



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

EFEITO DA ADIÇÃO DE FIBRAS COMO SUBSTITUTOS DE GORDURA EM MORTADELA

ANDREA CARLA DA SILVA BARRETTO

Engenheira de Alimentos
Mestre em Tecnologia de Alimentos

Profa. Dra. MARISE A. RODRIGUES POLLONIO

Orientadora

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas para obtenção do Título de Doutor em Tecnologia de Alimentos.

Campinas
2007

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA FEA – UNICAMP

B275e Barretto, Andrea Carla da Silva
Efeito da adição de fibras como substitutos de gordura em mortadela / Andrea Carla da Silva Barretto. -- Campinas, SP: [s.n.], 2007.

Orientador: Marise Aparecida Rodrigues Pollonio
Tese (doutorado) – Universidade Estadual de
Campinas.Faculdade de Engenharia de Alimentos

1. Mortadela. 2. Substitutos de gordura. 3. Fibras. 4. Alimentos funcionais. 5. Análise sensorial. I. Pollonio, Marise Aparecida Rodrigues. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos. III. Título.

(cars/fea)

Titulo em ingles: Effect of the addition of fibers as fat substitutes in Bologna sausage
Palavras-chave em inglês (Keywords): Bologna sausage, Fat substitutes, Dietary fibers,
Functional food, Sensory analyses

Titulação: Doutor em Tecnologia de Alimentos

Banca examinadora: Marise Aparecida Rodrigues Pollonio

Massami Shimokomaki

Elizabeth Aparecida Ferraz da Silva Torres

Maria Teresa Bertoldo Pacheco

Expedito Tadeu Facco Silveira

Pedro Eduardo de Felício

Data da defesa: 25/05/2007

Programa de Pós Graduação: Programa em Tecnologia de Alimentos

BANCA EXAMINADORA

**Prof^a. Dr^a. Marise Aparecida Rodrigues Pollonio
(Orientadora)**

**Prof. Dr. Massami Shimokomaki
DTA / UEL
(Membro)**

**Prof^a. Dr^a. Elizabeth A. F. S. Torres
FSP / USP
(Membro)**

**Dr^a. Maria Teresa Bertoldo Pacheco
Química / ITAL
(Membro)**

**Dr. Exedito Tadeu Facco Silveira
CTC / ITAL
(Membro)**

**Prof. Dr. Pedro Eduardo de Felício
UNICAMP/DTA
(Membro)**

*Dedico este trabalho a meus pais Lauricério e Vera,
aos meus irmãos,
ao Paulo, meu marido e
aos meus filhos Bruno e Beatriz*

AGRADECIMENTOS

À DEUS, por mais esta conquista. Muito obrigada!!!

A Profa. Dr^a. Marise Aparecida Rodrigues Pollonio pela orientação, amizade e oportunidade de realizar este programa de doutorado;

A CAPES pela concessão da bolsa de estudos;

Ao Departamento de Tecnologia de Alimentos, FEA/UNICAMP onde fui bem recebida e consegui apoio para realizar minha pesquisa;

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

Aos funcionários da FEA, Adauto, Ana Lourdes, Ana Maria, Bernadete, Betty, Cosme, Creusa, Dirce, Iara, Jaime, Marlene, Priscila e Renata. E as estagiárias do Laboratório de Carnes e Processos: Simone, Juliana, Elaine, Michele, pelo apoio em todos os momentos solicitados;

Ao José Roberto e Judite pelo convívio, sugestões e amizade.

Aos Professores da FEA, em especial à Dr^a. Helena Bollini e Dr^a. Maria Isabel Rodrigues, pelas sugestões dadas no trabalho;

A Prof^a. Dr^a. Mirna L. Gigante pelo apoio e amizade.

Ao Frigorífico Marba Ltda, em especial ao Cirso da Silva Lima que permitiu parte da realização deste trabalho nas instalações, e também algumas análises; e Marta A. Gabira pelas informações de consumo e pela amizade.

Ao Frigorífico Martini Ltda, em especial ao Marco Martini que permitiu parte da realização deste trabalho nas instalações, e Antonio Ponzio pelo auxílio e colaboração na execução;

À J. Rettenmaier Latinoamericana Ltda, em especial ao Eng. Neygmar Cyrino, pela doação das fibras de trigo e de aveia, pela ajuda sempre que solicitado e pela amizade.

À Clariant S.A., em especial ao Eng. Jorge Camigauchi e Eng. João Marcelo Teles, pela doação da inulina e auxílio quando solicitados.

Às amigas Renata Torrezan, Cristina, Maristela, Raquel, Anna Cecília, por todos os momentos, alegres e difíceis, compartilhados e pela amizade construída durante a realização deste trabalho;

A todos os colegas e amigos da pós-graduação em especial ao Guilherme, Lílian, Daniela, Eduardo, Manoel, Sérgio, Luciana;

Às minhas amigas de Indaiatuba: Adriana Gusmão, Adriana Caramori, Cristina, Marta, Lucimar, Marina, Simone, Maria Antônia, pelo apoio e ajuda com os meus filhos;

Ao meu marido, amigo e companheiro de todas as horas, meu agradecimento pelo apoio e incentivo recebido;

Aos meus pais, pela minha formação e pelo que representam em minha vida.

Aos meus filhos Bruno e Beatriz, pelos momentos de alegria.

Obrigada a todos.

ÍNDICE

	Pág.
ÍNDICE.....	ix
LISTA DE TABELAS.....	xiii
LISTA DE FIGURAS.....	xix
RESUMO.....	xxi
ABSTRACT.....	xxiii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	5
2.1 Objetivos gerais.....	5
2.2 Objetivos específicos.....	5
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	7
3.1. Caracterização de produtos cárneos emulsionados.....	7
3.1.1. Fatores que afetam a formação e estabilidade da emulsão.....	9
3.2. Mortadela: aspectos legais.....	12
3.3. Tendências atuais no processamento de produtos cárneos.....	14
3.3.1. Produtos com baixo teor de sal.....	15
3.3.2. Produtos com “baixo teor de gordura” ou com “teor reduzido de gordura”.....	16
3.3.2.1. Classificação dos substitutos de gordura.....	18
3.3.3. Incorporação de ingredientes funcionais em produtos alimentícios: ênfase para fibras.....	24
3.3.3.1. Inulina, fibra de trigo e fibra de aveia.....	32
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	35
4.1 Avaliação dos substitutos de gordura.....	35
4.1.1. Capacidade de retenção de água.....	36
4.1.2. Aplicação dos substitutos de gordura na mortadela com baixo teor de gordura.....	36
4.1.3. Métodos analíticos utilizados.....	38

4.2	Influência de três tipos de fibras como substitutos de gordura em mortadela.....	38
4.2.1.	Processamento.....	39
4.2.2.	Delineamento experimental para as três variáveis.....	39
4.2.3.	Fibras utilizadas.....	43
4.2.4.	Métodos analíticos utilizados na avaliação dos produtos finais e frequência (em dias) deste experimento.....	44
4.3.	Efeito do teor reduzido de gordura e adição de fibra de trigo em mortadela.....	45
4.3.1.	Processamento.....	45
4.3.2.	Delineamento experimental para as duas variáveis.....	46
4.3.3.	Métodos analíticos utilizados na avaliação dos produtos finais e frequência (em dias) deste experimento.....	48
4.4.	Validação do processo.....	48
4.4.1.	Processamento.....	48
4.4.2.	Métodos analíticos utilizados na avaliação dos produtos finais e frequência (em dias) deste experimento.....	49
4.5.	Análises realizadas.....	50
4.5.1.	Determinação de umidade.....	50
4.5.2.	Determinação de proteína.....	50
4.5.3.	Determinação de lipídeos.....	50
4.5.4.	Determinação de cloreto.....	50
4.5.5.	Determinação de fostato.....	51
4.5.6.	Determinação de cinzas.....	51
4.5.7.	Determinação de pH.....	51
4.5.8.	Determinação da Aw	51
4.5.9.	Teste de estabilidade da emulsão.....	51
4.5.10.	Estabilidade microbiológica.....	52
4.5.11.	Análise de perfil de textura.....	52
4.5.12.	Avaliação da estabilidade à oxidação lipídica (determinação do nº de TBARS).....	53
4.5.13.	Determinação de cor.....	53
4.5.14.	Determinação de fibras.....	54

4.5.15. Análise sensorial.....	54
4.5.16. Microscopia eletrônica de varredura.....	56
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	59
5.1. Avaliação dos substitutos de gordura quanto à capacidade de retenção de água.....	59
5.1.1. Análise da capacidade de retenção de água.....	59
5.2. Aplicação dos substitutos de gordura na mortadela – Testes preliminares.....	61
5.2.1. Determinação da atividade de água durante estocagem a temperatura ambiente.....	61
5.2.2. Determinação de pH durante estocagem à temperatura ambiente.	62
5.2.3. Teste de estabilidade da emulsão.....	62
5.2.4. Avaliação da firmeza do teste de perfil de textura.....	63
5.2.5. Determinação da umidade dos testes preliminares.....	64
5.3. Efeito da adição da inulina, fibra de trigo e fibra de aveia na mortadela com baixo teor de gordura.....	66
5.3.1. Resultados da composição centesimal.....	66
5.3.2. Resultados dos teores de cloreto e fosfato.....	68
5.3.3. Aw durante a estocagem.....	70
5.3.4. Determinação de pH durante a estocagem.....	71
5.3.5. Avaliação da estabilidade microbiológica.....	73
5.3.6. Avaliação da estabilidade à oxidação lipídica.....	75
5.3.7. Teste de estabilidade da emulsão.....	76
5.3.8. Cor objetiva.....	79
5.3.9. Análise de perfil de textura.....	87
5.3.10. Análise sensorial.....	97
5.3.10.1. Cor.....	99
5.3.10.2. Sabor.....	100
5.3.10.3. Textura.....	102
5.3.10.4. Impressão global.....	103
5.4. Efeito da adição da fibra de trigo e gordura suína na mortadela com teor reduzido de gordura.....	106

5.4.1. Atividade de água durante a estocagem.....	106
5.4.2. Determinação de pH durante estocagem.....	108
5.4.3. Análises químicas básica.....	109
5.4.4. Teste de estabilidade da emulsão.....	110
5.4.5. Cor objetiva.....	111
5.4.6. Teste de perfil de textura.....	113
5.4.7. Análise sensorial.....	117
5.4.8. Avaliação da estabilidade à oxidação lipídica.....	120
5.5. Validação do Processo.....	121
5.5.1. Análises químicas básicas.....	121
5.5.2. Avaliação da estabilidade à oxidação lipídica.....	123
5.5.3. Avaliação da estabilidade microbiológica.....	124
5.5.4. Teste de perfil de textura.....	126
5.5.5. Análise de fibras.....	127
5.5.6. Análise sensorial.....	129
5.5.7. Microscopia Eletrônica.....	130
CONCLUSÕES.....	133
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	135
ANEXO I.....	145
ANEXO II.....	153
ANEXO III.....	161

LISTA DE TABELAS

	Pág.
TABELA 1. Formulação básica das mortadelas com baixo teor de gordura e formulação convencional (em %)	37
TABELA 2. Variáveis e níveis de variação do planejamento 2^3	40
TABELA 3. Delineamento fatorial completo para as três variáveis independentes	40
TABELA 4. Formulação básica das mortadelas do delineamento 2^3 e formulação controle (em %)	42
TABELA 5. Variáveis e níveis de variação do planejamento 2^2	46
TABELA 6. Delineamento fatorial completo para as duas variáveis independentes.	46
TABELA 7. Formulação básica das mortadelas com teor reduzido de gordura e formulação controle (em %)	47
TABELA 8. Capacidade de retenção de água dos substitutos de gordura	59
TABELA 9. Atividade de água das mortadelas durante a estocagem	61
TABELA 10. pH das mortadelas com substituto de gordura durante estocagem	62
TABELA 11. Estabilidade da emulsão das mortadelas dos testes preliminares	63
TABELA 12. Firmeza das mortadelas dos testes preliminares	64
TABELA 13. % de umidade das mortadelas dos testes preliminares	65
TABELA 14. Composição centesimal das mortadelas do delineamento 2^3	67
TABELA 15. Determinações de cloreto e fosfato das mortadelas do delineamento 2^3	69
TABELA 16. Aw das mortadelas do delineamento 2^3 durante estocagem	70
TABELA 17. pH das mortadelas do delineamento 2^3 durante estocagem	72
TABELA 18. Avaliação microbiológica das mortadelas do delineamento 2^3 durante estocagem	73
TABELA 19. Padrões microbiológicos para mortadela	74
TABELA 20. Avaliação da estabilidade à oxidação lipídica (mg de TBARS / kg de amostra) do delineamento 2^3 durante estocagem	75
TABELA 21. Valores da estabilidade da emulsão do delineamento 2^3 (em %)	77
TABELA 22. Avaliação da cor do delineamento 2^3 após 30 dias de estocagem	81
TABELA 23. Modelos matemáticos da determinação objetiva da cor do delineamento 2^3	86
TABELA 24. Valores do teste de perfil de textura das mortadelas do delineamento 2^3	88

TABELA 25.	Modelos matemáticos do teste de perfil de textura do delineamento 2^3	96
TABELA 26.	Médias das notas obtidas com a análise sensorial do delineamento 2^3	98
TABELA 27.	Modelos matemáticos para as respostas cor, sabor, textura e impressão global do delineamento 2^3	104
TABELA 28.	Aw das mortadelas do delineamento 2^2 durante estocagem.....	107
TABELA 29.	Resultados do pH do delineamento 2^2 durante estocagem.....	108
TABELA 30.	Determinação da % de umidade, proteína e gordura das mortadelas do delineamento 2^2	109
TABELA 31.	Valores da estabilidade da emulsão (em %) do delineamento 2^2	111
TABELA 32.	Valores da avaliação objetiva da cor do delineamento 2^2 , com 30 dias de estocagem.....	112
TABELA 33.	Valores do teste de perfil de textura das mortadelas do delineamento 2^2	114
TABELA 34.	Modelos matemáticos do teste de perfil de textura do delineamento 2^2	117
TABELA 35.	Médias das notas obtidas com a análise sensorial do delineamento 2^2	117
TABELA 36.	Modelo matemático para impressão global do delineamento 2^2	120
TABELA 37.	Avaliação da estabilidade à oxidação lipídica (mg de TBARS) do delineamento 2^3 durante estocagem.....	120
TABELA 38.	Determinação da % de umidade, gordura e proteína do experimento final (validação).....	122
TABELA 39.	Avaliação da estabilidade à oxidação lipídica (mg de TBARS/kg de amostra) nas mortadelas do experimento final (validação).....	123
TABELA 40.	Avaliação microbiológica das mortadelas do experimento final (validação) durante estocagem	124
TABELA 41.	Valores do teste de perfil de textura das mortadelas do experimento final (validação).....	126
TABELA 42.	Resultados da análise de fibras das mortadelas do experimento final...	127
TABELA 43.	Determinação de inulina das mortadelas do experimento final (validação).....	128
TABELA 44.	Médias das notas obtidas com a análise sensorial do experimento final (validação).....	129
TABELA 45.	Análise de efeitos para estabilidade da emulsão do delineamento 2^3 ...	145

TABELA 46.	Análise de efeitos para o valor L^* do delineamento 2^3	145
TABELA 47.	Análise de efeitos para o valor a^* do delineamento 2^3	145
TABELA 48.	Análise de efeitos para o valor b^* do do delineamento 2^3	146
TABELA 49.	Análise de efeitos para croma do delineamento 2^3	146
TABELA 50.	Análise de efeitos para firmeza do delineamento 2^3	146
TABELA 51.	Análise de efeitos para elasticidade do delineamento 2^3	147
TABELA 52.	Análise de efeitos para coesividade do delineamento 2^3	147
TABELA 53.	Análise de efeitos para mastigabilidade do delineamento 2^3	147
TABELA 54.	Análise de efeitos para o atributo cor do delineamento 2^3	148
TABELA 55.	Análise de efeitos para o atributo sabor do delineamento 2^3	148
TABELA 56.	Análise de efeitos para o atributo textura do delineamento 2^3	148
TABELA 57.	Análise de efeitos para impressão global do delineamento 2^3	149
TABELA 58.	Análise de efeitos para estabilidade da emulsão do delineamento 2^2 ...	149
TABELA 59.	Análise de efeitos para o valor L^* do delineamento 2^2	149
TABELA 60.	Análise de efeitos para o valor a^* do delineamento 2^2	149
TABELA 61.	Análise de efeitos para o valor b^* do delineamento 2^2	150
TABELA 62.	Análise de efeitos para croma do delineamento 2^2	150
TABELA 63.	Análise de efeitos para firmeza do delineamento 2^2	150
TABELA 64.	Análise de efeitos para elasticidade do delineamento 2^2	150
TABELA 65.	Análise de efeitos para coesividade do delineamento 2^2	151
TABELA 66.	Análise de efeitos para mastigabilidade do delineamento 2^2	151
TABELA 67.	Análise de efeitos para o atributo cor do delineamento 2^2	151
TABELA 68.	Análise de efeitos para o atributo sabor do delineamento 2^2	151
TABELA 69.	Análise de efeitos para o atributo textura do delineamento 2^2	152
TABELA 70.	Análise de efeitos para o atributo impressão global do delineamento 2^2	152
TABELA 71.	Análise de variância do modelo matemático para estabilidade da emulsão do delineamento 2^3	153
TABELA 72.	Análise de variância do modelo matemático para o valor de L^* do delineamento 2^3	153
TABELA 73.	Análise de variância do modelo matemático para o valor de a^* do delineamento 2^3	153
TABELA 74.	Análise de variância do modelo matemático para o valor de b^* do	

	delineamento 2^3	153
TABELA 75.	Análise de variância do modelo matemático para croma do delineamento 2^3	154
TABELA 76.	Análise de variância do modelo matemático para firmeza do delineamento 2^3	154
TABELA 77.	Análise de variância do modelo matemático para elasticidade do delineamento 2^3	154
TABELA 78.	Análise de variância do modelo matemático para coesividade do delineamento 2^3	154
TABELA 79.	Análise de variância do modelo matemático para mastigabilidade do delineamento 2^3	155
TABELA 80.	Análise de variância do modelo matemático para o atributo cor do delineamento 2^3	155
TABELA 81.	Análise de variância do modelo matemático para o atributo sabor do delineamento 2^3	155
TABELA 82.	Análise de variância do modelo matemático para o atributo textura do delineamento 2^3	155
TABELA 83.	Análise de variância do modelo matemático para impressão global do delineamento 2^3	156
TABELA 84.	Análise de variância do modelo matemático para estabilidade da emulsão do delineamento 2^2	156
TABELA 85.	Análise de variância do modelo matemático para o valor L^* do delineamento 2^2	156
TABELA 86.	Análise de variância do modelo matemático para o valor a^* do delineamento 2^2	156
TABELA 87.	Análise de variância do modelo matemático para o valor b^* do delineamento 2^2	157
TABELA 88.	Análise de variância do modelo matemático para croma do delineamento 2^2	157
TABELA 89.	Análise de variância do modelo matemático para firmeza do delineamento 2^2	157
TABELA 90.	Análise de variância do modelo matemático para elasticidade do delineamento 2^2	157
TABELA 91.	Análise de variância do modelo matemático para coesividade do delineamento 2^2	158
TABELA 92.	Análise de variância do modelo matemático para mastigabilidade do delineamento 2^2	158

TABELA 93.	Análise de variância do modelo matemático para o atributo cor do delineamento 2^2	158
TABELA 94.	Análise de variância do modelo matemático para o atributo sabor do delineamento 2^2	158
TABELA 95.	Análise de variância do modelo matemático para o atributo textura do delineamento 2^2	159
TABELA 96.	Análise de variância do modelo matemático para o atributo impressão global do delineamento 2^2	159

