pH, atividade de água (Aa), TBARS, total de fluido exsudado (TFEX) e gordura exsudada (GEX) do contraste entre médias (F1+F2+F3) - (F5+F6+F7)

F.V.	G.L.	Quadrado Médio				
		TBARS	pH	Aa	TFEX	GEX
Contraste	1	1,8050x10 ⁻⁴	0,0014	3,2 x10 ⁻⁵	69,5020	1032,6998
Resíduo	12	1,8378x10 ⁻⁴	0,0015	8,11x10 ⁻⁶	17,9063	186,5631
P (F)		0,3412	0,3424	0,7030	0,0723	0,0365

Tabela 44A – Resumo da análise de variância das coordenadas de cor (L*, a* e b*) do contraste entre médias (F1+F2+F3) - (F5+F6+F7)

F.V.	G.L.	Quadrado Médio		
		L*	a*	b*
Contraste	1	1,8304	2,4494	0,2057
Resíduo	12	1,9018	0,2665	0,1083
P (F)		0,3459	0,0094	0,6350

Tabela 45A – Resumo da análise de variância dos parâmetros da análise de perfil de textura (dureza, coesividade, elasticidade e mastigabilidade) do contraste entre médias (F1+F2+F3) - (F5+F6+F7)

F.V.	G.L.	Quadrado Médio			
		Dureza	Coesividade	Elasticidade	Mastigabilidade
Contraste	1	687933	0,0040	1,8240	14649400
Resíduo	12	307230	0,0016	0,2286	16054300
P (F)		0.0005	0,1407	0,0153	0,0106

Tabela 46A – Resumo da análise de variância do teste de aceitação do contraste entre médias (F1+F2+F3) - (F5+F6+F7)

F.V.	G.L.	Quadrado Médio	
		Aceitação em Relação ao Sabor	
Contraste	1	5,0700	
Resíduo	294	1,4723	
P(F)		0,0645	

Tabela 47A – Resumo da análise de variância dos teores de água, proteína, lipídios, resíduo mineral fixo (RMF), carboidratos e valor energético (VE) do contraste entre médias (F1+F2+F3) - (F9+F10+F11)

F.V.	G.L.	Quadrado Médio					
		Água	Lipídios	Proteínas	RMF	Carboidratos	VE
Contraste	1	33,2656	33,4834	0,0093	0,0035	0,0144	2726,9267
Resíduo	12	0,3404	0,3302	0,1474	0,0037	0,3295	23,2897
P (F)		< 0,0001	< 0,0001	0,8055	0.3521	0,8376	< 0,0001

Tabela 48A – Resumo da análise de variância do pH, atividade de água (Aa), TBARS, total de fluido exsudado (TFEX) e gordura exsudada (GEX) do contraste entre médias (F1+F2+F3) - (F9+F10+F11)

F.V.	G.L.	Quadrado Médio				
		TBARS	pH	Aa	TFEX	GEX
Contraste	1	1,3889x10 ⁻⁴	5,5555x10 ⁻⁶	5,5555x10 ⁻⁶	12,9032	173,4764
Resíduo	12	1,4294x10 ⁻⁴	0,0089	1,2670x10 ⁻⁶	7,4572	114,5887
P (F)		0,3437	0,9805	0,5203	0,2130	0,2421

Tabela 49A – Resumo da análise de variância das coordenadas de cor (**L***, **a*** e **b***) do contraste entre médias (F1+F2+F3) - (F9+F10+F11)

F.V.	G.L.	Quadrado Médio		
		L*	a*	b*
Contraste	1	3,9200	1,0120	0,2005
Resíduo	12	3,0929	0,7401	0,1520
P (F)		0,2823	0,0997	0,2731

Tabela 50A – Resumo da análise de variância dos parâmetros da análise de perfil de textura (dureza, coesividade, elasticidade e mastigabilidade) do contraste entre médias (F1+F2+F3) - (F9+F10+F11)

F.V.	G.L.	Quadrado Médio			
		Dureza	Coesividade	Elasticidade	Mastigabilidade
Contraste	1	516249	0,0144	0,3990	22553917
Resíduo	12	654120	0,0020	0,1996	22022790
P (F)		0,0158	0,0202	0,1828	0,0076