LISTA DE FIGURAS

		Pág.
FIGURA 1.	Fotografia das fibras utilizadas, em béquer, contendo 80g de cada amostra.....	44
FIGURA 2.	Fotografia da amostra do teste de estabilidade da emulsão.....	52
FIGURA 3.	Ficha utilizada para teste de escala hedônica (estruturada mista).....	55
FIGURA 4.	Fotografia da cabine preparada para análise sensorial.....	56
FIGURA 5.	Gráfico dos valores observados X valores previstos para estabilidade da emulsão.....	79
FIGURA 6.	Fotografia das mortadelas do delineamento 2 ³ em fatias de 2 cm.....	80
FIGURA 7.	Superfícies de resposta e curvas de contorno para L* (luminosidade) do delineamento 2 ³ , em função da inulina e fibra de trigo (a) e (b), da inulina e fibra de aveia (c) e (d) e da fibra de trigo e fibra de aveia (e) e (f).....	83
FIGURA 8.	Valores previstos X valores observados de a* do delineamento 2 ³	84
FIGURA 9.	Superfícies de resposta e curvas de contorno para b* (intensidade da cor amarela) do delineamento 2 ³ , em função da inulina e fibra de trigo (a) e (b), da inulina e fibra de aveia(c) e (d) e da fibra de trigo e fibra de aveia (e) e (f).....	85
FIGURA 10.	Superfícies de resposta e curvas de contorno para croma do delineamento 2 ³ , em função da inulina e fibra de trigo (a) e (b), da inulina e fibra de aveia(c) e (d) e da fibra de trigo e fibra de aveia (e) e (f).....	87
FIGURA 11.	Superfícies de resposta e curvas de contorno para firmeza do delineamento 2 ³ , em função da inulina e fibra de trigo. (a) e (b), da inulina e fibra de aveia.(c) e (d) e da fibra de trigo e fibra de aveia (e) e (f).....	90
FIGURA 12.	Superfícies de resposta e curvas de contorno para elasticidade do delineamento 2 ³ , em função da inulina e fibra de trigo. (a) e (b), da inulina e fibra de aveia.(c) e (d) e da fibra de trigo e fibra de aveia (e) e (f).....	92
FIGURA 13.	Superfícies de resposta e curvas de contorno para coesividade do delineamento 2 ³ , em função da inulina e fibra de trigo. (a) e (b), da inulina e fibra de aveia.(c) e (d) e da fibra de trigo e fibra de aveia (e) e (f).....	94
FIGURA 14.	Superfícies de resposta e curvas de contorno para mastigabilidade do delineamento 2 ³ , em função da inulina e fibra de trigo (a) e (b), da inulina e fibra de aveia(c) e (d) e da fibra de trigo e fibra de aveia (e) e (f).....	95

FIGURA 15.	Superfícies de resposta e curvas de contorno para cor do delineamento 2^3 , em função da inulina e fibra de trigo (a) e (b), da inulina e fibra de aveia(c) e (d) e fibra de trigo e fibra de aveia (e) e (f).....	100
FIGURA 16.	Superfícies de resposta e curvas de contorno para sabor do delineamento 2^3 , em função da inulina e fibra de trigo (a) e (b), da inulina e fibra de aveia(c) e (d) e fibra de trigo e fibra de aveia (e) e (f).....	101
FIGURA 17.	Superfícies de resposta e curvas de contorno para textura do delineamento 2^3 , em função da inulina e fibra de trigo (a) e (b), da inulina e fibra de aveia(c) e (d) e da fibra de trigo e fibra de aveia (e) e (f).....	103
FIGURA 18.	Superfícies de resposta e curvas de contorno para impressão global do delineamento 2^3 , em função da inulina e fibra de trigo (a) e (b), da inulina e fibra de aveia(c) e (d) e da fibra de trigo e fibra de aveia (e) e (f).....	105
FIGURA 19.	Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para firmeza do delineamento 2^2 , em função da fibra de trigo e gordura.....	115
FIGURA 20.	Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para coesividade do delineamento 2^2 , em função da fibra de trigo e gordura.....	116
FIGURA 21.	Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para impressão global do delineamento 2^2 , em função da fibra de trigo e gordura.....	119
FIGURA 22.	Contagem total em log UFC/g durante estocagem (em dias) das amostras de mortadela dos experimentos finais.....	125
FIGURA 23.	Microscopia da formulação F1: (a) com aumento de 270 vezes e (b) com aumento de 5000 vezes.....	131
FIGURA 24.	Microscopia da formulação F9: (a) com aumento de 500 vezes e (b) com aumento de 5000 vezes.....	131
FIGURA 25.	Microscopia da formulação F13: (a) com aumento de 270 vezes e (b) com aumento de 5000 vezes.....	131
FIGURA 26.	Microscopia da formulação F9: (a) com aumento de 1500 vezes e (b) com aumento de 5000 vezes (na mesma imagem).....	132
FIGURA 27.	Distribuição dos conceitos atribuídos às mortadelas na avaliação sensorial em relação aos atributos cor, sabor, textura e impressão global, para as amostras 1A (a), 1B (b) e 1C (c).....	161
FIGURA 28.	Distribuição dos conceitos atribuídos às mortadelas na avaliação sensorial em relação aos atributos cor, sabor, textura e impressão global, para as amostras 9A (a), 9B (b) e 9C (c).....	162
FIGURA 29.	Distribuição dos conceitos atribuídos às mortadelas na avaliação sensorial em relação aos atributos cor, sabor, textura e impressão	

global, para as amostras 13A (a), 13B (b) e 13C (c)..... 163

RESUMO

Na busca de novos ingredientes com foco na redução do teor de gordura de produtos cárneos, a fibra alimentar tem demonstrado resultados positivos. Atualmente, fibras estão entre os principais ingredientes presentes em alimentos funcionais, auxiliando no desenvolvimento de novos produtos com apelos benéficos para a saúde. Sob esse aspecto, este trabalho teve o objetivo de estudar o efeito da adição de fibras como substitutos de gordura na qualidade global de produtos cárneos emulsionados tipo mortadela. Foram selecionadas fibra de trigo Vitacel® WF200, fibra de aveia Vitacel® HF600 e Raftiline HPX® (inulina), e a metodologia de superfície de resposta foi utilizada para avaliar a influência das fibras na estabilidade da emulsão, análise do perfil de textura, cor e aceitação sensorial. Uma amostra controle (20% de gordura suína e sem fibras) foi realizada para comparação dos resultados obtidos. A inulina contribuiu para o aumento do valor L^* e cor. E juntamente com a fibra de aveia, contribuíram para o aumento do valor b^* . Houve efeito positivo da fibra de aveia para cor. A adição das fibras, nos níveis estudados, contribuiu para o aumento da firmeza e mastigabilidade e diminuição da elasticidade e coesividade, nas mortadelas com baixo teor de gordura. Em análise sensorial, houve contribuição de todas as fibras utilizadas para a diminuição das notas dadas para sabor, textura e impressão global, na medida em que aumentaram os níveis estudados. Teores de até 5% de inulina e 1% de fibra de aveia não comprometeram o produto nas respostas. Não houve efeito das fibras utilizadas para as respostas de cor para o valor a^* e estabilidade da emulsão nas mortadelas com baixo teor de gordura. Posteriormente foi avaliado o efeito da adição da fibra de trigo e da adição parcial da gordura suína em mortadela com teor reduzido de gordura. Tanto a fibra de trigo quanto a gordura suína, nos níveis estudados, contribuíram para a diminuição da coesividade. A fibra de trigo contribuiu para o aumento da firmeza e diminuição das notas dadas para impressão global, ou seja, à medida que sua concentração aumentou, as notas dadas pelos provadores diminuíram. Até 0,58% de adição de fibra de trigo, o produto não ficou comprometido sensorialmente. Para validar os

resultados obtidos, duas formulações foram selecionadas junto com a formulação controle, elaboradas em triplicata e avaliadas. Concluiu-se que a formulação com adição de 6% de fibras e 5% de gordura e a formulação com 6,58% de fibras e 1,45% de gordura e a formulação controle (sem fibras e 20% de gordura) não diferiram sensorialmente (a $p < 0,05$), com bons resultados para cor, sabor, textura e impressão global. O mesmo foi observado para os testes de perfil de textura, estabilidade à oxidação lipídica e estabilidade da emulsão. Em termos de vida útil não se observaram diferenças entre estas três formulações. Este trabalho permitiu a elaboração de um produto cárneo emulsionado funcional, prebiótico, fonte de fibras, com teor reduzido de gordura e com boa aceitação sensorial pelos provadores, não diferindo (a $p < 0,05$) da mortadela controle, elaborada sem adição de fibras e 20% de gordura.

ABSTRACT

In the search of new ingredients focusing the reduction of fat content in meat products, dietary fiber has shown positive results. Today, fibers are among the main ingredients present in functional foods, contributing to the development of new products with beneficial appeals to health. Within this aspect, the objective of this work was to study the effect of the addition of fibers as fat substitutes in the global quality of emulsified meat products such as Bologna sausage. The following fibers were selected: Vitacel® WF200 wheat fiber, Vitacel® HF600 oat fiber and Raftiline HPX® (inulin), and the response surface methodology was used to evaluate the influence of the fibers on emulsion stability, texture profile analysis, color and sensory acceptance. A control sample (20% pork fat, 0% fiber addition) was prepared and analyzed for comparison. Inulin contributed to increase L* value, and together with oat fiber, contributed to increase b* value. There was a positive effect of oat fiber on chroma. Fiber addition, in the levels studied, contributed to increase firmness and chewiness, and to reduce elasticity and cohesiveness, in the low fat content Bologna sausages. In the sensory analysis, there was a contribution of all the fibers studied towards the reduction of taste, texture and global impression scores, increasing the addition levels used. Levels of up to 5% inulin and 1% oat fiber did not compromise the product in the responses. There was no effect of the fibers used on the responses a* value and emulsion stability. Subsequently, the effect of the addition of wheat fiber and partial addition of pork fat in reduced fat content Bologna sausage was evaluated. Both wheat fiber and pork fat, in the levels studied, contributed to reduce cohesiveness. Wheat fiber contributed to increase firmness and reduce global impression scores, that is, with an increase in its concentration, the scores attributed by the panelists decreased. Up to 0.58% wheat fiber addition, the product was not sensorially compromised. To validate the results obtained, two formulations were selected, together with the control formulation, elaborated in triplicate and evaluated. It was concluded that the formulation with the addition of 6% fibers and 5% fat and the formulation with

6.58% fibers and 1.45% fat and the control formulation (20% fat, 0% fiber addition) did not differ sensorially ($p < 0.05$), and presented good results for color, taste, texture and global impression. The same was observed for texture profile analysis, lipid oxidation stability and emulsion stability. With respect to shelf life, no difference was observed among these three formulations. This work permitted the elaboration of a prebiotic, fiber source, reduced fat content functional emulsified meat product with a good sensory acceptance by the panelists, not differing ($p < 0.05$) from the control Bologna sausage, prepared without fiber addition and 20% fat.

1. INTRODUÇÃO

A dieta é um dos fatores mais importantes que afeta o bem estar e a saúde. Evidências científicas correlacionam a ingestão de alimentos e a incidência de doenças, e isso tem despertado o interesse em alimentos que propiciam benefícios fisiológicos (ARIHARA, 2006; JIMENEZ-COLMENERO et al., 2001; SAMPAIO et al., 2004). SGARBIERI & PACHECO (1999) relatam a dieta com prevenção de doenças cardiovasculares, alguns tipos de câncer, osteoporoses, condições inflamatórias e obesidade.

Indivíduos têm se tornado mais consciente com a saúde e estão modificando seus hábitos alimentares, ingerindo menos gordura.

JIMENEZ-COLMENERO (2000) cita que de todos os setores de alimentos, a indústria da carne tem sido a mais criticada pela publicidade na ocorrência de certas doenças. ARIHARA (2006) relata lamentavelmente que é freqüentes consumidores associarem carne com uma imagem negativa de possuir alta quantidade de gordura e que carne vermelha é considerada como um alimento promotor do câncer.

A carne e produtos cárneos são componentes essenciais na dieta de países desenvolvidos, cujo consumo é afetado por vários fatores. Os mais importantes são as características dos produtos (propriedades nutricionais e sensoriais, segurança, preço, conveniência, etc) e a relação entre consumidor e ambiente (aspecto psicológico, saúde, aspecto educacional ou familiar, situação econômica geral, clima, legislação, etc), conforme relatado por JIMENEZ-COLMENERO et al. (2001). Uma pesquisa realizada no Reino Unido mostra que a carne e seus produtos derivados contribuem com 25% da gordura ingerida em uma dieta (ROLLER et al., 1996).

Dietas ricas em gorduras, principalmente saturadas, estão associadas ao aumento do risco de doenças. Na tentativa para diminuir este risco, as associações de saúde de vários países recomendam diminuir o consumo diário de gordura, para até 30% do total das calorias e diminuir o consumo de colesterol para 300 mg/dia, limitando o consumo de gordura saturada para menos de 10% do total das calorias (JIMENEZ-COLMENERO, 1996; KEETON, 1994, CENGIZ & GOKOGLU, 2005).

O conteúdo de gordura em carnes magras é inferior a 5%. As gorduras das carnes contêm menos que 50% de ácidos graxos saturados e acima de 50% de ácidos graxos insaturados (bovina 50-52%, suína 55-57%, de frango 70%, coelho 62%). A presença de ácidos graxos monoinsaturados (MUFAs) e polinsaturados (PUFAs) na dieta reduz o nível de colesterol de baixa densidade no plasma. A quantidade de colesterol nas carnes é menor que 75mg/100g, exceto no rim, cérebro e coração (JIMENEZ-COLMENERO, 2001).

Dietas com elevada quantidade de fibras e quantidade reduzida de gordura podem reduzir o risco de doenças como câncer no cólon, doenças cardiovasculares, obesidade e outras (MANSOUR et al., 1999, MENDOZA et al., 2001).

A Associação Dietética Americana recomenda a ingestão de 25 a 30g de fibras por adulto / dia ou 10 a 13g / 1000 Kcal, e a razão fibra insolúvel / fibra solúvel deve ser 3:1. Na Europa é recomendado o consumo de 20 g / dia / pessoa (BORDERÍAS et al. 2005).

SHAND et al. (1990) citam que a preferência dos consumidores por produtos cárneos saudáveis (teor reduzido de gordura, teor reduzido de sódio e teor reduzido de caloria) e convenientes, a razoável custo, mas sem redução da palatabilidade. SAMPAIO et.al. (2004) reportaram que a demanda por produtos

com baixa quantidade de gordura tem intensificado o interesse de pesquisadores e indústrias em desenvolver produtos cárneos de baixa quantidade de gordura.

A mortadela é um dos principais produtos cárneos fabricados no Brasil (HAPPKE, 1994). Sua produção no ano de 2005 atingiu 286,6 mil toneladas e estima-se que a produção em 2006 chegue em 295,7 mil toneladas (ABIA, 2006). O teor de gordura normalmente encontrado em mortadelas varia de 20 a 30%, o que torna o produto ingerido com reserva pelos consumidores. KEETON (1994) relata que os produtos emulsionados tradicionalmente contêm altos níveis de gordura.

A redução do teor de gordura em mortadela pela simples diminuição da quantidade de gordura adicionada não é aceitável sob aspecto sensorial. A gordura é necessária para a manutenção da textura, maciez, suculência, sabor, aparência e aceitação global do produto (HUFFMAN & HUFFMAN, 1997; KEETON, 1994). ROLLER & JONES (1996) relatam que a gordura afeta as propriedades físicas e químicas do produto e possui algumas implicações práticas como, por exemplo, a estabilidade na estocagem (emulsificação, migração da gordura). Também possui influência na determinação de três principais características de produtos alimentícios, os quais são: a aparência (cor, uniformidade na superfície, e brilho), a textura (viscosidade, elasticidade, e firmeza), e o sabor (intensidade do sabor, perfil do sabor e desenvolvimento do sabor).

JIMENEZ-COLMENERO (1996) cita que ao reduzir o teor de gordura é necessária a utilização de ingredientes não-cárneos que permitam a substituição da gordura pela água. Desenvolver alimentos com baixo teor de gordura consiste em prover uma combinação de ingredientes para substituir a gordura.

Recentemente alguns ingredientes com propriedades funcionais têm sido aplicados na indústria de alimentos, como por exemplo, as fibras alimentares.

Conforme relatado por SAURA-CALIXTO (2006), a fibra alimentar é o principal ingrediente em alimentos funcionais, constituindo mais de 50% do total dos ingredientes usados em todo o mundo, e tem sido incorporada a todo tipo de alimento e bebidas, como fator de qualidade nutricional muito apreciado pelos consumidores.

A partir do contexto apresentado, a redução do teor de gordura e adição de ingredientes funcionais em produtos emulsionados largamente consumidos (como a mortadela), apresenta-se como tendência no desenvolvimento de produtos na indústria de carnes. O presente trabalho visa estudar o efeito da adição de fibras (solúvel e insolúvel) como substituto de gordura na qualidade global de um produto cárneo emulsionado – tipo mortadela.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivos Gerais

Estudar o efeito da adição de fibras (solúvel e insolúvel) como substitutos de gordura na qualidade global de produto cárneo emulsionado - mortadela.

Otimizar uma formulação de mortadela funcional com baixo ou reduzido teor de gordura e elevado teor de fibras com aceitação sensorial .

2.2. Objetivos específicos

Selecionar diferentes substitutos de gordura em função da capacidade de retenção de água para aplicação em mortadela.

Avaliar os efeitos da adição de três tipos de fibras (inulina, fibra de trigo, fibra de aveia) em mortadela com reduzido teor de gordura sobre as propriedades de textura, cor, estabilidade de emulsão, oxidação lipídica e avaliação sensorial.

Avaliar o efeito de diferentes níveis de gordura e fibra de trigo em mortadela sobre as propriedades de textura, cor, estabilidade de emulsão, oxidação lipídica e avaliação sensorial.

Avaliar a estabilidade microbiológica das mortadelas com baixo teor de gordura adicionado de fibras ao longo do armazenamento.

Elaborar e comparar as microestruturas dos produtos com teor reduzido de gordura adicionado de fibras e produto controle.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Caracterização de produtos cárneos emulsionados

Quando carne, gordura, água e sal são misturados e submetidos à alta velocidade de cominuição, uma massa é formada, com características de emulsão óleo em água. A formação da emulsão cárnea típica consiste de duas transformações relacionadas: (1) entumescimento das proteínas e formação da matriz viscosa, e (2) emulsificação das proteínas solubilizadas, glóbulos de gordura e água (HEDRICK et al., 1994).

Uma emulsão é definida como a mistura de dois líquidos imiscíveis, um dos quais (a gordura) é disperso na forma de pequenos glóbulos no outro líquido (água). O tamanho dos glóbulos da fase dispersa variam entre 0,1 a 50 micrômetros (μm) de diâmetro. Muitas partículas de gordura em emulsões cárneas comerciais são maiores que $50\mu\text{m}$ de diâmetro, e conseqüentemente não se enquadram na definição de emulsão clássica (HEDRICK et al., 1994). PEARSON & GILLET (1996) relatam que como não é uma emulsão verdadeira, a emulsão cárnea deve ser chamada de "batter".

Conforme relatado por PARKS & CARPENTER (1987) e PEARSON & GILLET (1996), a teoria da emulsão assegura que durante a cominuição, as proteínas musculares solúveis em solução salina agem na fase contínua da emulsão, encapsulando os glóbulos de gordura no sistema, o qual é estabilizado no processamento térmico. Mais recentemente, tem sido enfatizado o papel da gelatinização dos ingredientes na estabilização da emulsão (FLORES et al., 2006).

O rompimento da estrutura fibrosa da carne aumenta a exposição das proteínas, principalmente as miofibrilares. A presença de cloreto de sódio e íons fosfato ocasiona uma abertura na estrutura dessas proteínas devido à mudança

na carga elétrica, as quais são facilmente solúveis na fase aquosa (PEARSON & GILLET, 1996). Resultando, então, no entumescimento das proteínas, o qual produz a matriz viscosa. Algumas destas proteínas permanecem intactas enquanto outras são solubilizadas na massa ou “batter” (ou emulsão cárnea) e desenvolve propriedades de agentes emulsificantes (HEDRICK et al., 1994).

A formação da matriz na emulsão cárnea estabiliza a gordura e a estrutura dos produtos acabados pela imobilização da água livre e prevenção da perda de umidade, durante o tratamento térmico. A matriz também ajuda a estabilizar as partículas de gordura formadas durante a trituração contra a coalescência (quando fundidas durante o aquecimento) – pela imobilização da gordura. Emulsões estáveis, onde a gordura não separa durante o cozimento, são de grande importância econômica para a indústria de produtos cárneos (HEDRICK et al., 1994, PEARSON & GILLET, 1996).

As emulsões são geralmente instáveis quando agentes emulsificantes ou estabilizantes não estão presentes, pois quando a gordura está em contato com a água recebe uma alta tensão superficial entre as duas fases. Um agente emulsificante auxilia na redução da tensão superficial, permitindo a formação da emulsão com menor quantidade de energia bem como sua estabilidade. As moléculas destes agentes deverão ter afinidade tanto com a água quanto com a gordura (HEDRICK et al., 1994). Nas emulsões cárneas estes agentes são as proteínas miofibrilares, as quais são insolúveis em água, mas solúveis em soluções salinas (HEDRICK et al., 1994, PEARSON & GILLET, 1996). PEARSON & GILLET (1996) relatam a importância da miosina como responsável pela formação do filme protéico interfacial ao redor do glóbulo de gordura.

3.1.1. Fatores que afetam a formação e estabilidade da emulsão

Alguns fatores afetam a capacidade ou estabilidade da emulsão, entre eles: pH da carne, força iônica, concentração de sal, nível de água adicionada, umidade, temperatura do processamento, tamanho das partículas de gordura, quantidade e tipo de proteína solúvel e a viscosidade da emulsão (HEDRICK et al., 1994). FLORES et al. (2006) citam a importância da ligação da proteína com água e a adição de ingredientes não cárneos na formação da matriz.

A estabilidade está relacionada com a retenção de água e gordura e a obtenção da textura final desejada (SHIMOKOMAKI & OLIVO, 2006). Emulsões instáveis representam perdas econômicas consideráveis para a indústria processadora de carnes.

Durante a cominuição, a temperatura do “batter” aumenta devido ao atrito das facas. No ponto de atrito ocorre a quebra da gordura e desnaturação preliminar da proteína. O aquecimento favorece a liberação das proteínas solúveis, acelera o desenvolvimento da cura, e aumenta as características de escoamento. Mas se a temperatura aumentar muito na cominuição, a emulsão pode se quebrar na etapa de cozimento do produto. A temperatura máxima depende do tipo de equipamento usado e ponto de fusão da gordura utilizada. A temperatura final da emulsão para carne de frango é 10 - 12°C, 15-18°C para carne suína e 21-22°C para carne bovina, sem efeito na estabilidade. Há várias explicações para os efeitos das altas temperaturas onde incluem a desnaturação excessiva das proteínas solúveis, diminuição da viscosidade do “batter” e dispersão das partículas de gordura. A diminuição da viscosidade do “batter” sendo menos densa que a fase aquosa, tende a migrar para a superfície, aumentando a tendência para a separação (HEDRICK et al., 1994).

O aumento da temperatura pode ser controlado pela adição de gelo, durante a formação da emulsão. O gelo é superior à água devido ao calor latente de fusão (adicional). Aproximadamente 80 calorias são necessárias para converter 1 grama de gelo a 0°C para 1 grama de água a 0°C. Em contrapartida, acima de 0°C, somente 1 caloria é necessária para aumentar a temperatura em 1°C para 1 grama de água (HEDRICK et al., 1994).

O sal possui importante função dentro do aspecto de solubilização de proteínas, pois os íons cloro aumentam a carga negativa nos polipeptídeos, com elevação do pH (saindo fora do pH próximo do ponto isoelétrico) e provocando repulsão da cadeia molecular, mudando a conformação do estado gel (proteína “enovelada”) para o estado de proteína solubilizada (SHIMOKOMAKI & OLIVO, 2006).

Os polifosfatos por elevarem o pH, têm ação sinérgica ao sal, potencializando a ação de solubilização das proteínas. No estado solúvel, as proteínas apresentam maior efeito de hidratação e maior capacidade de formação de matriz protéica, aumentando a estabilização do sistema. Uma melhor e maior solubilização protéica é conseguida quando o teor de sal está acima de 4%. Por isso, recomenda-se que todo o sal da formulação seja adicionado com a carne magra no início do processo de emulsificação. O tempo e temperatura de mistura também influenciam na solubilização das proteínas, sendo que a mesma aumenta com o tempo de mistura e principalmente quando a temperatura está próxima de 7°C (SHIMOKOMAKI & OLIVO, 2006).

Na fabricação de produtos cárneos emulsionados é essencial o balanço da qualidade e quantidade de proteína com funcionalidade no processamento, valor nutricional e custo. Uma variedade de ingredientes não cárneos tem sido usados como ligantes e extensores para reduzir perdas no cozimento e nos custos da formulação podendo alterar ou melhorar a aparência, palatabilidade e textura

dos produtos finais, sendo a mais importante e crítica a estabilização da gordura durante o cozimento. Os principais extensores utilizados em produtos cárneos são os derivados de leite, de soja e de cereais (FLORES et al., 2006).

O tamanho das partículas de gordura é fator importante para a estabilidade das emulsões. Durante a formação da emulsão, a gordura deve ser dispersa em partículas pequenas até que a emulsão seja formada. Todavia, com a diminuição das partículas de gordura, há um aumento proporcional na área total superficial das partículas de gordura, requerendo uma maior quantidade de proteína solúvel para cobrir a área superficial dos glóbulos de gordura formados (HEDRICK et al., 1994).

Além da contribuição a palatabilidade, a gordura também contribui para a estabilidade estrutural de produtos emulsionados. A gordura existe em tais produtos como partículas finas (1 a 20 μ m de diâmetro) e como células gordurosas intactas (50 a 100 μ m de diâmetro) (HEDRICK et al., 1994). CARBALLO et al. (1996) relatam a importância da gordura para a textura de produtos cárneos e que por isso há dificuldades na preparação de produtos emulsionados de baixo teor de gordura.

A gordura melhora a textura, sabor e aceitabilidade dos alimentos. No entanto, fornece duas vezes mais calorias que proteínas e carboidratos (CENGIZ & GOKOGLU, 2005; CÁCERES et al., 2004). GIESE (1996) relata que a gordura, do ponto de vista sensorial, é uma substância que não pode ser igualada com nenhuma outra, pois dá lubrificação e saciedade.

3.2. Mortadela: aspectos legais

Entre os produtos emulsionados mais consumidos no Brasil está a mortadela, a qual é caracterizada por apresentar como ingredientes principais a carne bovina e suína e o toucinho, e aditivos como o nitrito de sódio, ascorbatos e fosfatos. Uma mortadela comercial possui cerca de 20 a 30g/100g de gordura total em sua formulação.

A legislação brasileira define mortadela como um produto cárneo industrializado, obtido de uma emulsão das carnes de animais de açougue, acrescido ou não de toucinho, adicionado de ingredientes, embutido em envoltório natural ou artificial, em diferentes formas, e submetido ao tratamento térmico adequado (BRASIL, 2000). Há cinco classificações de mortadela de acordo com a matéria-prima utilizada e técnica de fabricação.

O produto denominado mortadela pode ser adicionado de carnes mecanicamente separadas, até o limite máximo de 60% do total de carnes utilizadas, miúdos comestíveis de diferentes espécies de animais de açougue (estômago, coração, língua, fígado, rins, miolos), pele e tendões no limite máximo de 10% e gorduras.

A mortadela tipo bologna poderá ser elaborada de carnes bovina e/ou suína e/ou ovina e também de carnes mecanicamente separadas até o limite máximo de 20% do total de carnes utilizadas, miúdos comestíveis de bovino e/ou suíno e/ou ovino (estômago, coração, língua, fígado, rins, miolos), pele e tendões no limite máximo de 10% e gorduras.

A mortadela italiana deve ser elaborada por porções musculares de carnes de diferentes espécies de animais de açougue e toucinho. A mortadela bologna deve ser elaborada por porções musculares de carnes bovina e/ou suína

e toucinho, embutida na forma arredondada. Em ambas as formulações não estão permitidas a adição de amido e a utilização de carnes mecanicamente separadas.

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

Produtos diferenciados com apelos de saúde têm sido desenvolvidos, com foco na redução de gordura e adição de fibras, entre outros. Com esta tendência de utilização de ingredientes funcionais em produtos cárneos e também da diminuição do consumo de gordura, existe uma preocupação por parte da legislação para uma definição abrangente de termos que possam ser utilizados em rotulagens e respectivos limites.

Para a utilização de uma informação nutricional complementar (qualquer representação que afirme, sugira ou implique que um alimento possui uma ou mais propriedades nutricionais particulares, relativas ao seu valor energético e o seu conteúdo de proteínas, gorduras, carboidratos, fibras alimentares, vitaminas e/ou minerais) em mortadela, referindo-se às gorduras e fibras, seguir: usa-se o atributo “baixas gorduras totais” para um máximo de 3g de gorduras / 100g de produto final ou “não contém gorduras totais” para um máximo de 0,5 de gorduras / 100g; quanto às fibras, utiliza-se o atributo “fonte de fibras” para um mínimo de 3g fibras / 100g e “alto teor de fibras” para um mínimo de 6g fibras /100g de produto final (BRASIL, 1998).

Para a utilização do termo “aumentado” teor de fibras, deve-se ter aumento mínimo de 25% do teor de fibras alimentares e diferença maior que 3g /100 g para produtos sólidos (como mortadela), em relação ao produto convencional (BRASIL, 1998).

3.3. Tendências atuais no processamento de produtos cárneos

Como em outros setores de alimentos, na busca de carne e produtos cárneos saudáveis (sempre com propriedades funcionais), é necessário evitar substâncias indesejáveis (naturais ou não) ou reduzi-las para limites apropriados, e aumentar os níveis de outras substâncias com efeitos benéficos (JIMENEZ-COLMENERO et al., 2001).

Em produtos cárneos, três estratégias são usadas para tais fins: elas estão associadas com produção animal, manipulação no estágio de transformação do músculo em carne e em outros estágios de preparação da carne para alteração de sua composição, e reformulação de produtos derivados (JIMENEZ-COLMENERO et al., 2001).

Uma tendência recente é a modificação no perfil de ácidos graxos de produtos. JIMENEZ-COLMENERO et al. (2001) citam que basicamente há dois procedimentos onde a composição de ácidos graxos pode ser alterada: com a redução da gordura ou a substituição de parte dela por outra gordura mais ajustada às necessidades humanas, como por exemplo, com menos ácidos graxos saturados e mais monoinsaturados (oléico) ou ácidos polinsaturados, e sem colesterol. Ainda relatam que óleo de peixe (óleo polinsaturado ômega-3) e óleos vegetais (parcialmente hidrogenados do milho, algodão, soja, amendoim, girassol e oliva) tem sido utilizado com este objetivo em produtos como salsichas.

Além da modificação no perfil de ácidos graxos de produtos cárneos, a reformulação destes com enfoque em produtos saudáveis abrange também a redução no conteúdo de gordura, colesterol, calorias, sódio, nitrito e incorporação de ingredientes funcionais (JIMENEZ-COLMENERO et al., 2001). A seguir serão relatados alguns itens, como produtos com baixo teor de sal, produtos com baixo ou reduzido teor de gordura e produtos incorporados de ingredientes funcionais.

3.3.1. Produtos com baixo teor de sal

Recentemente tem sido recomendada redução dos teores de ingestão de sal, devido à comprovação entre níveis altos de sódio com hipertensão arterial. Uma grande porcentagem da população possui pré-disposição à hipertensão arterial, a qual pode ser afetada pelo peso excessivo e alta ingestão de sódio. O sódio está presente em uma grande variedade de alimentos, entre eles carne e produtos derivados (JIMENEZ-COLMENERO et al., 2001; JIMENEZ-COLMENERO et al., 2005). O cloreto de sódio é um dos ingredientes mais utilizados em carnes processadas. Afeta sabor, textura e vida útil dos produtos cárneos, assim como aumenta as propriedades de ligação com água e gordura. O cloreto de sódio contém 39,3% de sódio (RUUSUNEN & PUOLANNE, 2005).

A carne é relativamente pobre em sódio, contendo entre 50-90mg de sódio / 100g (JIMENEZ-COLMENERO et al., 2001, RUUSUNEN & PUOLANNE, 2005), mas em produtos derivados geralmente é elevado, devido ao conteúdo de sal, os quais podem ser maiores que 2% em produtos cárneos cozidos e, maiores que 6% em produtos fermentados. Estima-se que 20 a 30% da ingestão de sal para a dieta humana é de origem cárnea e produtos derivados (JIMENEZ-COLMENERO et al., 2001; JIMENEZ-COLMENERO et al., 2005).

Um número de compostos tem sido usado para redução do cloreto de sódio tais como sais de magnésio e potássio. O cloreto de potássio tem sido utilizado como substituto do cloreto de sódio, sem perda da funcionalidade, mas é limitado pelo sabor, e então seu uso deverá estar em torno de 1% (JIMENEZ-COLMENERO et al., 2001; JIMENEZ-COLMENERO et al., 2005). A substituição total do sal não é possível devido ao efeito sensorial. Recomenda-se a utilização de combinações destes três componentes – cloreto de sódio, de potássio e de magnésio. A adição de fosfatos também pode auxiliar na redução de até 50% de cloreto de sódio (JIMENEZ-COLMENERO et al., 2001).

Para minimizar problemas relacionados com a diminuição do sal em produtos cárneos, como a redução das propriedades de ligação com água e gordura e também textura, alguns autores sugerem o uso da transglutaminase, em combinação com outros ingredientes não cárneos, para produtos cárneos livre de sal ou com baixo teor de sal (JIMENEZ-COLMENERO et al., 2005).

Devido às propriedades funcionais e tecnológicas das fibras alimentares, estas têm sido utilizadas em produtos cárneos cozidos (por exemplo, em produtos emulsionados e patês) com baixo teor de sal (JIMENEZ-COLMENERO et al., 2005).

3.3.2. Produtos com “baixo teor de gordura” ou com “teor reduzido de gordura”.

Organizações da saúde têm promovido a redução de gordura e colesterol na dieta humana para reduzir o risco de doenças cardiovasculares, câncer de colon e controle da obesidade (PEARSON & GILLET, 1996; CENGIZ & GOKOGLU, 2005). CENGIZ & GOKOGLU (2005), JIMENEZ-COLMENERO (2001) citam que várias instituições internacionais, entre elas a Organização Mundial da Saúde, têm alterado as recomendações da dieta: a gordura deve fornecer entre 15 e 30% das calorias da dieta e as gorduras saturadas não devem ser mais que 10% do total desse valor; a ingestão de colesterol deve ser limitada em 300mg/dia.

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

CHANG & CARPENTER (1997), CLAUS et al. (1990) e KEETON (1994) relataram que os Estados Unidos alteraram o regulamento de adição de água para

salsichas e similares para permitir a substituição de gordura pela água, desde que sua combinação total (água e gordura somados) não exceda 40%. Esta mudança resultou na produção de produtos processados de carne com baixa quantidade de gordura.

Em muitos alimentos a redução no teor de gordura está relacionada com o aumento no teor de água. A fração aquosa torna-se a principal prioridade na elaboração desses produtos; a utilização de ingredientes funcionais como proteínas, amidos, gomas, estabilizantes, geleificantes, emulsificantes e fibras, pode ser feita para obterem-se produtos com qualidade próxima daqueles com altos teores de gordura (JONES & MANDIGO, 1982).

ULLOA (1999), em seu estudo da interferência nas propriedades físico químicas das emulsões cárneas com baixo teor de gordura, concluiu que os principais problemas associados com produtos nos quais o teor de gordura é reduzido pelo aumento no teor de água adicionada, estão relacionados com as perdas excessivas no cozimento e armazenamento.

CLAUS et al. (1990) citam que o massageamento pode oferecer uma alternativa para aumentar a retenção da água e a interação proteína-proteína em produtos de salsicharia, como também em carnes reestruturadas. O massageamento tem a vantagem de diminuir o tempo de processamento, aumentando a uniformidade da cor, textura e distribuição da gordura, aumentando a qualidade da ligação de produtos cárneos formados.

CLAUS et al. (1990) relataram outras considerações sobre o processamento de produtos com baixa quantidade de gordura e alta quantidade de água, relacionando o estado da carne: no pré-rigor, fresca ou congelada. Carne no pré-rigor e carne que nunca foi congelada resultam em melhores resultados de textura e na habilidade de ligação da água devido a grande extração de proteínas miofibrilares não desnaturadas.

O efeito da substituição de gordura pela água na textura, sensorial e características de processamento da mortadela foi investigado e constatou-se que a mortadela com baixo teor de gordura e alta quantidade de água era geralmente mais firme, mais coesa, mais suculenta e mais escura e com maior tempo de cozimento e menor quantidade de água exsudada na embalagem, se o conteúdo de proteína for similar (CLAUS et al. 1989).

A chave para obter sucesso no desenvolvimento de produtos com baixo teor de gordura fundamenta-se no princípio de considerar cada alimento individualmente, e estar atento às propriedades dos ingredientes com capacidade de substituir gordura, disponíveis no mercado, assim como de suas técnicas de aplicação (GLICKSMAN, 1991).

Os maiores desafios encontrados para estes produtos consistem em melhorar as características de textura, especialmente a firmeza, e reduzir a liberação de água na embalagem durante a estocagem (CLAUS et al. 1990). KEETON (1994) e CENGIZ & GOKOGLU (2005) relatam que a reformulação utilizando substitutos de gordura pode causar uma redução no tamanho das partículas da emulsão, coloração escura no produto, falta de sabor de carne e diminuição na vida útil, do ponto de vista microbiológico. MANSOUR & KALIL (1999) relataram que o maior problema na aceitabilidade de produtos com baixo teor de gordura é a diminuição da palatabilidade.

3.3.2.1. Classificação dos substitutos de gordura

De acordo com AKOH (1998), os termos e definições usados para descrever os substitutos de gordura variam entre os autores e freqüentemente causam confusão e desentendimento. São genericamente categorizados em dois grupos: substitutos de gordura 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. Muitos substitutos de gordura são estáveis ao cozimento e congelamento (AKOH, 1998).

Imitadores de gorduras ou gorduras miméticas são substâncias que imitam as propriedades sensoriais ou físicas dos triacilgliceróis, mas não podem substituí-los na base grama por grama. Frequentemente chamados substitutos de gordura a base de proteínas ou carboidratos, são constituintes comuns dos alimentos, e podem ser quimicamente ou fisicamente modificados para a função de gordura mimética. Eles não são estáveis ao congelamento porque estão ligados excessivamente com a água, e desnaturam ou caramelizam a altas temperaturas (AKOH, 1998).

GIESE (1996) divide os substitutos de gordura nos alimentos em três grupos: baseados em carboidratos, em proteínas e em lipídios modificados.

Os substitutos ou imitadores de gorduras a base de proteínas são derivados do leite, ovo, soro ou proteínas vegetais (GIESE, 1996; AKOH, 1998). AKOH (1998) cita que algumas destas proteínas são microparticuladas (desnaturadas pelo aquecimento) para formar partículas redondas microscópicas coaguladas que imitam a sensação e textura da gordura; algumas são processadas para modificar outros aspectos de funcionalidade como propriedades de emulsificação e retenção de água. Proteínas concentradas e isoladas de soro são consideradas ingredientes funcionais para produtos alimentícios (GIESE, 1996). KEETON (1994) destaca o plasma sangüíneo e o leite em pó desengordurado. Proteínas de baixo peso molecular podem agir como gorduras para alterar a textura de um produto e proteínas microparticuladas proporcionam lubricidade e paladar (ROLLER & JONES, 1996).

Um dos substitutos ou imitadores de gordura a base de proteínas mais conhecidos, Simplesse[®], é um concentrado protéico de soro que foi patenteado pelo processo microparticulado. Foi desenvolvido pela NutraSweet Kelco Company (unidade da Monsanto, São Diego, Califórnia), Simplesse[®] é reconhecido como seguro e recomendado para produtos que não requerem fritura (AKOH, 1998).

De acordo com KEETON (1994) os substitutos de gordura mais freqüentemente usados nos Estados Unidos são as proteínas de soja texturizada e granulada, a concentrada e a isolada; leite em pó desengordurado, caseinatos e proteínas do soro; farinha de trigo e glúten do trigo. Muitas farinhas (50% proteína) e concentrados (70% proteína) são usados em níveis de 3 a 5% (peso na base seca), enquanto que as isoladas (90% proteína) são limitadas a 2% (peso na base seca) do total da fórmula.