Tabela 51A – Resumo da análise de variância do teste de aceitação do contraste entre médias (F1+F2+F3) - (F9+F10+F11)

F.V.	G.L.	Quadrado Médio	
		Aceitação em Relação ao Sabor	
Contraste	1	0,0530	
Resíduo	12	1,3182	
P(F)		0,8407	

ANEXOS

ANEXO A

ESPECIFICAÇÕES QUÍMICAS DA FIBRA VITACEL® WF 600

Data sheet

Grade
WF 600

VITACEL®

Wheat Fibre

Characteristics

VITACEL® Wheat Fibre WF 600 is a bright, microfine dietary fibre produced by a special process from the structure building components of the wheat plant.

Its multifunctional and physical characteristics give VITACEL® Wheat Fibre a wide range of applications in the food industry.

Analysis

dietary fibre content (acc. to AOAC-method)*	min.	97 % i. d.s.
of which: insoluble dietary fibre		94.5 %
soluble dietary fibre		2.5 %
loss on drying	max.	8 %
ash	max.	3 %
protein*		0.4 %
fat*		0.2 %
phytic acid*		negative
gluten		< 10 mg/kg
pH-value (10 % suspension)		6.5 +/- 1.5
average fibre length		80 µm
average fibre thickness		20 µm

Composition of dietary fibre

cellulose*		74 %
hemicellulose*		26 %
lignin	max.	0.5 %

Microbiological analysis

standard plate count	max.	5 x 10 ³ cfu/g
yeasts and moulds	max.	2 x 10 ² cfu/g
aflatoxines		not detectable
Salmonella		negative in 25 g

(* typical value)

Heavy metals

arsenic	max.	3 mg/kg
lead	max.	5 mg/kg
mercury	max.	1 mg/kg
cadmium	max.	1 mg/kg

Pesticides and fungicides

The analyzed residue is lower than the official stipulations in the ordinance for maximum amounts of plant protectives.

Physical data

water binding capacity (AACC-method)*		4.2 g H ₂ O/g d.s. - 5.5 g H ₂ O/g d.s.
oil absorption*	min.	3.7 g oil/g d.s.
a _w -value*		0.44
calorific value/g*		0.09 kcal resp. 0.39 kJ
bulk density (in accordance with DIN 53 468)		200 g/l - 240 g/l

Sensory properties

appearance	white, powder
flavour	neutral
odour	neutral

Screen analysis (in accordance with DIN 53 734/air jet sieve)

> 100 µm	0 % - 2 %
> 32 µm	15 % - 45 %

Declaration

VITACEL® Wheat Fibre WF 600 is a foodstuff which can be added to all other foodstuffs, provided that no other special instructions have to be observed due to the composition of these foodstuffs.

We recommend a declaration as Wheat Fibre or Wheat Plant Fibre.
Please consider the regulation for foodstuff of your country.

Packaging and storage

Packed in multi-layer 20 kgs paper-bags with PE-liner.
960 kgs/palett; average measurement (in cm): 130 x 90 x 215.
480 kgs/palett; average measurement (in cm): 130 x 90 x 120.
Shelf life is at least 5 years if stored at room temperature in dry conditions.

(* typical value)



J. RETTENMAIER & SÖHNE GMBH + CO
Fibres designed by Nature
Holzmühle 1
D-73494 Rosenberg

Telephone: +49 7967/152-0
Telefax: +49 7967/152-222
E-Mail: food@jrs.de
www.jrs.de

08

ANEXO B

ESPECIFICAÇÕES QUÍMICAS DA FIBRA ORAFI®GR (BENEO)

GARANTIA DA QUALIDADE

Endereço Av. Jorge Bei Maluf, 2163



Telefone/Fax +54 11 4239-0600 /

Certificado de análise

Data : 26.08.201

Página: 1 / 3

Dados do material / lote

Material	: ORAFI (Beneo) GR	0025
Código	: 16263114988	
Lote	: RRVGJ0DGJ0	
Fabricação	: 01.06.2010	
Validade	: 01.06.2013	

- 1) Estes dados refletem os resultados dos controles realizados sobre uma amostra representativa e não eximem o cliente de realizar seu controle no recebimento deste material / lote.
- 2) A empresa não se responsabiliza pelo uso inadequado que se faça do produto ou da informação que lhe foi enviada.
- 3) Este certificado foi emitido eletronicamente pela Garantia da Qualidade e não precisa ser assinado.