Os substitutos ou imitadores de gordura a base de carboidratos são derivados de cereais, grãos e plantas. Gomas, amidos, pectina, celulose, e outros ingredientes de carboidratos propiciam algumas das funções da gordura em alimentos por ligar a água, bem como, propiciam a textura e opacidade (GIESE, 1996). Amido é o hidrocolóide mais comumente usado em alimentos; sua propriedade geleificante é dependente do componente amilose, a qual pode formar pontes de hidrogênio para a construção da rede tridimensional. Podem sofrer modificações químicas para alteração de suas propriedades funcionais (SHAND et al., 1990). AKOH (1988) cita que estes produtos não são estáveis à fritura e que, embora o amido nativo possa algumas vezes ser usado como substituto de gordura, o amido modificado por ácido ou hidrólise enzimática, oxidação, dextrinização, ligações cruzadas ou mono-substituição, são mais usados preferencialmente para melhorar as propriedades sensoriais e funcionais desejadas.

ULLOA (1999) estudou a substituição da gordura em sistema modelo de emulsões de carne e concluiu que em emulsões cárneas bovinas, o baixo teor de gordura acompanhado pelo aumento no teor de água adicionada pode ocasionar modificações na textura dos produtos, podendo ser atenuada pela utilização de ingredientes como o amido modificado e as proteínas do soro de leite.

De acordo com AKOH (1998), gomas são moléculas de alto peso molecular carregadas negativamente, usadas para aumentar a viscosidade na concentração de 0,1 a 0,5%, e como estabilizadores e agentes geleificantes. As gomas mais freqüentemente usadas em produtos com baixo teor de gordura incluem a xantana, guar e carragena (GIESE, 1996).

O termo carragena descreve um grupo de polissacarídeos sulfatados extraídos de várias algas vermelhas. As três principais frações da carragena são kappa, iota e lambda. As frações kappa e iota formam géis termoreversíveis, enquanto que a fração lambda não forma gel. Por causa de sua natureza iônica, a gelatinização da carragena kappa e iota é fortemente influenciada pela presença de eletrólitos. A kappa carragena e íons cálcio formam um gel rígido, termoreversível e altamente resistente; com íons potássio forma gel elástico. A carragena kappa também mostra sinergismo com outras gomas. A carragena iota produz gel flexível, estável ao congelamento e forma um gel elástico na presença de íons cálcio. Carragenas comerciais utilizadas em produtos cárneos são freqüentemente misturas de várias frações de carragena e também podem conter gomas e íons; ainda relata que existe um uso potencial de carragena, especialmente a kappa, em emulsões cárneas e em carnes reestruturadas (SHAND et al., 1990).

KEETON (1994) destaca as fibras alimentares, maltodextrinas e dextrinas como substitutos de gordura. CÁCERES et al. (2004) citam que várias fibras alimentares são utilizadas em produtos cárneos não somente pelo efeito benéfico na saúde, mas também como potencial substituto de gordura.

MANSOUR & KALIL (1999) utilizaram 2,5 a 7,5% de fibra de trigo em hambúrguer de carne bovina para baixar o teor de gordura e concluíram que elas podem ser usadas com sucesso como substituto de gordura, sem afetar a cor, textura, suculência e intensidade do aroma de carne. MENDOZA et al. (2001) relatam que muitas fibras alimentares têm sido utilizadas em produtos cárneos, não somente para determinar seu possível efeito benéfico, mas também como potencial substituto de gordura. A inulina é uma fibra solúvel composta da mistura de polímeros de frutose extraídos de plantas com o grau de polimerização entre 2 e 60. MENDOZA et al. (2001) ainda relata que os resultados do produto (salame) com baixo teor de gordura (30% do convencional) e com aplicação de 10% de inulina tiveram propriedades sensoriais de textura mais macia, mastigabilidade e adesividade similar ao convencional.

CHANG & CARPENTER (1997) relatam que os produtos de aveia têm sido utilizados em produtos cárneos para melhorar as propriedades funcionais e que o farelo de aveia é considerado uma boa fibra solúvel com bons efeitos na redução do colesterol.

AKOH (1998) cita que várias formas de celulose são usadas como substitutos de gordura, freqüentemente em combinação com outros hidrocolóides, tais como gomas e pectinas. São obtidas através da trituração mecânica (por exemplo, celulose em pó), despolimerização química e desintegração mecânica (por exemplo, celulose microcristalina / gel de celulose) e derivação química (por exemplo, celulose carboximetil de sódio / goma de celulose, metil celulose / goma vegetal modificada e hidroxipropil metilcelulose / goma carboidrato). Celulose microcristalina é considerada GRAS (Generally Recognized As Safe – geralmente reconhecida como segura), e não-calórica. Contribui para consistência, estabiliza emulsão e espuma, controla a sinerese, e fornece viscosidade e brilho aos alimentos.

A maltodextrina também é considerada GRAS (Generally Recognized As Safe – geralmente reconhecida como segura), não é doce, e são produzidas pela hidrólise parcial do amido, obtido do amido de milho ou da batata. A média do peso molecular e grau de hidrólise da maltodextrina diferem quanto à Dextrose Equivalente (DE) de 20. Dextrose equivalente é uma medida de conteúdo de açúcar redutor, expresso como glicose. O peso molecular e DE determinam as propriedades funcionais da maltodextrina, tais como viscosidade, habilidade em desenvolver viscosidade e escurecer. São usadas em vários produtos, inclusive carnes processadas (AKOH, 1998).

Oatrim[®] é um ingrediente alimentar fabricado pela hidrólise enzimática parcial do amido, contendo a porção da casca ou farelo obtido da aveia integral ou farinha de milho. A sensação do oatrim[®] imita os triacilgliceróis regulares. É termicamente estável, podendo suportar altas temperaturas em curto tempo, mas não é adequado a fritura. Oatrim[®] pode ser usado em derivados de leite, sobremesas congeladas, cereais, panificação e produtos cárneos; foi desenvolvido pelo Centro Nacional de Pesquisa da Agricultura (USDA) e é licenciado pela Conagra, Quaker Oats, e Rhone-Poulenc (AKOH, 1998). Z-trim[®] também é um ingrediente desenvolvido no mesmo Centro, sendo uma fibra insolúvel fabricada a partir da porção de alto conteúdo de celulose da casca de aveia, soja, ervilha, arroz ou do farelo de milho ou trigo. Contribui com o conteúdo de fibras totais e propicia melhor textura a uma variedade de alimentos, inclusive produtos cárneos (AKOH, 1998). Atualmente é fabricado pela empresa americana Fibergel. No Brasil, o Z-trim[®] é distribuído pelas empresas Kraki e Vogler, e foi considerado o ingrediente mais inovador do mercado de alimentos, na “12^a Food Ingredients South América” (2006), principal feira do setor de matérias-primas para alimentos.

Os substitutos de gorduras à base de gordura ou simplesmente substitutos de gordura são triacilgliceróis com modificação na configuração para reduzir o conteúdo de calorias, ou possuem estrutura química similar aos triacilgliceróis, mas com conteúdo calórico reduzido ou zerado. Emulsificantes são compostos

que contêm propriedades hidrofílicas e lipofílicas. Nas aplicações em alimentos são ésteres de ácido graxos comestíveis e polióis como o glicerol e sorbitol. Estes ésteres podem ser modificados por esterificação com ácidos orgânicos ou por derivações com óxido de etileno. Emulsificantes comuns incluem lecitina, mono e diglicerídios, e outros. Outro grupo de substitutos de gorduras a base de gordura são os análogos de lipídios. Estes incluem produtos como Salatrim[®] (desenvolvido por Nabisco Foods Group, e é licenciado pela Cultor Food Science pelo nome Benefat 1[®], de acordo com Akoh, 1998), caprenina[®], e olestra[®]. (GIESE, 1996).

De acordo com KEETON (1994) os substitutos de gordura devem contribuir com o mínimo de calorias para o produto e não deve ser prejudicial à qualidade sensorial.

3.3.3. Incorporação de ingredientes funcionais em produtos alimentícios: ênfase para fibras

A partir dos anos 70, com a introdução dos alimentos funcionais, a busca de ingredientes que modificam os produtos alimentícios tornou-se intensa. Essa nova área da Ciência e Tecnologia de alimentos constitui uma tendência marcante na pesquisa e indústria de alimentos (SGARBIERI & PACHECO, 1999). ARIHARA (2006) relata que há muitas definições para alimentos funcionais.

Uma definição abrangente de alimento funcional refere-se a qualquer alimento, natural ou preparado pelo homem que contenha uma ou mais substâncias, classificadas como nutrientes ou não-nutrientes, capazes de atuar no metabolismo e na fisiologia humana, promovendo efeitos benéficos à saúde, podendo retardar o estabelecimento de doenças crônicas e/ou degenerativas e melhorar a qualidade e a expectativa de vida das pessoas. São efeitos que vão além da função nutricional (SGARBIERI & PACHECO, 1999).

De acordo com a legislação (BRASIL, 1999), alimento ou ingrediente que alegar propriedades funcionais ou de saúde pode, além de funções nutricionais básicas, quando se tratar de nutriente, produzir efeitos metabólicos e ou fisiológicos e ou efeitos benéficos à saúde, devendo ser seguro para consumo sem supervisão médica.

ARIHARA (2006) relatam que várias outras denominações além de alimentos funcionais e nutracêuticos têm sido utilizados para designar alimentos que oferecem proteção especial à saúde, tais como alimentos planejados, alimentos saudáveis, alimentos farmacêuticos, entre outros.

O Japão, precursor do aparecimento dos alimentos funcionais, é o primeiro país a ter um processo regulatório específico para essa categoria de produtos. Em 1991, o conceito de alimentos para uso específico sobre saúde (For Specified Health Use – FOSHU) foi estabelecido. A terminologia FOSHU refere-se a alimentos onde, a partir do conhecimento acerca dos ingredientes e suas interações, esperam-se certos benefícios com permissão de alegações relativas à saúde. Entre os ingredientes funcionais utilizados em alimentos FOSHU estão os oligossacarídeos, fibras alimentares, bactérias do ácido láctico, proteínas de soja, peptídeos, cálcio, ferro, polifenóis, diacilgliceróis (ARIHARA, 2006).

A ação de alimentos funcionais é baseada no uso de ingredientes funcionais. O uso de um ou mais ingredientes funcionais em produtos cárneos tem aberto possibilidade para pesquisa de novos produtos com alegações para a saúde e conseqüente, comercialização (JIMENEZ-COLMENERO et. al., 2001).

Até abril de 2006, aproximadamente 600 produtos já foram aprovados como FOSHU. Dentre estes, encontram-se nove produtos cárneos com a utilização de fibras e proteínas de soja (ARIHARA, 2006).

Atualmente, a fibra alimentar é um dos principais ingredientes em alimentos funcionais, constituindo mais de 50% do total dos ingredientes desta categoria usados em todo o mundo. Tem sido incorporada a todo tipo de alimento e bebidas, como fator de qualidade nutricional muito apreciado pelos consumidores (SAURA-CALIXTO, 2006).

A fibra alimentar é definida tradicionalmente como a fração das partes comestíveis de plantas ou seus extratos, ou sintéticos, análogos, que são resistentes à digestão e absorção no intestino delgado, com completa ou parcial fermentação no intestino grosso. O termo fibra alimentar inclui polissacarídeos, oligossacarídeos, lignina e outras substâncias associadas conforme PROSKY (2001 apud Filisetti, 2006). Hoje em dia a definição é mais ampla incluindo não somente partes não-comestíveis de vegetais, mas também fibras de origem animal como as quitosanas, as quais são derivadas da quitina contidas nos exoesqueletos de crustáceos, moluscos e insetos, onde é o principal polímero fibrilar da parede celular, e cuja estrutura molecular é semelhante à celulose (BORDERÍAS et al., 2005).

FILISSETTI (2006) cita que a FAO (Food and Agricultural Administration) define a fibra alimentar como sendo constituída de substâncias cuja origem pode ser animal ou vegetal e é resistente à hidrólise de enzimas do trato gastrintestinal. Ainda cita que o *Codex Alimentarius* define a fibra alimentar como sendo um componente comestível, de origem vegetal ou animal, não hidrolisado pelas enzimas endógenas do trato digestivo de humanos e determinado por métodos previamente harmonizado. A nova definição para fibra alimentar do *Codex* está sendo elaborada. A versão ALINOR/05/28/26 (Step 7) que está em fase de discussão, considera tanto as características químicas como as fisiológicas da fibra alimentar.

Do ponto de vista químico, os constituintes da fibra podem ser divididos em componentes não-glicídios, polissacarídeos não-amido e amido resistente. Os componentes não glicídios somados à celulose, hemiceluloses e substâncias pécnicas representam os componentes da parede celular vegetal. Gomas, mucilagens, polissacarídeos não-amido de origem vegetal e bacteriana, juntamente com o amido resistente representam os demais componentes da fibra (SGARBIERI & PACHECO, 1999)

No Brasil, segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), a fibra alimentar é definida como “qualquer material comestível que não seja hidrolisado pelas enzimas endógenas do trato digestivo de humano e determinado segundo os métodos publicados pela AOAC em sua edição mais atual” (Resolução nº40) (BRASIL, 2001).

De acordo com FILISETTI (2006), a caracterização feita pelo Brasil para a fração fibra alimentar é pelo seu significado fisiológico e exclui todos aqueles componentes que não são determinados pelos métodos preconizados pela AOAC, como por exemplo, carboidratos com baixo grau de polimerização ($GP < 12$) e solúveis em etanol a 78%. Já na Resolução RDC nº 360 de 23/12/2003 (BRASIL, 2003) é apenas mencionado que, para fins de comprovação nutricional, devem ser utilizados métodos analíticos reconhecidos internacionalmente e validados, sem definir quais métodos devem ser utilizados para determinação da fibra alimentar.

Conforme a sua definição, a fibra alimentar pode fazer parte da categoria de alimentos funcionais, pois interfere em uma ou mais funções do corpo de maneira positiva (FILISETTI, 2006).

As técnicas utilizadas para determinação de fibras alimentares estão em constante evolução, acompanhando o progresso do conhecimento nesta área. Por

alguns anos, o método padrão para determinação de fibras alimentares totais foi o método AOAC 985.29. Com o reconhecimento que amido resistente e oligossacarídeos não digeríveis são fibras alimentares, foi necessário desenvolver metodologias capazes de determinar estes componentes específicos. Em paralelo, foram necessários ajustes para a determinação de fibra alimentar total e de todos seus componentes e fazer validações para certificar de que nenhum desses componentes é quantificado duas vezes (McCLEARY & ROSSITER, 2004).

Atualmente, são reconhecidos dois procedimentos fundamentais para determinar frutanos: um procedimento instrumental (Método AOAC 997.08) e outro com procedimento enzimático (Método AOAC 999.03). O procedimento instrumental requer uso de equipamentos caros, como HPLC com coluna de troca iônica e reação colorimétrica pós-coluna. O outro envolve hidrólise de sacarose e sua redução por borohidreto, é simples para usar, mas é limitado por subestimar o conteúdo de frutanos parcialmente hidrolisados, de baixo peso molecular que acabam sendo também reduzidos pelo borohidreto e considerados produtos da hidrólise da sacarose (McCLEARY & ROSSITER, 2004).

Com o objetivo de quantificar com maior precisão os frutanos, o método acima foi modificado, sendo eliminado a etapa de redução com o borohidreto. Deste modo, os frutanos são completamente hidrolisados utilizando uma frutanasase, que realiza hidrólise completa dos frutanos. Por dosagens espectrofotométricas em diferentes etapas se faz a quantificação deste componente. Para tal, é necessário sempre conhecer o fator de correção para cada amostra, ou seja, torna-se necessário realizar o mesmo procedimento enzimático para conhecer o fator de redução (McCLEARY & ROSSITER, 2004).

De acordo com BORDERÍAS (2005) e JIMENEZ-COLMENERO et.al. (2001), a fibra como um ingrediente alimentar possui duas propriedades: a) de

funcionalidade tecnológica; b) funcionalidade fisiológica. Dependendo do tipo de fibra, as propriedades variam amplamente.

Baseado na solubilidade intestinal simulada, as fibras alimentares são classificadas como insolúveis ou solúveis. Fibras insolúveis incluem principalmente celulose, lignina, e hemicelulose; fibras solúveis incluem pectinas, beta-glucanas, gomas galactomananas e uma grande variedade de oligossacarídeos não digeríveis incluindo a inulina (RODRÍGUEZ et al., 2006).

A fração insolúvel exerce um efeito físico-mecânico, aumentando o volume do bolo alimentar e das fezes e diminuindo o tempo de trânsito intestinal. Ao se hidratar, a fibra insolúvel liga não somente água, mas também elementos minerais, vitaminas, sais biliares, hormônios e lipídios, dificultando a absorção e aumentando a excreção dessas substâncias. Por outro lado, os componentes solúveis absorvem muita água, já a partir do estômago, e formam sistemas viscosos de consistência gelatinosa que podem retardar o esvaziamento gástrico e o trânsito do conteúdo intestinal. Esses polissacarídeos tendem a formar uma camada viscosa de proteção à mucosa do estômago e intestino delgado, dificultando a absorção, principalmente de açúcares e gorduras, podendo baixar os níveis de lipídios sanguíneos e teciduais assim como a glicemia (SGARBIERI & PACHECO, 1999). As fibras insolúveis favorecem propriedades como capacidade de retenção de água e capacidade de absorção de gordura (JIMENEZ-COLMENERO et al., 2005).

KATAN & ROOS (2004) relatam que os ingredientes funcionais probióticos são bactérias viáveis que sobrevivem à passagem através do trato gastrointestinal e exercem efeitos benéficos. Alimentos com bactérias do ácido lático podem reduzir a severidade de alguns tipos de diarreia e o risco de eczema atópico infantil. Ingredientes prébióticos são ingredientes alimentares não digeríveis – geralmente carboidratos – que beneficiam o hospedeiro por estimular

seletivamente algumas espécies de bactérias já residentes no colo, melhorando a saúde do hospedeiro.

É importante ressaltar que estas substâncias fisiologicamente ativas devem estar presentes nos alimentos funcionais, em quantidades suficientes e adequadas, para produzir o efeito fisiológico desejado (SGARBIERI & PACHECO, 1999).

Do ponto de vista tecnológico, a utilização de fibras interfere na capacidade de retenção de água, capacidade de ligação com gordura, viscosidade, geleificação, capacidade quelante, capacidade fermentativa, textura e outras propriedades, conforme descrito por BORDERÍAS et al. (2005), a seguir:

- a) Capacidade de retenção de água: considerada a mais importante propriedade do ponto de vista tecnológico é a capacidade em ligar água. Quando na forma de pó, as fibras que são fundamentalmente celulósicas e ligam várias vezes o seu peso em água; esta capacidade é relativa ao seu comprimento e espessura da partícula da fibra. Fibras de algas, dependendo do tipo, podem reter em mais de 20 vezes o seu peso seco. O pH do meio geralmente influencia a capacidade de retenção de água.
- b) Capacidade de ligar gordura: a capacidade da fibra em ligar gordura depende mais da porosidade da fibra do que da afinidade molecular. Por esta razão, para prevenir a saída da gordura, é aconselhável adicionar a fibra na água primeiro, assim a água enche os poros e previne a entrada da gordura. Isto evita a absorção excessiva de gordura na fritura, quando fibras são usadas em produtos cárneos que poderão ser fritos.

- c) Viscosidade: fibras, como pectinas, gomas, beta-glucanas e polissacarídeos extraídos de algas, formam soluções muito viscosas. A viscosidade de fibras insolúveis e algumas solúveis, como a inulina, são mínimas.

- d) Capacidade de formar géis: gel é o termo utilizado para a associação de unidades poliméricas que formam uma rede na qual água e/ou outros solutos são inclusos. Muitas fibras solúveis formam géis, como carragena (iota e kappa), pectinas, konjac, e outras. Esta capacidade dependerá de vários fatores que incluem a concentração, temperatura, presença de certos íons e pH. Alguns dos ingredientes citados possuem sinergismo quando administrados em conjunto com amido, goma xantana ou carragenatos.

- e) Capacidade quelante: Muitos tipos de fibras possuem a capacidade de troca iônica com ligações minerais, sendo que uma das conseqüências disto é que estes íons podem prevenir a operação de ativação de reações de oxidação lipídica. Algumas fibras possuem a capacidade para troca iônica com cobre. Algumas fibras como a inulina e oligofrutose constituem uma exceção para esta capacidade.

- g) Capacidade fermentativa: dependendo do tipo de fibra, elas são capazes de fermentar. Enquanto celulose fermenta pouco, pectinas são mais capazes de fermentar.

- h) Melhora da textura: em muitos produtos cárneos e alguns produtos derivados de peixe, o uso destas fibras pode auxiliar na textura adequada de produtos reestruturados.

Outras propriedades 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 encolhimento de produtos reestruturados durante o cozimento.

Atualmente no Brasil, a grande procura pela utilização de fibras em produtos cárneos é principalmente devido à possibilidade de diminuição de custos devido à alta capacidade de retenção de água destes ingredientes. A incorporação de água e fibras em equilíbrio na formulação de produtos cárneos pode auxiliar na obtenção de produtos com redução de custos finais.

CYRINO & BARRETTO (2006) relatam algumas razões para se utilizar fibras em produtos cárneos: ingrediente com grande benefício à saúde, baixo valor calórico, podem ser utilizados como substitutos parciais de gorduras, excelente capacidade de retenção de água, odor neutro, melhora no fatiamento de produtos, e constituem-se em ingredientes com propriedades funcionais reconhecidas.

Portanto, considera-se que a adição de fibras alimentares em alimentos consumidos freqüentemente como os produtos cárneos podem ajudar a aumentar a ingestão diária de fibra (JIMENEZ-COLMENERO et al. 2005).

3.3.3.1. Inulina, fibra de trigo e fibra de aveia

A inulina é uma fibra dietética solúvel composta de mistura de polímeros de frutose, com ligações lineares β (2-1), extraídos de plantas com um grau de polimerização variando de 2 a 60. Possui baixo valor calórico, e contribui com a melhora do sabor. É fermentado no colon resultando em aumento das

bifidobactérias e produção de ácidos graxos de cadeia curta favorecendo a absorção de cálcio e sua retenção (MENDOZA et al., 2001).

Ocorre em quantidades significativas em várias frutas e verduras comestíveis e cereais. Industrialmente sua extração acontece principalmente da raiz da chicória. Através de uma hidrólise enzimática parcial se produz frutanos de cadeia curta chamados frutooligossacarídeos (com grau de polimerização de 2 a 10). O produto comercial Raftilose[®] possui grau de polimerização de 2 a 8. Também se obtém frutanos de cadeia larga (grau de polimerização de 11 a 60). Com a remoção dos frutooligossacarídeos de cadeia curta, se obtém a inulina HP (high performance) (PAK, 2006). Ainda relata que a inulina têm sido usada em muitos países como substitutos de gordura e também para reduzir as calorias dos alimentos.

PAK (2006) cita que a inulina possui menor solubilidade quando comparada com frutooligossacarídeo, mas melhora a estabilidade de emulsões e mostra características semelhantes a gordura. A inulina HP se mostra mais funcional (substituto de gordura) que a inulina padrão da chicória. Tanto a inulina quanto os frutooligossacarídeos são fermentados completamente pelas bactérias que colonizam o intestino grosso.

A inulina é um ingrediente prebiótico porque não é digerível e que seletivamente estimula o crescimento e a atividade de bactérias intestinais que estimulam a saúde (bifidobactérias). Resultados positivos tem sido encontrados em seres humanos com doses entre 5 e 20g/dia, geralmente por um período de 15 dias PAK (2006).

Fibras de cereais, as quais possuem uma grande proporção de fibra insolúvel, têm vantagens fisiológicas e tecnológicas por constituírem

principalmente de celulose. Destaca-se a capacidade de ligação com água e gordura e também a capacidade de reduzir custos de formulação. Entre 1 e 3% de fibra de trigo na formulação de certos alimentos, pode ajudar na redução da retenção de lipídios quando estes alimentos são fritos (SÁNCHEZ-ALONSO et al., 2007). Os autores ainda relatam que estes tipos de fibras possuem vantagens por serem inertes e não reativas a outros ingredientes e praticamente por não possuírem calorias.

A fibra de trigo Vitacel[®] tem sido utilizada em muitos trabalhos como substituto de gordura e também como substituto de sal (JIMÉNEZ-COLMENERO et al., 2005; SÁNCHEZ-ALONSO et al., 2007).

4. MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado em quatro etapas. Na primeira, foi estudada a capacidade de retenção de água de alguns substitutos de gordura utilizados comercialmente, para uma seleção inicial, com aplicação de alguns em formulação de mortadela. Assim, foram realizadas algumas análises para verificar a interferência destes ingredientes no produto final.

Na segunda etapa, avaliou-se a influência de três tipos de fibras (uma solúvel e duas insolúveis) em mortadela com baixo teor de gordura, utilizando um planejamento fatorial completo.

Na terceira etapa estudou-se o efeito da incorporação da gordura e da fibra de trigo em mortadela, após se terem fixado os teores das outras fibras, utilizando os resultados do planejamento realizado anteriormente. Também se utilizou o planejamento fatorial completo. Assim, a quarta etapa foi realizada para validar o processo, confirmando informações obtidas anteriormente.

4.1. Avaliação dos substitutos de gordura

Oito substitutos de gordura foram escolhidos para a seleção inicial: Simplese[®] - CPKelco, proteína isolada de soja (Supro[®] 500L) - Solae Company, fibra de trigo Vitacel[®] WF200 - J. Rettenmaier & Söhne, farelo de aveia Oat Bran[®] - Quaker, Raftline[®] - Orafti, Fibra de aveia Vitacel[®] HF600 - J. Rettenmaier & Söhne, Fibra de maçã Vitacel[®] - J. Rettenmaier & Söhne, Fibra de laranja Vitacel[®] - J. Rettenmaier & Söhne .

Os produtos citados foram analisados com relação a sua capacidade de retenção de água e, em seguida, quatro ingredientes destes foram aplicados numa formulação de mortadela, conforme descrito na Tabela 1. As fibras tiveram preferência devido aos objetivos do trabalho.

4.1.1. Capacidade de retenção de água

A capacidade de retenção de água foi realizada conforme descrito por SMITH et al. (1973) e com as modificações propostas por OLIVO (1995). Foram pesados 20 g de cada amostra de substituto de gordura e, posteriormente, cada amostra pesada foi dispersa em 200ml de solução de NaCl 3,5%, com auxílio de um agitador mecânico. O pH da solução foi ajustado para 6,2 (próximo do pH final de mortadela comercial), através da solução 0,1N HCl ou 0,1N de NaOH. Foram transferidos 20g de cada mistura para um tubo plástico de centrífuga de 50 ml (previamente tarado) e, em seguida, os tubos foram aquecidos em banho-maria a 85°C por 15 minutos com baixa agitação, resfriados em água corrente por 5 minutos (para choque térmico) e, então, centrifugados a 5000 rpm por 15 minutos a 25°C. O fluido sobrenadante foi descartado (através da inversão do tubo) cuidadosamente e, então, o tubo foi pesado. A capacidade de retenção de água foi expressa como a razão do peso úmido do ingrediente (substituto de gordura) pelo peso seco do ingrediente (secagem a 105°C por 20 horas).

4.1.2. Aplicação dos substitutos de gordura na mortadela com baixo teor de gordura

Foram realizadas cinco formulações de mortadela em triplicata. Todos os ingredientes adicionados em mesma quantidade, exceto a quantidade de fibras e água, conforme especificado na Tabela 1. As emulsões foram formadas em equipamento Stefanie, embutidas em tripa impermeável e cozidas em água quente

a 85°C, até que a temperatura interna atingisse 72° C. O resfriamento foi feito em água corrente. Todo o procedimento foi realizado em escala piloto na planta do Laboratório de Carnes e Processos do DTA (FEA / UNICAMP).

A matéria-prima cárnea utilizada foi acém e paleta – carne magra do dianteiro bovino, obtidas em açougue local, onde foram retirados os ossos e nervos, e o excesso da gordura aparente.

A formulação convencional foi realizada para comparação das análises e se encontra especificada também na Tabela 1.

Tabela 1. Formulação básica das mortadelas com baixo teor de gordura e formulação convencional (em %).

	FC* (%)	FFT**(%)	FR ***(%)	FOB**** (%)	FFA*****(%)
Carne magra de dianteiro bovino	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0
Gordura suína	20,0	-	-	-	-
Água (gelo)	11,5	26,5	21,5	27,5	27,5
Amido (fécula de mandioca)	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Condimento concentrado para mortadela Kraki®	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Sal de cura Kraki®	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Tripolifosfato de sódio	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Sal	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Eritorbato de sódio	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Fibra de trigo Vitacel®	-	5,0	-	-	-
Raftiline®	-	-	10	-	-
Oat Bran®	-	-	-	4,0	-
Fibra de aveia Vitacel®	-	-	-	-	4,0
TOTAL	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

*FC = formulação Convencional

**FFT= Formulação com fibra de trigo Vitacel®

***FR = Formulação com Raftiline®

****FOB = Formulação com Oat Bran®

*****FFA = Formulação com fibra de aveia Vitacel®

Foi utilizado 10% de inulina devido a obtenção de bons resultados por MENDOZA et al. (2001) com a utilização de inulina na concentração de 10% em amostras de salame, como substitutos de gordura.

MANSOUR & KHALIL (1999) utilizaram níveis de adição de fibra de trigo entre 2,5 e 7,5% e obtiveram bons resultados sensoriais como substitutos de gordura em amostras de produtos cárneos de origem bovina reestruturados. SÁNCHEZ-ALONSO et al. (2007) utilizou a fibra de trigo Vitacel[®] em produtos reestruturados de peixe na concentração de 3 e 6%, como ingrediente funcional e obteve bons resultados sensoriais na concentração de 3%. Assim, foi utilizado 5% de fibra de trigo. Também foi utilizado o mesmo nível para fibra de aveia, devido não ter sido encontrado trabalhos com utilização de fibra de aveia em produtos cárneos.

4.1.3. Métodos analíticos utilizados

As seguintes análises foram feitas em amostra de cada formulação: análise de atividade de água, teste de estabilidade da emulsão, análise de perfil de textura e análise de pH durante a estocagem, conforme descritas no item 4.5.

4.2. Influência de três tipos de fibras como substitutos de gordura em mortadela

As mortadelas de baixo teor de gordura foram formuladas baseando-se na formulação básica, conforme especificado anteriormente na Tabela 1. Também foi realizada a formulação controle, para comparação das análises envolvidas. A Tabela 4 apresenta todas as formulações detalhadas deste experimento.

4.2.1. Processamento

A carne bovina utilizada foi originada do Frigorífico Friboi, com data de embalagem de 26/05/2005. O dianteiro bovino foi desossado e foi utilizado tanto a paleta quanto o acém, com retirada de grande parte da gordura aparente.

A carne magra utilizada foi moída em disco de 3 mm e levada para o “cutter” para a cominuição e formação da massa. A gordura suína da formulação tradicional foi moída em disco com diâmetro de 8 mm. Todo este procedimento foi realizado em indústria frigorífica.

As mortadelas com baixo teor de gordura não tiveram adição de toucinho em cubos. A mortadela controle (convencional) com 20% de gordura e sem adição de fibras também não teve adição do toucinho em cubos, pois foi usada para comparação com as outras formulações (teste de aceitação).

A massa final foi embutida em tripa plástica contendo aproximadamente 1 kg de produto. Em seguida as peças foram cozidas até temperatura interna atingir 72°C e resfriadas em chuveiros. Devido ao material da tripa, não houve perdas durante o cozimento.

As peças foram conservadas em temperatura ambiente por 45 dias.

4.2.2. Delineamento experimental para as três variáveis

A Metodologia de superfície de resposta foi planejada para testar a hipótese do efeito de três substitutos de gordura (x_1 , x_2 , e x_3) e suas combinações, conforme Tabela 2 e 3. Totalizaram 18 formulações (8 fatoriais, 4 centrais e 6 axiais) e mais a formulação controle (formulação convencional). A Tabela 2 mostra

as variáveis e níveis de variação dos substitutos de gordura selecionados, de acordo com a metodologia de superfície de resposta.

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

Variáveis	Níveis				
	- $\alpha(-1,68)$	-1	0	1	+ $\alpha(+1,68)$
X₁ = Inulina Raftiline®	0,00%	2,00%	5,00%	8,00%	10,00%
X₂ = fibra de trigo WF200 Vitacel®	0,00%	1,00%	2,50%	4,00%	5,00%
X₃ = fibra de aveia HF600 Vitacel®	0,00%	1,00%	2,50%	4,00%	5,00%

Tabela 3. Delineamento fatorial completo para as três variáveis independentes.

Ensaio	Variáveis codificadas			Variáveis reais (%)		
	x ₁	x ₂	x ₃	X ₁	X ₂	X ₃
1	-1	-1	-1	2	1	1
2	+1	-1	-1	8	1	1
3	-1	+1	-1	2	4	1
4	+1	+1	-1	8	4	1
5	-1	-1	+1	2	1	4
6	+1	-1	+1	8	1	4
7	-1	+1	+1	2	4	4
8	+1	+1	+1	8	4	4
9	0	0	0	5	2,5	2,5
10	0	0	0	5	2,5	2,5
11	0	0	0	5	2,5	2,5
12	0	0	0	5	2,5	2,5
13	-1,68	0	0	0	2,5	2,5
14	+1,68	0	0	10	2,5	2,5
15	0	-1,68	0	5	0	2,5
16	0	+1,68	0	5	5	2,5
17	0	0	-1,68	5	2,5	0
18	0	0	+1,68	5	2,5	5

Todos os resultados das análises dos produtos finais (exceto análise microbiológica) foram tratados estatisticamente (Teste de Tukey), utilizando o programa estatístico SAS (Statistical Analysis System, 1996).

Para as análises dos efeitos, ANOVA e gráficos das superfícies de respostas e curvas de contorno foi utilizado o programa STATISTICA 5.5 da Statsoft Inc. (3225 East 13 th Street, Tulsa, OK, 74104, USA).

A Tabela 4 apresenta as formulações detalhadas para este delineamento.

Tabela 4. Formulação básica das mortadelas do delineamento 2³ e formulação controle (em %).

	F1(%)	F2(%)	F3(%)	F4(%)	F5(%)	F6(%)	F7(%)	F8(%)	F9, F10, F11 e F12 (%)	F13(%)	F14(%)	F15(%)	F16(%)	F17(%)	F18(%)	F19(%) - controle
Carne magra de dianteiro bovino	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0
Gordura suína	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20,0
Água (gelo)	27,5	21,5	24,5	18,5	24,5	18,5	21,5	15,5	21,5	26,5	16,5	24	19	24	19	11,5
Amido	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Condimento para mortadela Kraki®	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Sal de cura Kraki®	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Tripolifosfato de sódio	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Sal	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Eritorbato de sódio	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Raftiline®	2,0	8,0	2,0	8,0	2,0	8,0	2,0	8,0	5,0	0,0	10,0	5,0	5,0	5,0	5,0	-
Fibra de trigo Vitacel®	1,0	1,0	4,0	4,0	1,0	1,0	4,0	4,0	2,5	2,5	2,5	0,0	5,0	2,5	2,5	-
Fibra de aveia Vitacel®	1,0	1,0	1,0	1,0	4,0	4,0	4,0	4,0	2,2	2,5	2,5	2,5	2,5	0,0	5,0	-
TOTAL	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

4.2.3. Fibras utilizadas

As fibras utilizadas neste experimento foram:

- fibra de trigo Vitacel[®] (JRS & Söhne Inc., São Paulo), tipo WF200: teor mínimo de 94% de fibras alimentares, sendo a composição das fibras em 74% de celulose, 26% de hemicelulose e < 0,5% de lignina, tendo 250 µm de comprimento e 25 µm de largura. Aparência de pó branco, de odor e sabor neutro, com capacidade de retenção de água de 3,5 a 7,4 g de água/g de peso seco, variando de acordo com o tamanho da partícula. É livre de glúten e ácido fítico e sua densidade volumétrica está próxima de 75g/l. Seu valor calórico é de 0,07 kcal/g.

- fibra de aveia Vitacel[®] (JRS & Söhne Inc., São Paulo), tipo HF 600: com 93% de fibras insolúveis e teor máximo de 3% de fibras solúveis. A composição das fibras insolúveis é 70% de celulose, 25% de hemicelulose e menor que 5% de lignina. Quanto ao comprimento das fibras, 98% são menores que 100 µm. Aparência de pó branco, de odor e sabor neutro. Livre de glúten e ácido fítico e sua densidade volumétrica está entre 180 e 240g/l. Seu valor calórico é de 0,06 kcal/g.

- Raftiline[®] HPX (Clariant, São Paulo, representante da Orafiti): fibra dietética solúvel, inulina, com alta performance, extraída da chicória, sem odor, em pó. Composta de mistura de polímeros de frutose, com grau de polimerização variando de 2 a 60. PAK (2006) cita que o valor calórico estimado é de 1,5 kcal/g.

A Figura 1 ilustra as amostras das fibras utilizadas, em béquer contendo 80g de cada amostra.



Figura 1. Fotografia das fibras utilizadas, em béquer, contendo 80g de cada amostra.

4.2.4. Métodos analíticos utilizados na avaliação dos produtos finais e frequência (em dias) deste experimento

As seguintes análises (descritas no item 4.5) foram realizadas em amostras de cada formulação:

- determinação de atividade de água: 0, 15, 30 e 45 dias;
- teste de estabilidade da emulsão: 0 dia;
- determinação de pH: 0, 15, 30 e 45 dias;
- análise de perfil de textura: 30 dias;
- avaliação de oxidação lipídica (nº de TBARS): 0, 30 e 45 dias;
- determinação de cor: 30 dias;
- composição química básica: 15 dias;
- análise microbiológica: 0, 30 e 45 dias;
- análise sensorial: 15 dias

4.3. Efeito do teor reduzido de gordura e adição de fibra de trigo em mortadela

4.3.1. Processamento

A carne bovina utilizada foi originada do Frigorífico Mataboi com data de embalagem de 17/10/2005. A paleta e acém estavam embalados à vácuo e sem a gordura aparente.

A carne magra foi moída em disco de 5 mm e levadas para o cutter para realizar a trituração e formação da massa. A gordura suína utilizada foi moída em disco com diâmetro de 8 mm. Havia presença de tecido muscular na gordura suína. Todo este procedimento foi realizado em indústria frigorífica.

As mortadelas não tiveram adição de toucinho em cubos.

A massa final foi embutida em tripa plástica contendo aproximadamente 1 kg de produto. Em seguida as peças foram cozidas até temperatura interna atingir 72°C e resfriadas em chuveiros. Devido ao material da tripa, não tiveram perdas durante o cozimento.

As peças foram conservadas em temperatura ambiente por 45 dias.

Além das formulações descritas na Tabela 7, foi realizada uma amostra controle de mortadela convencional, com 20 % de gordura e sem adição de fibras. Assim, totalizaram-se, treze formulações.

4.3.2. Delineamento experimental para as duas variáveis

Foi feito o planejamento fatorial completo 2^2 , onde foram fixadas as variáveis anteriores inulina e fibra de aveia, e foi introduzida outra variável: a gordura. A Tabela 5 mostra as variáveis e os níveis de variação deste planejamento. Como não foi possível otimizar a fibra de trigo no experimento anterior, novamente ela foi variável, mas seu nível de adição foi até 4%. Foi utilizada adição parcial de gordura, ou seja, redução de 50% na gordura geralmente adicionada (portanto até 10%). A Tabela 6 apresenta as variáveis reais e codificadas.

Tabela 5. Variáveis e níveis de variação do planejamento 2^2 .

Variáveis	Níveis				
	- $\alpha(-1,41)$	-1	0	1	+ $\alpha(+1,41)$
X₁ = fibra de trigo WF200 Vitacel®	0,00%	0,58%	2,00%	3,42%	4,00%
X₂ = Gordura	0,00%	1,45%	5,00%	8,55%	10,00%

Tabela 6. Delineamento fatorial completo para as duas variáveis independentes.

Ensaio	Variáveis codificadas		Variáveis reais	
	x ₁	x ₂	X ₁	X ₂
1	-1	-1	0,58	1,45
2	1	-1	3,42	1,45
3	-1	1	0,58	8,55
4	1	1	3,42	8,55
5	0	0	2	5
6	0	0	2	5
7	0	0	2	5
8	0	0	2	5
9	-1,41	0	0	5
10	1,41	0	4	5
11	0	-1,41	2	0
12	0	1,41	2	10

Para as análises dos efeitos, ANOVA e gráficos das superfícies de respostas e curvas de contorno foi utilizado o programa STATISTICA 5.5 da Statsoft Inc. (3225 East 13 th Street, Tulsa, OK, 74104, USA).