Característica/Método de inspeção	Especificação	Resultado
Matéria Seca BRRH5057 - Matéria Seca	95,5 - 98,5	97,3 %
Valor pH (10° Brix) BRRH5033 - pH	5,0 - 7,0	6,5
Condutividade (uS) BRRH5059 - Condutividade	0,0 - 249,0	36,0 µs
Sacarose (base seca) BRRH5038 - AOAC 997.08 Fructanos	0,0 - 8,0	7,4 %
Inulina (base seca) BRRH5038 - AOAC 997.08 Fructanos	90,0 - 100,0	91,4 %
Glicose e Frutose (base seca) BRRH5038 - AOAC 997.08 Fructanos	0,0 - 4,0	1,2 %

C e r t i f i c a d o d e a n á l i s e

Data : 26.08.2010

Página: 2 / 3

Dados do material / lote

Material : ORAFTI (Beneo) GR 0025
 Código : 16263114988
 Lote : RRVGJ0DGJ0
 Fabricação : 01.06.2010
 Validade : 01.06.2013

Característica/Método de inspeção	Especificação	Resultado
Contagem total em placa (ufc/g) BRRH5023 - IDW 1 met 509 paragr.35 LMBG	0,0 - 1000,0	0,0 CBU/g
Contagem de leveduras (ufc/g) BRRH5024 - IDW 1 met 542 paragr.35 LMBG	0,0 - 20,0	0,0 CBU/g
Contagem de Bolores (ufc/g) BRRH5024 - IDW 1 met 542 paragr.35 LMBG	0,0 - 20,0	0,0 CBU/g
Limpidez (Solução de 10gr / 0,1 lt) BRRH5111 - Cor da solução	Conforme	Conforme
Cor Visual (Branca) BRDG0021-Cor Plena (visual) - Fibras	Conforme	Conforme
Sabor (Levemente doce) BRBA0272-Teor A Considerar	Líquido Conforme	Conforme
Granulometria (MasterSize D0,1) BRRH5080 - Granulometria	50 -	56 µm
Granulometria (MasterSize D0,8) BRRH5080 - Granulometria	165,0 -	243,0 µm

C e r t i f i c a d o d e a n á l i s e

Data : 26.08.2010

Página: 3 / 3

Dados do material / lote

Material : ORAFTI (Beneo) GR 0025
 Código : 16263114988
 Lote : RRVGJ0DGJ0
 Fabricação : 01.06.2010
 Validade : 01.06.2013

Característica/Método de inspeção	Especificação	Resultado
Origem: ORAFTI (Chile) BRAFO908-Aspecto	Conforme	Conforme
MasterSizer D0,1: Dimensão máxima dos 10% das menores partículas.Valores INDICATIVOS, não devem ser considerados como garantia ou especificação.		
MasterSizer D0,8: Dimensão mínima dos 20% das maiores partículas.Valores INDICATIVOS, não devem ser considerados como garantia ou especificação		
É inodoro ou possui leve odor característico de inulina.		

C e r t i f i c a d o d e a n á l i s eData : 26.08.2010
Página: 3 / 3

Dados do material / lote

Material	: ORAFTI (Beneo) GR	0025
Código	: 16263114988	
Lote	: RRVGJODGJ0	
Fabricação	: 01.06.2010	
Validade	: 01.06.2013	

Característica/Método de inspeção	Especificação	Resultado
-----------------------------------	---------------	-----------

Origem: ORAFTI (Chile)		Conforme
------------------------	--	----------

Conforme

BRAFO908-Aspecto

MasterSizer D0,1:

Dimensão máxima dos 10% das menores partículas.Valores INDICATIVOS, não devem ser considerados como garantia ou especificação.

MasterSizer D0,8:

Dimensão mínima dos 20% das maiores partículas.Valores INDICATIVOS, não devem ser considerados como garantia ou especificação

É inodoro ou possui leve odor característico de inulina.