A Tabela 7 apresenta as formulações detalhadas para este delineamento.

Tabela 7. Formulação básica das mortadelas com teor reduzido de gordura e formulação controle (em %).

	F1(%)	F2(%)	F3(%)	F4(%)	F5, F6, F7, F8(%)	F9(%)	F10(%)	F11(%)	F12(%)	F13(%) - controle
Carne magra de dianteiro bovino	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0
Gordura suína	1,45	1,45	8,55	8,55	5,0	5,0	5,0	0,0	10,0	20,0
Água (gelo)	23,67	20,83	16,57	13,73	18,7	20,7	16,7	23,7	13,7	11,7
Amido	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Condimento para mortadela Kraki®	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Sal de cura Kraki®	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Tripolifosfato de sódio	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Sal	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Eritorbato de sódio	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Raftiline®	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	-
Fibra de trigo Vitacel®	0,58	3,42	0,58	3,42	2,0	0,0	4,0	2,0	2,0	-
Fibra de aveia Vitacel®	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	-
TOTAL	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

4.3.3. Métodos analíticos utilizados na avaliação dos produtos finais e frequência (em dias) deste experimento

As seguintes análises (descritas no item 4.5) foram realizadas em amostras de cada formulação:

- determinação de atividade de água: 0, 15, 30 e 45 dias;
- teste de estabilidade da emulsão: 0 dia;
- determinação de pH: 0, 15, 30 e 45 dias;
- análise de perfil de textura: 30 dias;
- avaliação de oxidação lipídica (nº de TBARS): 0, 30 e 45 dias;
- determinação de cor: 30 dias;
- composição química básica: 15 dias;
- análise sensorial: 15 dias.

4.4. Validação do processo

Esta última parte do trabalho tem por objetivo verificar se os dados obtidos anteriormente se repetem. Para tanto, foram selecionadas duas formulações deste último experimento e mais a formulação controle. Estas três formulações foram realizadas em triplicata, totalizando nove formulações.

4.4.1. Processamento

A carne bovina utilizada foi originada do Frigorífico Mataboi com data de embalagem de 20/02/2005. A paleta e acém estavam embalados à vácuo e sem a gordura aparente.

A carne magra utilizada foi moída em disco de 5 mm e levadas para o “cutter” para realizar a trituração e formação da massa. A gordura suína utilizada também foi moída em disco com diâmetro de 8 mm. Todo este procedimento foi realizado em indústria frigorífica.

As mortadelas não tiveram adição de toucinho em cubos. A massa final foi embutida em tripa plástica contendo aproximadamente 1 kg de produto. Em seguida, as peças foram cozidas até temperatura interna atingir 72°C e resfriadas em chuveiros. Devido ao material da tripa, não tiveram perdas durante o cozimento. As peças foram conservadas em temperatura ambiente por 45 dias.

4.4.2. Métodos analíticos utilizados na avaliação dos produtos finais e frequência (em dias) deste experimento

As seguintes análises (descritas no item 4.5) foram realizadas em amostras de cada formulação:

- composição química básica: 15 dias;
- avaliação de oxidação lipídica (n° de TBARS): 0, 30 e 45 dias;
- avaliação microbiológica: 0, 30 e 45 dias;
- análise de perfil de textura: 30 dias;
- análise de fibras: 30 dias;
- microscopia eletrônica: 40 dias;
- análise sensorial: 15 dias.

4.5. Análises realizadas

4.5.1. Determinação de umidade

Foi realizada de acordo com a Norma 24.002 da ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (1984), que consiste em secagem a 105°C até peso constante.

4.5.2. Determinação de proteína

Foi realizada através da avaliação do nitrogênio total da amostra pelo método KJELDAHL verificado ao nível semimicro (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS, 1975).

4.5.3. Determinação de lipídeos

Foi realizada pelo método BLIGH & DYER (1959).

4.5.4. Determinação de cloreto

Foi realizado por volumetria, de acordo com as normas do INSTITUTO ADOLFO LUTZ (2005).

4.5.5. Determinação de fosfato

Foi realizado por titulação, de acordo com as normas do INSTITUTO ADOLFO LUTZ (2005).

4.5.6. Determinação de cinzas

Foi realizada através da calcificação em mufla (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2005).

4.5.7. Determinação de pH

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

4.5.8. Determinação de Aw

As determinações foram realizadas utilizando o medidor de Aw Aqualab - DECAGON do Laboratório de Carnes e Processos do DTA/Unicamp, em duplicata.

4.5.9. Teste de estabilidade da emulsão

Foi realizada conforme descrito por TORRE (1991), onde 45 a 50g de amostra da emulsão crua foram colocadas em sacos de Nylon/polietileno, seladas sem vácuo e cozidas por 1 hora a 70°C. Após o resfriamento das embalagens, foi retirado o volume de líquido exudado e calculada a % de perda sobre o peso

inicial. A % de estabilidade da emulsão = 100 - % de perda. A Figura 2 ilustra uma amostra da análise realizada.



Figura 2. Fotografia da amostra do teste de estabilidade da emulsão.

4.5.10. Estabilidade microbiológica

Foram feitas análises microbiológicas em amostras estocadas a temperatura ambiente. As análises realizadas foram: contagem total de mesófilos, Clostridio sulfito redutor e contagem de bactérias psicrófilas, realizadas de acordo com VANDERZANT & SPLISTTOESSER (1992).

4.5.11. Análise de perfil de textura

Foi realizado utilizando o analisador de textura TA-xT2i (Texture Technologies Corp., Scarsdale, NY). As amostras foram fatiadas em porções de 20mm de espessura e foi utilizado cilindro para corte para padronizar os cilindros da amostragem. Utilizaram-se seis cilindros de mortadela com diâmetro de 20mm e altura de 20mm, para cada formulação. As amostras foram comprimidas a 30% do seu peso original, com velocidade de 50 pps (pontos por segundo). O probe utilizado foi o P-35 (haste longa / base normal). Todas as medidas foram feitas em temperatura ambiente.

Obs: As amostras de mortadelas dos testes preliminares foram preparadas utilizando cilindro para corte, utilizando-se oito cilindros de mortadela com diâmetro de 13mm e altura de 20mm, para cada formulação.

4.5.12. Avaliação da estabilidade à oxidação lipídica (determinação do n° de TBARS)

A oxidação lipídica pode ocorrer quando a porção insaturada dos ácidos graxos reage com o oxigênio molecular para formar peróxidos, hidroperóxidos e compostos carbonílicos. Os hidroperóxidos podem se decompor em compostos menores, tais como aldeídos, cetonas, álcoois e ácidos, os quais causam odor, sabor e aroma característicos de ranço (TORRES et al., 1989).

Por se tratar de um produto curado, com nitrito em sua formulação, utilizou-se o método de TARLADGIS et al. (1960) com acréscimo do reagente sulfanilamida 0,5% em HCl 20% v/v, segundo ZIPSER & WATTS (1962). Realizou-se o teste de recuperação para se calcular a constante de destilação, conforme detalhado por POLLONIO (1994).

Os números de TBARS foram expressos em miligramas de substâncias que reagem ao ácido tiobarbitúrico / kg de amostra.

4.5.13. Determinação da cor

Para esta análise, a mortadela foi fatiada em porções com espessura de 2 cm. Utilizaram-se três fatias para cada ensaio. Foram realizadas três leituras para cada ensaio. Cada leitura foi resultado da média de três pontos distintos na mesma fatia (mesmo lado). Utilizou-se um espectrofotômetro Colorquest II (Hunter-Lab) calibrado previamente, operando com iluminante D65, ângulo do observador 10°, no modo RSEX (levando em conta o brilho) e no sistema de cor

CIELAB, onde L^* representa a luminosidade, oscilando do branco (100%) ao preto (0%), a^* , o eixo vermelho-verde e b^* , o eixo amarelo-azul. Todas as amostras estavam em temperatura ambiente.

4.5.14. Determinação de fibras

Foram realizadas análises de fibra insolúvel, fibra solúvel e fibra alimentar total em amostras de mortadela, de acordo com HORWITZ (2000) e PROSKY et al. (1992), conduzidas no Laboratório de Química do Instituto de Tecnologia de Alimentos.

O teor de inulina foi determinado pela metodologia com procedimento enzimático para determinação de frutano, conforme relatado por McCLEARY & ROSSITER (2004), também conduzidas no Laboratório de Química do Instituto de Tecnologia de Alimentos.

4.5.15. Análise sensorial

Foi conduzido o teste de aceitabilidade, com as formulações de mortadela com baixo teor de gordura do primeiro experimento e a formulação convencional, totalizando 19 amostras. O mesmo teste foi conduzido no segundo experimento, juntamente com a formulação convencional, totalizando 13 amostras. O objetivo do teste foi avaliar o grau com que os consumidores gostam ou desgostam dos produtos mencionados (Teste de aceitação). A equipe de provadores foi constituída por 30 provadores não treinados, consumidores de produtos cárneos, tanto para o primeiro quanto para o segundo experimento. Para a validação do processo (última etapa) a equipe constituiu de 50 provadores não treinados. As amostras foram apresentadas aos potenciais consumidores em blocos casualizados, de forma monádica seqüencial, utilizando uma escala hedônica estruturada de nove pontos, conforme descrita na Figura 3, em blocos completos

balanceados (cada sessão teve 4 a 5 amostras), com relação aos efeitos posição das amostras e contraste, conforme proposto por MACFIE et al. (1989).

Para avaliação dos dados foi utilizada significância de 10% ($p < 0,10$) devido a maior subjetividade desta resposta. Em análise sensorial, é comum utilizar esta significância (RODRIGUES & IEMMA, 2005).

Os testes foram conduzidos no laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Tecnologia de Alimentos, em cabines individuais e com iluminação representante do dia. As amostras foram fatiadas no dia da análise. A Figura 4 mostra a fotografia da cabine pronta para receber um provador.

Figura 3. Ficha utilizada para teste de escala hedônica (estruturada mista).

Nome: _____ Idade: _____ data: __/__/__	
AMOSTRA _____	
Por favor, prove a amostra codificada de mortadela e use a escala abaixo para indicar o quanto você gostou ou desgostou, em relação a cada característica especificada:	
9 – gostei muitíssimo	
8 – gostei muito	
7 – gostei moderadamente	Em relação a cor _____
6 – gostei ligeiramente	Em relação ao sabor _____
5 – nem gostei/nem desgostei	Em relação à textura _____
4 – desgostei ligeiramente	Em relação a impressão global _____
3 – desgostei moderadamente	
2 – desgostei muito	
1 – desgostei muitíssimo	
Comentários: _____	

Os resultados foram analisados através de Análise de Variância e teste de médias de Tukey utilizando-se o programa estatístico SAS (1996), e também pela

metodologia de Superfície de resposta utilizando o programa STATISTIC 5.5 da Statsoft Inc. (3225 East 13th Street, Tulsa, OK, 74104, USA).



Figura 4. Fotografia da cabine preparada para análise sensorial.

4.5.16. Microscopia Eletrônica de Varredura

A preparação das amostras foi realizada conforme SOUZA (1998), compreendendo as seguintes etapas:

- Fixação pelo glutaraldeído: após o corte das amostras com gillette (filetes de 2mm x 2mm x 7mm, aproximadamente), estas foram colocadas em um vidro com tampa e cobertas com solução de glutaraldeído a 2,5%, em tampão fosfato a 0,1M durante 4 horas.
- Lavagem: consiste na retirada da solução de glutaraldeído a 2,5% com a ajuda de uma pipeta de Pasteur e colocação de aproximadamente 10 ml de solução tampão de fosfato de sódio 0,1M. Deixar por 15 minutos. Retirar esta solução e colocar novamente mais 10ml de sol tampão fosfato de sódio por mais 15 minutos.

- Fratura: após o congelamento das amostras com nitrogênio líquido por aproximadamente 2 minutos, proceder à fratura. Colocar novamente em solução tampão fosfato de sódio (até o preparo da próxima etapa).
- Fixação com tetróxido de ósmio: retirar o tampão e deixar as amostras por 2 horas em solução de tetróxido de ósmio a 1% em tampão fosfato a 0,1M.
- Lavagem novamente (como descrito anteriormente).
- Desidratação: retirar a solução tampão e colocar por 20 minutos em cada concentração de etanol (Merck) – 30%, 50%, 70%, 90 ou 95% e três vezes em etanol absoluto.
- Secagem em Ponto crítico de CO₂: realizado no equipamento CPD-030 – Critical Point Dryer, marca Balzers. As amostras foram colocadas em recipiente adequado e identificadas. Cobertas com etanol absoluto. Após fechamento e resfriamento (4 a 5°C), introduzir aos poucos o CO₂ líquido no etanol e retirar parte disto, também aos poucos. Fazer este procedimento por aproximadamente dez vezes ou até que não saia mais etanol. Então, ligar o aquecimento até 37°C ou até conseguir o ponto crítico, onde a fase líquida e a fase gasosa se fundem. Liberar o gás formado, cuidadosamente, sem muita pressão. As amostras deverão estar secas.
- Montagem dos stubs: colocar cada amostra em papel sulfite, identificar o stubb na parte de baixo e passar a cola metalizada na parte superior. Com a ajuda de um microscópio (aumento de 10 vezes) e pinça, pegar os pedacinhos da amostra e colocar a parte da fratura para cima. Colocá-los na cola, em cima do stubb. Deixar secar.
- Metalização: colocar os stubs dentro do recipiente contido no equipamento Sputter Coater SCD-050, marca Balzers, para que o argônio seja introduzido. A metalização em ouro 24K acontecerá em 240 segundos. Após este procedimento, a amostra deverá ser guardada em dessecador.
- Varredura das imagens em microscópio eletrônico marca Jeol – JSM – 5800 LV Scanning Microscope, Japão. Equipado com programa ARC 58 Jeol Jus versão 2.2 1996-1997 para visualização das imagens. Aceleração de voltagem de 10Kv, submetido a alto vácuo.

Todo o procedimento, a partir da fratura das amostras, foram conduzidos no Laboratório de Microscopia Eletrônica da Faculdade de Biologia da Unicamp.

5. RESULTADOS

A primeira etapa envolveu a avaliação de alguns substitutos de gordura quanto à capacidade de retenção de água e a escolha de parte destes para aplicação em mortadela.

5.1. Avaliação dos substitutos de gordura quanto à capacidade de retenção de água

5.1.1. Análise da capacidade de retenção de água

A Tabela 8 apresenta os resultados da capacidade de retenção de água das amostras analisadas com o objetivo de avaliá-las quanto à capacidade de segurar a água após esforço mecânico (centrifugação), em relação a seu peso.

Tabela 8. Capacidade de retenção de água dos substitutos de gordura.

Substitutos de gordura	CRA (peso/peso) - M (DP)
Fibra de laranja Vitacel [®]	7,8756 ^a (0,74)
Fibra de trigo Vitacel [®] WF200	6,3825 ^a (0,41)
Proteína isolada de soja – Supro [®]	6,1655 ^{a,b} (0,14)
Farelo de aveia Oat Bran [®]	5,3357 ^{b,c} (0,33)
Fibra de maçã Vitacel [®]	4,2646 ^{c,d} (0,77)
Fibra de aveia Vitacel [®] HF600	4,1884 ^d (0,15)
Simplese [®]	1,9948 ^e (0,10)
Raftiline [®] HPX	1,3263 ^e (0,22)

M = Média; DP = Desvio Padrão

a,b,c,d,e médias da mesma coluna com letras iguais não diferem significativamente a p<0,05 (Teste Tukey).

A fibra da laranja Vitacel[®] e a fibra de trigo Vitacel[®] WF200 apresentaram os maiores valores de CRA entre os ingredientes testados. JIMENEZ-COLMENERO et al. (2005) relatam que a fibra insolúvel favorece a capacidade de retenção de água. A proteína isolada de soja não teve diferença significativa para CRA em relação às fibras anteriores pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). A fibra da laranja Vitacel[®] e a fibra de maçã Vitacel[®] possuem sabor característico da fruta. Por isso, não foram utilizadas nos testes preliminares, devido possível interferência no sabor no produto final.

O Simplesse[®] e o Raftiline[®] HPX obtiveram os menores valores para CRA. O Raftiline[®] HPX foi utilizado nos testes preliminares devido aos bons resultados obtidos por MENDOZA et al. (2001), enquanto que o Simplesse[®] por ser uma mistura de ingredientes e não ser uma fibra, não foi utilizado nos testes preliminares de aplicação em mortadela.

A proteína isolada de soja foi utilizada como referência para a análise da CRA, pois é um ingrediente bastante utilizado comercialmente e tecnologicamente pela indústria de carnes. Não foi utilizado nos testes preliminares de aplicação em mortadela por não ser uma fibra dietética, já que possui aproximadamente 90% de proteína em sua composição. JIMENEZ-COLMENERO et al. (2005) citam que as proteínas de soja são um dos principais extensores utilizados em produtos cárneos.

Ao contrário do que cita BORDERÍAS et al. (2005), que as fibras solúveis, tais como pectinas e gomas, possuem alta capacidade de retenção de água que as fibras celulósicas, nesta análise a fibra celulósica apresentou-se com melhor capacidade de retenção de água que a fibra solúvel Raftiline HPX[®].

Assim, a fibra de trigo Vitacel® WF200, o farelo de aveia Oat Bran® (Quaker), a Fibra de aveia Vitacel® HF600, e o Raftiline® HPX foram aplicados nos testes preliminares em produto emulsionado, como substitutos de gordura.

5.2. Aplicação dos substitutos de gordura na mortadela – Testes preliminares

5.2.1. Determinação da atividade de água durante estocagem à temperatura ambiente

A Tabela 9 apresenta os resultados da atividade de água das mortadelas durante estocagem. Através desta tabela também se pode verificar um pequeno aumento, porém significativo (a $p < 0,05$) de atividade de água durante a estocagem, em todas as amostras, após 45 dias de estocagem. Apesar de haver essa diferença estatística, pode-se dizer que os valores são similares.

Tabela 9. Atividade de água das mortadelas durante a estocagem.

Amostra	0 dia M (DP)	20 dias M (DP)	45 dias M (DP)
FC	0,968 ^c (0,002)	0,979 ^b (0,003)	0,985 ^a (0,002)
FFT	0,974 ^b (0,003)	0,973 ^b (0,002)	0,984 ^a (0,003)
FR	0,977 ^b (0,003)	0,979 ^b (0,003)	0,989 ^a (0,002)
FOB	0,982 ^a (0,000)	0,985 ^a (0,001)	0,987 ^a (0,001)
FFA	0,984 ^b (0,001)	0,986 ^b (0,003)	0,993 ^a (0,002)

M = Média; DP = Desvio Padrão

^{a,b,c} médias da mesma linha com letras iguais não diferem significativamente a $p < 0,05$ (Teste Tukey).

FC = formulação controle; FFT = formulação com 5% de fibra de trigo; FR= formulação com 10% de Raftiline HPX; FOB = formulação com 4% de oat bran; FFA = formulação com 4% de fibra de aveia.

5.2.2. Determinação do pH durante a estocagem à temperatura ambiente

A Tabela 10 mostra os resultados do pH durante estocagem à temperatura ambiente das mortadelas. Através do Teste de Tukey ($p < 0,05$) pode-se verificar que no início da estocagem os pH das mortadelas são semelhantes, exceto a amostra controle que possuiu pH um pouco mais baixo que as demais. Apesar dessa diferença, os valores foram considerados próximos.

Tabela 10. pH das mortadelas com substituto de gordura durante estocagem.

Amostra	0 dia	20 dias	45 dias
FC	6,12 ^b	6,10 ^{c,d}	6,13 ^c
FFT	6,16 ^a	6,12 ^c	6,21 ^a
FR	6,17 ^a	6,15 ^b	6,17 ^{a,b,c}
FOB	6,18 ^a	6,07 ^d	6,14 ^{b,c}
FFA	6,19 ^a	6,20 ^a	6,18 ^{a,b}

^{a,b,c,d} médias da mesma coluna com letras iguais não diferem significativamente a $p < 0,05$ (Teste Tukey)

FC = formulação controle; FFT = formulação com 5% de fibra de trigo; FR= formulação com 10% de Raftline HPX; FOB = formulação com 4% de oat bran; FFA = formulação com 4% de fibra de aveia.

Todas as formulações apresentaram boa estabilidade de pH durante estocagem, podendo indiretamente relacionar a boa estabilidade microbiológica das amostras no período de estocagem estudado.

5.2.3. Teste de estabilidade da emulsão

A estabilidade da emulsão expressa a quantidade de líquido (água e/ou gordura) exsudado após o cozimento do produto. Quanto maior a % de estabilidade da emulsão, menor é a perda de líquidos e mais estável é o produto em relação ao tratamento térmico.

A Tabela 11 mostra os resultados da estabilidade da emulsão das mortadelas elaborados com os substitutos de gordura.

Tabela 11. Estabilidade da emulsão das mortadelas dos testes preliminares.

Amostra	EE (em %)
FC	99,60 ^a
FFT	99,41 ^a
FR	98,40 ^b
FOB	99,01 ^a
FFA	99,29 ^a

^{a,b} médias da mesma coluna com letras iguais não diferem significativamente a $p < 0,05$ (Teste Tukey).

FC = formulação controle; FFT = formulação com 5% de fibra de trigo; FR= formulação com 10% de Raftline HPX; FOB = formulação com 4% de oat bran; FFA = formulação com 4% de fibra de aveia.

Todas as formulações apresentaram boa estabilidade da emulsão, com valores acima de 98,5%. A formulação com Raftline HPX apresentou para estabilidade da emulsão o menor resultado em relação às outras formulações (a $p < 0,05$). De acordo com PAK (2006) a inulina melhora a estabilidade de emulsões, o que não foi observado neste estudo preliminar.

5.2.4. Avaliação da firmeza do teste de perfil de textura

Foi realizado o teste de perfil de textura nas amostras de mortadela, onde somente a firmeza foi discutida por constituir o resultado de maior importância para o consumidor entre os atributos de textura, de acordo com HUIDOBRO et al. (2005). MENDOZA et al. (2000) cita que a firmeza representa a força máxima requerida para comprimir a amostra.

A Tabela 12 mostra os resultados da firmeza das mortadelas.

Tabela 12. Firmeza das mortadelas dos testes preliminares.

Amostra	Firmeza (g/cm²)
FC	942,8 ^b
FFT	963,2 ^b
FR	1251,4 ^a
FOB	627,3 ^d
FFA	782,1 ^c

^{a,b,c,d} médias da mesma coluna com letras iguais não diferem significativamente a $p < 0,05$ (Teste Tukey)

FC = formulação controle; FFT = formulação com 5% de fibra de trigo; FR= formulação com 10% de Raftline HPX; FOB = formulação com 4% de oat bran; FFA = formulação com 4% de fibra de aveia.

Apesar de MENDOZA et al. (2000) em seu estudo com salames não ter encontrado efeito da inulina na firmeza, esses resultados indicam que a formulação com inulina (FR) forneceu maior valor para firmeza (a $p < 0,05$) entre os produtos finais analisados, possivelmente devido a % utilizada de Raftiline (10%). Essa mesma formulação também se mostrou diferente quando comparada com as outras para estabilidade da emulsão, ou seja, foi a formulação de menor valor para estabilidade da emulsão e maior valor para firmeza. A formulação com farelo de aveia (oat bran) forneceu menor valor para firmeza (a $p < 0,05$).

5.2.5. Determinação da umidade dos testes preliminares

A determinação de umidade foi realizada para melhor interpretação dos resultados obtidos nas análises anteriores.

A Tabela 13 apresenta os resultados da determinação de umidade para as amostras de mortadela dos testes preliminares.

Tabela 13. % de umidade das mortadelas dos testes preliminares.

Amostras	% U
	M (DP)
FC	58,84 ^c (0,76)
FFT	69,21 ^a (1,21)
FR	66,25 ^b (0,58)
FOB	71,20 ^a (0,97)
FFA	69,89 ^a (0,62)

M = Média; DP = Desvio Padrão

^{a,b,c} médias da mesma coluna com letras iguais não diferem significativamente a $p < 0,05$ (Teste Tukey)

FC = formulação controle; FFT = formulação com 5% de fibra de trigo; FR= formulação com 10% de Raftline HPX; FOB = formulação com 4% de oat bran; FFA = formulação com 4% de fibra de aveia.

A formulação com farelo de aveia (oat bran) apresentou o maior valor para umidade, e isso pode explicar o menor valor encontrado para firmeza, como relatado anteriormente. A formulação controle, de menor valor para umidade, não possuiu o maior valor para firmeza. Também se pode observar que a formulação com inulina, a qual possuiu maior valor para firmeza encontrou valor intermediário para umidade.

De acordo com AKOH (1998), não existe nenhum substituto de gordura ideal para todos os atributos funcionais e sensoriais, então é freqüente usar vários ingredientes em combinações para encontrar as características desejadas. Portanto, foram escolhidos três substitutos de gordura, de acordo com os resultados obtidos, para serem formulados na segunda parte do projeto. Os três substitutos escolhidos foram: fibra de trigo, fibra de aveia e inulina (Raftline HPX).

A inulina na concentração utilizada (10%) contribuiu com a firmeza e isso pode auxiliar no desenvolvimento de produtos com baixo teor de gordura, por conter teores altos de umidade. As fibras de trigo e de aveia apresentaram maiores valores de estabilidade de emulsão. O “oat bran” contribuiu pouco com a

firmeza e aparência do produto final, por não ter sido totalmente triturado no “cutter”.

5.3. Efeito da adição da inulina, fibra de trigo e fibra de aveia na mortadela com baixo teor de gordura

O planejamento fatorial completo ou planejamento composto central rotacional são usados experimentalmente no desenvolvimento de produtos cárneos de baixo teor de gordura (JIMENEZ-COLMENERO, 2000). Esta foi a metodologia utilizada neste estudo para avaliação dos efeitos destas três fibras para algumas respostas, em um produto cárneo emulsionado (mortadela) com baixo teor de gordura (sem adição de gordura suína).

5.3.1. Resultados da composição centesimal

A determinação centesimal das mortadelas deste experimento demonstrou a redução da gordura das formulações em relação à mortadela controle. Os resultados são apresentados na Tabela 14.

Houve diferença ($p < 0,05$) em várias formulações quanto ao teor de umidade, possivelmente devido à quantidade de água adicionada, pois variou para cada formulação. Quanto ao teor de gordura, não houve diferença entre as amostras, exceto na amostra controle onde o teor de gordura é visivelmente superior. Exceto a formulação controle, as outras formulações não tiveram gordura adicionada. Então, o teor de gordura final é o relacionado à gordura da carne adicionada somente. Utilizando média de resultados de 2% para a análise de gordura, a redução da gordura ficou próxima de 85%, em relação à mortadela controle (F13). A média de 2% de gordura das formulações atende o regulamento (BRASIL, 1998) que cita que um produto pronto para consumo (sólido), com a

utilização do atributo “baixo teor de gordura” deve ter no máximo 3g de gordura / 100g.

Tabela 14. Composição centesimal das mortadelas do delineamento 2³.

Amostra	Umidade (%)	Gordura (%)	Proteína (%)	Cinzas (%)
F1	72,14 ^a	1,8 ^b	13,1 ^{a,b}	3,89 ^a
F2	66,69 ^c	1,9 ^b	12,5 ^b	3,84 ^a
F3	69,42 ^b	1,8 ^b	13,4 ^a	3,88 ^a
F4	63,20 ^d	1,2 ^b	12,9 ^{a,b}	3,97 ^a
F5	69,23 ^b	1,9 ^b	12,8 ^{a,b}	3,93 ^a
F6	63,78 ^d	1,2 ^b	12,1 ^b	3,88 ^a
F7	66,40 ^c	1,9 ^b	12,6 ^b	3,84 ^a
F8	59,22 ^e	2,5 ^b	12,2 ^b	3,91 ^a
F9	66,53 ^c	1,3 ^b	12,5 ^b	3,97 ^a
F10	66,65 ^c	2,0 ^b	12,7 ^{a,b}	3,85 ^a
F11	66,33 ^c	1,4 ^b	12,2 ^b	3,87 ^a
F12	66,08 ^c	2,5 ^b	12,4 ^b	3,87 ^a
F13	70,84 ^{a,b}	2,2 ^b	12,5 ^b	3,81 ^a
F14	59,92 ^e	2,2 ^b	12,6 ^b	3,84 ^a
F15	68,34 ^{b,c}	2,4 ^b	12,2 ^b	3,86 ^a
F16	63,64 ^d	2,2 ^b	12,5 ^b	4,03 ^a
F17	68,16 ^{b,c}	2,4 ^b	12,5 ^b	3,89 ^a
F18	63,17 ^d	2,5 ^b	12,8 ^{a,b}	3,96 ^a
F19	60,69 ^e	13,3 ^a	13,6 ^a	3,84 ^a

^{a,b,c,d,e} médias da mesma coluna com letras iguais não diferem significativamente a $p < 0,05$ (Teste Tukey)

F1: formulação com 2% de Raftiline HPX, 1% de fibra de trigo e 1% de fibra de aveia

F2: formulação com 8% de Raftiline HPX, 1% de fibra de trigo e 1% de fibra de aveia

F3: formulação com 2% de Raftiline HPX, 4% de fibra de trigo e 1% de fibra de aveia

F4: formulação com 8% de Raftiline HPX, 4% de fibra de trigo e 1% de fibra de aveia

F5: formulação com 2% de Raftiline HPX, 1% de fibra de trigo e 4% de fibra de aveia

F6: formulação com 8% de Raftiline HPX, 1% de fibra de trigo e 4% de fibra de aveia

F7: formulação com 2% de Raftiline HPX, 4% de fibra de trigo e 4% de fibra de aveia

F8: formulação com 8% de Raftiline HPX, 4% de fibra de trigo e 4% de fibra de aveia

F9 a F12: formulações com 5% de Raftiline HPX, 2,5% de fibra de trigo e 2,5% de fibra de aveia

F13: formulação com 0% de Raftiline HPX, 2,5% de fibra de trigo e 2,5% de fibra de aveia

F14: formulação com 10% de Raftiline HPX, 2,5% de fibra de trigo e 2,5% de fibra de aveia
F15: formulação com 5% de Raftiline HPX, 0% de fibra de trigo e 2,5% de fibra de aveia
F16: formulação com 5% de Raftiline HPX, 5% de fibra de trigo e 2,5% de fibra de aveia
F17: formulação com 5% de Raftiline HPX, 2,5% de fibra de trigo e 0% de fibra de aveia
F18: formulação com 5% de Raftiline HPX, 2,5% de fibra de trigo e 5% de fibra de aveia
F19: formulação controle (sem adição de fibras e com 20% de gordura suína)

Em relação ao teor de proteína, foi encontrada diferença significativa ($p < 0,05$) entre algumas amostras, mas todas as formulações variaram entre 12,1 e 13,6%, atendendo o regulamento técnico de identidade do produto (BRASIL, 2000), o qual cita teor mínimo de 12% de proteína no produto final. A fonte de proteína de todas as formulações foi a carne e, portanto, esta pequena diferença está relacionada com a matéria-prima.

Com relação ao teor de cinzas, não houve diferença ($p < 0,05$) entre as amostras.

5.3.2. Resultados dos teores de cloreto e fosfato

A Tabela 15 apresenta os resultados das análises de teores de cloreto e fosfato para as mortadelas deste delineamento.

Os teores de cloretos e de fosfato não diferiram significativamente (pelo teste de Tukey a $p < 0,05$) entre as amostras.

Tabela 15. Determinação de cloreto e fosfato das mortadelas do delineamento 2³.

Amostra	Cloretos (%)	Fosfato (%)
F1	2,82 ^a	0,45 ^a
F2	2,77 ^a	0,46 ^a
F3	2,81 ^a	0,47 ^a
F4	2,90 ^a	0,46 ^a
F5	2,86 ^a	0,45 ^a
F6	2,81 ^a	0,56 ^a
F7	2,77 ^a	0,42 ^a
F8	2,84 ^a	0,47 ^a
F9	2,80 ^a	0,40 ^a
F10	2,78 ^a	0,44 ^a
F11	2,80 ^a	0,48 ^a
F12	2,80 ^a	0,47 ^a
F13	2,74 ^a	0,42 ^a
F14	2,77 ^a	0,56 ^a
F15	2,79 ^a	0,46 ^a
F16	2,96 ^a	0,51 ^a
F17	2,82 ^a	0,45 ^a
F18	2,89 ^a	0,42 ^a
Controle	2,77 ^a	0,52 ^a

^a médias da mesma coluna com letras iguais não diferem significativamente a $p < 0,05$ (Teste Tukey)

F1: formulação com 2% de Raftiline HPX, 1% de fibra de trigo e 1% de fibra de aveia
F2: formulação com 8% de Raftiline HPX, 1% de fibra de trigo e 1% de fibra de aveia
F3: formulação com 2% de Raftiline HPX, 4% de fibra de trigo e 1% de fibra de aveia
F4: formulação com 8% de Raftiline HPX, 4% de fibra de trigo e 1% de fibra de aveia
F5: formulação com 2% de Raftiline HPX, 1% de fibra de trigo e 4% de fibra de aveia
F6: formulação com 8% de Raftiline HPX, 1% de fibra de trigo e 4% de fibra de aveia
F7: formulação com 2% de Raftiline HPX, 4% de fibra de trigo e 4% de fibra de aveia
F8: formulação com 8% de Raftiline HPX, 4% de fibra de trigo e 4% de fibra de aveia
F9 a F12: formulações com 5% de Raftiline HPX, 2,5% de fibra de trigo e 2,5% de fibra de aveia
F13: formulação com 0% de Raftiline HPX, 2,5% de fibra de trigo e 2,5% de fibra de aveia
F14: formulação com 10% de Raftiline HPX, 2,5% de fibra de trigo e 2,5% de fibra de aveia
F15: formulação com 5% de Raftiline HPX, 0% de fibra de trigo e 2,5% de fibra de aveia
F16: formulação com 5% de Raftiline HPX, 5% de fibra de trigo e 2,5% de fibra de aveia
F17: formulação com 5% de Raftiline HPX, 2,5% de fibra de trigo e 0% de fibra de aveia
F18: formulação com 5% de Raftiline HPX, 2,5% de fibra de trigo e 5% de fibra de aveia
F19: formulação controle (sem adição de fibras e com 20% de gordura suína)

5.3.3. Aw durante a estocagem

A Tabela 16 mostra os resultados da atividade de água durante estocagem à temperatura ambiente.

Tabela 16. Aw das mortadelas do delineamento 2³ durante estocagem.

Amostra	0 dia	15 dias	30 dias	45 dias
	M (DP)	M (DP)	M (DP)	M (DP)
F1	0,979 (0,001) ^{a,b}	0,980 (0,001) ^a	0,979 (0,002) ^{a,b}	0,976 (0,001) ^b
F2	0,976 (0,001) ^b	0,975 (0,002) ^b	0,977 (0,001) ^b	0,983 (0,002) ^a
F3	0,977 (0,001) ^b	0,978 (0,000) ^b	0,978 (0,000) ^b	0,983 (0,001) ^a
F4	0,974 (0,002) ^b	0,975 (0,001) ^b	0,975 (0,001) ^b	0,983 (0,001) ^a
F5	0,978 (0,001) ^b	0,977 (0,001) ^b	0,978 (0,001) ^b	0,985 (0,002) ^a
F6	0,974 (0,000)	0,977 (0,001)	0,975 (0,000)	0,979 (0,001)
F7	0,975 (0,001) ^c	0,978 (0,001) ^b	0,977 (0,002) ^c	0,985 (0,002) ^a
F8	0,973 (0,002) ^a	0,974 (0,001) ^a	0,973 (0,001) ^a	0,983 (0,003) ^b
F9	0,977 (0,001) ^a	0,977 (0,000) ^a	0,978 (0,001) ^a	0,983 (0,000) ^b
F10	0,977 (0,001) ^b	0,979 (0,001) ^{a,b}	0,978 (0,001) ^{a,b}	0,982 (0,003) ^a
F11	0,976 (0,001) ^b	0,977 (0,001) ^b	0,976 (0,001) ^b	0,984 (0,001) ^a
F12	0,976 (0,001) ^c	0,979 (0,001) ^b	0,978 (0,001) ^{b,c}	0,982 (0,000) ^a
F13	0,978 (0,001) ^c	0,981 (0,001) ^b	0,979 (0,001) ^{b,c}	0,984 (0,001) ^a
F14	0,973 (0,001) ^b	0,977 (0,001) ^a	0,974 (0,001) ^b	0,973 (0,001) ^b
F15	0,978 (0,001) ^b	0,981 (0,001) ^a	0,978 (0,001) ^b	0,980 (0,001) ^{a,b}
F16	0,975 (0,001) ^b	0,978 (0,001) ^a	0,976 (0,001) ^{a,b}	0,977 (0,000) ^{a,b}
F17	0,978 (0,001) ^a	0,979 (0,001) ^a	0,978 (0,001) ^a	0,978 (0,000) ^a
F18	0,975 (0,000) ^c	0,978 (0,001) ^b	0,975 (0,000) ^c	0,984 (0,001) ^a
F19	0,973 (0,000)	0,973 (0,001) ^b	0,974 (0,000) ^b	0,984 (0,002) ^a

M = Média; DP = Desvio Padrão

^{a,b,c} médias da mesma linha com letras iguais não diferem significativamente a $p < 0,05$ (Teste Tukey)

F1: formulação com 2% de Raftiline HPX, 1% de fibra de trigo e 1% de fibra de aveia

F2: formulação com 8% de Raftiline HPX, 1% de fibra de trigo e 1% de fibra de aveia

F3: formulação com 2% de Raftiline HPX, 4% de fibra de trigo e 1% de fibra de aveia

F4: formulação com 8% de Raftiline HPX, 4% de fibra de trigo e 1% de fibra de aveia

F5: formulação com 2% de Raftiline HPX, 1% de fibra de trigo e 4% de fibra de aveia
F6: formulação com 8% de Raftiline HPX, 1% de fibra de trigo e 4% de fibra de aveia
F7: formulação com 2% de Raftiline HPX, 4% de fibra de trigo e 4% de fibra de aveia
F8: formulação com 8% de Raftiline HPX, 4% de fibra de trigo e 4% de fibra de aveia
F9 a F12: formulações com 5% de Raftiline HPX, 2,5% de fibra de trigo e 2,5% de fibra de aveia
F13: formulação com 0% de Raftiline HPX, 2,5% de fibra de trigo e 2,5% de fibra de aveia
F14: formulação com 10% de Raftiline HPX, 2,5% de fibra de trigo e 2,5% de fibra de aveia
F15: formulação com 5% de Raftiline HPX, 0% de fibra de trigo e 2,5% de fibra de aveia
F16: formulação com 5% de Raftiline HPX, 5% de fibra de trigo e 2,5% de fibra de aveia
F17: formulação com 5% de Raftiline HPX, 2,5% de fibra de trigo e 0% de fibra de aveia
F18: formulação com 5% de Raftiline HPX, 2,5% de fibra de trigo e 5% de fibra de aveia
F19: formulação controle (sem adição de fibras e com 20% de gordura suína)

Os dados indicam um leve aumento da atividade de água no final da vida útil, semelhante ao encontrado nos testes preliminares, mas são valores muito próximos para este tipo de análise.

5.3.4. Determinação de pH durante a estocagem

A determinação de pH em produtos cárneos pode indicar crescimento de microrganismos durante estocagem. BORCH et al. (1996) cita que as bactérias lácticas deterioram os produtos cárneos refrigerados causando defeitos como produção de odores desagradáveis, descoloração, produção de gás, limosidade e redução nos valores de pH. A Tabela 17 mostra os resultados do pH das mortadelas deste delineamento durante estocagem.

Através dos resultados da Tabela 17, pode-se verificar que os valores de pH das mortadelas mantiveram-se bastante próximos durante a estocagem, variando de 6,21 a 6,40. Isso pode indicar boa estabilidade microbiológica durante a estocagem.

Tabela 17. pH das mortadelas do delineamento 2³ durante estocagem.

Amostras	pH 0dia	pH 15dias	pH 30dias	pH 45dias
	M (DP)	M (DP)	M (DP)	M (DP)
F1	6,25 ^{b,c} (0,018)	6,27 ^{a,b} (0,006)	6,28 ^a (0,001)	6,24 ^c (0,012)
F2	6,26 ^b (0,005)	6,28 ^a (0,006)	6,25 ^b (0,005)	6,21 ^c (0,004)
F3	6,31 ^a (0,005)	6,30 ^a (0,006)	6,26 ^b (0,001)	6,24 ^c (0,005)
F4	6,35 ^a (0,003)	6,34 ^a (0,007)	6,25 ^b (0,037)	6,31 ^a (0,009)
F5	6,33 ^a (0,010)	6,31 ^b (0,002)	6,27 ^c (0,004)	6,24 ^d (0,005)
F6	6,35 ^a (0,002)	6,33 ^{a,b} (0,013)	6,31 ^b (0,015)	6,32 ^b (0,005)
F7	6,30 ^b (0,012)	6,37 ^a (0,011)	6,25 ^c (0,006)	6,29 ^b (0,007)
F8	6,35 ^b (0,009)	6,37 ^a (0,003)	6,31 ^c (0,008)	6,29 ^d (0,005)
F9	6,32 ^a (0,004)	6,33 ^a (0,004)	6,26 ^c (0,012)	6,29 ^b (0,008)
F10	6,32 ^a (0,004)	6,28 ^b (0,004)	6,27 ^{b,c} (0,007)	6,26 ^c (0,004)
F11	6,35 ^b (0,001)	6,38 ^a (0,004)	6,27 ^d (0,007)	6,32 ^c (0,007)
F12	6,34 ^b (0,003)	6,39 ^a (0,008)	6,33 ^{b,c} (0,001)	6,30 ^c (0,019)
F13	6,32 ^a (0,002)	6,32 ^a (0,002)	6,28 ^b (0,008)	6,27 ^b (0,008)
F14	6,33 ^b (0,005)	6,39 ^a (0,001)	6,30 ^c (0,009)	6,29 ^c (0,006)
F15	6,35 ^b (0,005)	6,40 ^a (0,002)	6,30 ^c (0,003)	6,34 ^b (0,007)
F16	6,32 ^b (0,007)	6,37 ^a (0,003)	6,29 ^c (0,012)	6,28 ^c (0,004)
F17	6,34 ^a (0,008)	6,28 ^b (0,020)	6,33 ^a (0,000)	6,35 ^a (0,005)
F18	6,32 ^{a,b} (0,004)	6,31 ^b (0,004)	6,29 ^c (0,010)	6,33 ^a (0,003)
F19	6,31 ^a (0,009)	6,27 ^b (0,020)	6,26 ^b (0,017)	6,25 ^b (0,009)

^{a,b,c,d} médias da mesma linha com letras iguais não diferem significativamente a $p < 0,05$ (Teste Tukey)

M = Média; DP = Desvio Padrão

F1: formulação com 2% de Raftiline HPX, 1% de fibra de trigo e 1% de fibra de aveia

F2: formulação com 8% de Raftiline HPX, 1% de fibra de trigo e 1% de fibra de aveia

F3: formulação com 2% de Raftiline HPX, 4% de fibra de trigo e 1% de fibra de aveia

F4: formulação com 8% de Raftiline HPX, 4% de fibra de trigo e 1% de fibra de aveia

F5: formulação com 2% de Raftiline HPX, 1% de fibra de trigo e 4% de fibra de aveia

F6: formulação com 8% de Raftiline HPX, 1% de fibra de trigo e 4% de fibra de aveia

F7: formulação com 2% de Raftiline HPX, 4% de fibra de trigo e 4% de fibra de aveia

F8: formulação com 8% de Raftiline HPX, 4% de fibra de trigo e 4% de fibra de aveia

F9 a F12: formulações com 5% de Raftiline HPX, 2,5% de fibra de trigo e 2,5% de fibra de aveia

F13: formulação com 0% de Raftiline HPX, 2,5% de fibra de trigo e 2,5% de fibra de aveia

F14: formulação com 10% de Raftiline HPX, 2,5% de fibra de trigo e 2,5% de fibra de aveia

F15: formulação com 5% de Raftiline HPX, 0% de fibra de trigo e 2,5% de fibra de aveia

F16: formulação com 5% de Raftiline HPX, 5% de fibra de trigo e 2,5% de fibra de aveia

F17: formulação com 5% de Raftiline HPX, 2,5% de fibra de trigo e 0% de fibra de aveia

F18: formulação com 5% de Raftiline HPX, 2,5% de fibra de trigo e 5% de fibra de aveia

F19: formulação controle (sem adição de fibras e com 20% de gordura suína)

5.3.5. Avaliação da estabilidade microbiológica

A Tabela 18 apresenta os resultados da avaliação microbiológica das mortadelas durante estocagem.

Tabela 18. Avaliação microbiológica das mortadelas do delineamento 2³ durante estocagem.

Ensaio	Contagem total (UFC/g)			Clostrídios Sulf. Red. (UFC/g)			Bactérias Psicrotróficas (UFC/g)		
	0	30	45	0	30	45	0	30	45
F1	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<100	<100	<100
F2	1,0x10 ¹	<10	<10	<10	<10	<10	<100	<100	<100
F3	1,0x10 ¹	2,0x10 ¹	1,0x10 ¹	<10	<10	<10	<100	<100	<100
F4	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<100	<100	<100
F5	5,5x10 ¹	<10	<10	<10	<10	<10	<100	<100	<100
F6	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<100	<100	<100
F7	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<100	<100	<100
F8	1,0x10 ¹	<10	<10	<10	<10	<10	<100	<100	<100
F9	1,0x10 ¹	<10	<10	<10	<10	<10	<100	<100	<100
F10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<100	<100	<100
F11	1,0x10 ¹	<10	<10	<10	<10	<10	<100	<100	<100
F12	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<100	<100	<100
F13	8,0x10 ¹	<10	<10	<10	<10	<10	<100	<100	<100
F14	<10	<10	7,0x10 ¹	<10	<10	<10	<100	<100	<100
F15	1,0x10 ¹	9,0x10 ¹	<10	<10	<10	<10	<100	<100	<100
F16	<10	<10	5,0x10 ¹	<10	<10	<10	<100	<100	<100
F17	<10	1,0x10 ¹	<10	<10	<10	<10	<100	<100	<100
F18	<10	<10	2,0x10 ¹	<10	<10	<10	<100	<100	<100
Controle	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<100	<100	<100

F1: formulação com 2% de Raftiline HPX, 1% de fibra de trigo e 1% de fibra de aveia

F2: formulação com 8% de Raftiline HPX, 1% de fibra de trigo e 1% de fibra de aveia

F3: formulação com 2% de Raftiline HPX, 4% de fibra de trigo e 1% de fibra de aveia

F4: formulação com 8% de Raftiline HPX, 4% de fibra de trigo e 1% de fibra de aveia

F5: formulação com 2% de Raftiline HPX, 1% de fibra de trigo e 4% de fibra de aveia
 F6: formulação com 8% de Raftiline HPX, 1% de fibra de trigo e 4% de fibra de aveia
 F7: formulação com 2% de Raftiline HPX, 4% de fibra de trigo e 4% de fibra de aveia
 F8: formulação com 8% de Raftiline HPX, 4% de fibra de trigo e 4% de fibra de aveia
 F9 a F12: formulações com 5% de Raftiline HPX, 2,5% de fibra de trigo e 2,5% de fibra de aveia
 F13: formulação com 0% de Raftiline HPX, 2,5% de fibra de trigo e 2,5% de fibra de aveia
 F14: formulação com 10% de Raftiline HPX, 2,5% de fibra de trigo e 2,5% de fibra de aveia
 F15: formulação com 5% de Raftiline HPX, 0% de fibra de trigo e 2,5% de fibra de aveia
 F16: formulação com 5% de Raftiline HPX, 5% de fibra de trigo e 2,5% de fibra de aveia
 F17: formulação com 5% de Raftiline HPX, 2,5% de fibra de trigo e 0% de fibra de aveia
 F18: formulação com 5% de Raftiline HPX, 2,5% de fibra de trigo e 5% de fibra de aveia
 F19: formulação controle (sem adição de fibras e com 20% de gordura suína)

Todas as formulações apresentaram contagem baixa dos microrganismos determinados, o que contribui para assegurar a estabilidade microbiológica durante o período de estocagem. A Tabela 19 apresenta os padrões microbiológicos para mortadela, estabelecidos pela Resolução RDC 12, de 02/01/2001 (BRASIL, 2001). Os resultados dos valores de pH durante estocagem, obtidos anteriormente (Tabela 17), também confirmam esta estabilidade.

JIMENEZ-COLMENERO (2000) cita que o crescimento microbiológico dos produtos cárneos com baixo teor de gordura têm sido estudado, pois a vida útil destes produtos pode ser menor, devido ao conteúdo de água ser maior e, portanto, mais favorável para o crescimento microbiológico.

Tabela 19. Padrões microbiológicos para mortadela.

Grupos de microrganismos			
NMP Coliformes a 45°C	UFC <i>S. aureus</i> / g	UFC Clostrídios sulfito- reduzidores/g	<i>Salmonella</i> <i>ssp</i>/25g
10 ³	3 x 10 ³	5 x 10 ²	ausência

Fonte: BRASIL / ANVISA (2001)

5.3.6. Avaliação da estabilidade à oxidação lipídica

A oxidação lipídica também tem sido investigada em produtos cárneos com baixo teor de gordura (JIMENEZ-COLMENERO, 2000). De acordo com TORRES et al. (1989) a oxidação lipídica é uma das principais causas de deterioração de carne e produtos cárneos, podendo causar alterações sensoriais e nutricionais. A Tabela 20 mostra os valores das substâncias que reagem ao ácido tiobarbitúrico durante a estocagem a temperatura ambiente.

Tabela 20. Resultados da estabilidade à oxidação lipídica (em mg de TBARS / kg de amostra) do delineamento 2³ durante estocagem.

Amostra	mg TBARS/kg - 0 dia	mg TBARS/kg - 30 dias	mg de TBARS/kg - 60 dias
	M (DP)	M (DP)	M (DP)
F1	0,301 (0,009) ^a	0,254 (0,048) ^a	0,308 (0,009) ^a
F2	0,403 (0,010) ^a	0,470 (0,047) ^a	0,436 (0,078) ^a
F3	0,491 (0,038) ^a	0,348 (0,009) ^a	0,328 (0,038) ^a
F4	0,274 (0,019) ^a	0,477 (0,077) ^a	0,653 (0,092) ^a
F5	0,321(0,010) ^a	0,396 (0,038) ^a	0,369 (0,030) ^a
F6	0,518 (0,000) ^a	0,491 (0,057) ^a	0,511 (0,105) ^a
F7	0,464 (0,000) ^a	0,382 (0,000) ^a	0,464 (0,000) ^a
F8	0,863 (0,048) ^a	0,504 (0,115) ^a	0,416 (0,048) ^a
F9	0,348 (0,009) ^a	0,355 (0,009) ^a	0,436 (0,009) ^a
F10	0,450 (0,096) ^a	0,423 (0,000) ^a	0,369 (0,000) ^a
F11	0,287 (0,038) ^a	0,375 (0,029) ^a	0,328 (0,010) ^a
F12	0,375 (0,009) ^a	0,375 (0,048) ^a	0,409 (0,077) ^a
F13	0,321 (0,010) ^a	0,321 (0,029) ^a	0,342 (0,096) ^a
F14	0,525 (0,067) ^a	0,409 (0,019) ^a	0,342 (0,038) ^a
F15	0,328 (0,019) ^a	0,450 (0,085) ^a	0,396 (0,009) ^a
F16	0,443 (0,067) ^a	0,457 (0,086) ^a	0,409 (0,000) ^a
F17	0,362 (0,009) ^a	0,396 (0,092) ^a	0,375 (0,009) ^a
F18	0,416 (0,009) ^a	0,382 (0,019) ^a	0,484 (0,063) ^a
F19	0,613 (0,038) ^a	0,314 (0,038) ^a	0,321 (0,010) ^a

^a médias da mesma coluna com letras iguais não diferem significativamente a p<0,05 (Teste Tukey)

M = Média; DP = Desvio Padrão

F1: formulação com 2% de Raftiline HPX, 1% de fibra de trigo e 1% de fibra de aveia

F2: formulação com 8% de Raftiline HPX, 1% de fibra de trigo e 1% de fibra de aveia

F3: formulação com 2% de Raftiline HPX, 4% de fibra de trigo e 1% de fibra de aveia
F4: formulação com 8% de Raftiline HPX, 4% de fibra de trigo e 1% de fibra de aveia
F5: formulação com 2% de Raftiline HPX, 1% de fibra de trigo e 4% de fibra de aveia
F6: formulação com 8% de Raftiline HPX, 1% de fibra de trigo e 4% de fibra de aveia
F7: formulação com 2% de Raftiline HPX, 4% de fibra de trigo e 4% de fibra de aveia
F8: formulação com 8% de Raftiline HPX, 4% de fibra de trigo e 4% de fibra de aveia
F9 a F12: formulações com 5% de Raftiline HPX, 2,5% de fibra de trigo e 2,5% de fibra de aveia
F13: formulação com 0% de Raftiline HPX, 2,5% de fibra de trigo e 2,5% de fibra de aveia
F14: formulação com 10% de Raftiline HPX, 2,5% de fibra de trigo e 2,5% de fibra de aveia
F15: formulação com 5% de Raftiline HPX, 0% de fibra de trigo e 2,5% de fibra de aveia
F16: formulação com 5% de Raftiline HPX, 5% de fibra de trigo e 2,5% de fibra de aveia
F17: formulação com 5% de Raftiline HPX, 2,5% de fibra de trigo e 0% de fibra de aveia
F18: formulação com 5% de Raftiline HPX, 2,5% de fibra de trigo e 5% de fibra de aveia
F19: formulação controle (sem adição de fibras e com 20% de gordura suína)

Não foi encontrada diferença significativa entre as amostras durante a estocagem ($p < 0,05$). Isso pode ser devido à baixa quantidade de gordura presente na formulação, e também pela utilização de substâncias antioxidantes, principalmente nitrito de sódio, eritorbato de sódio, considerados bastante efetivos no controle da oxidação lipídica.

Também não foi observado nenhum efeito antioxidante pelas fibras utilizadas, nos níveis estudados.

5.3.7. Teste de estabilidade da emulsão

A Tabela 21 mostra os resultados deste delineamento para estabilidade da emulsão.

Como podem ser observadas nos resultados obtidos para os diferentes ensaios realizados, as mortadelas apresentam valores para estabilidade de emulsão entre 94,69% a 99,41%, valores mínimo e máximo respectivamente, para os dezoito tratamentos.

Tabela 21. Valores da estabilidade da emulsão do delineamento 2³ (em %).

Ensaio	% EE
F1	94,60 ^f
F2	94,89 ^{e,f}
F3	95,12 ^{d,e,f}
F4	97,47 ^{a,b,c,d,e}
F5	96,69 ^{b,c,d,e,f}
F6	98,59 ^{a,b,c}
F7	97,83 ^{a,b,c}
F8	99,37 ^a
F9	96,00 ^{c,d,e,f}
F10	95,12 ^{d,e,f}
F11	97,71 ^{a,b,c,d}
F12	97,78 ^{a,b,c,d}
F13	96,77 ^{a,b,c,d,e,f}
F14	99,29 ^{a,b}
F15	97,38 ^{a,b,c,d,e}
F16	99,41 ^a
F17	96,34 ^{c,d,e,f}
F18	98,46 ^{a,b,c}
F19	98,05 ^{a,b,c}

^{a,b,c,d,e,f} médias da mesma coluna com letras iguais não diferem significativamente a $p < 0,05$ (Teste

Tukey).

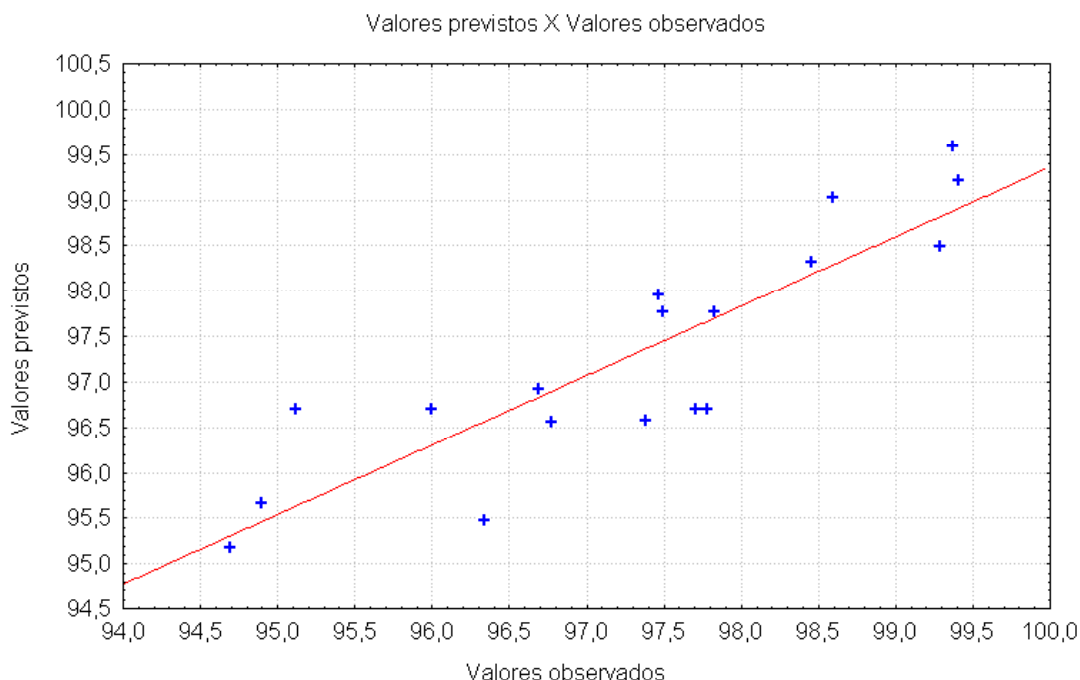
F1: formulação com 2% de Raftiline HPX, 1% de fibra de trigo e 1% de fibra de aveia
F2: formulação com 8% de Raftiline HPX, 1% de fibra de trigo e 1% de fibra de aveia
F3: formulação com 2% de Raftiline HPX, 4% de fibra de trigo e 1% de fibra de aveia
F4: formulação com 8% de Raftiline HPX, 4% de fibra de trigo e 1% de fibra de aveia
F5: formulação com 2% de Raftiline HPX, 1% de fibra de trigo e 4% de fibra de aveia
F6: formulação com 8% de Raftiline HPX, 1% de fibra de trigo e 4% de fibra de aveia
F7: formulação com 2% de Raftiline HPX, 4% de fibra de trigo e 4% de fibra de aveia
F8: formulação com 8% de Raftiline HPX, 4% de fibra de trigo e 4% de fibra de aveia
F9 a F12: formulações com 5% de Raftiline HPX, 2,5% de fibra de trigo e 2,5% de fibra de aveia
F13: formulação com 0% de Raftiline HPX, 2,5% de fibra de trigo e 2,5% de fibra de aveia
F14: formulação com 10% de Raftiline HPX, 2,5% de fibra de trigo e 2,5% de fibra de aveia
F15: formulação com 5% de Raftiline HPX, 0% de fibra de trigo e 2,5% de fibra de aveia
F16: formulação com 5% de Raftiline HPX, 5% de fibra de trigo e 2,5% de fibra de aveia
F17: formulação com 5% de Raftiline HPX, 2,5% de fibra de trigo e 0% de fibra de aveia
F18: formulação com 5% de Raftiline HPX, 2,5% de fibra de trigo e 5% de fibra de aveia
F19: formulação controle (sem adição de fibras e com 20% de gordura suína)

As mortadelas da condição do ponto central, onde se avalia a repetibilidade do processo, apresentaram uma variação de 95,12% a 97,79%, que

são valores muito próximos àqueles obtidos nas outras condições do delineamento.

Quanto à mortadela controle (F19), o resultado para estabilidade da emulsão de 98,05% indica que está dentro dos valores encontrados no delineamento. Através da Tabela 45 do Anexo I pode-se verificar que o efeito linear das variáveis x_2 e x_3 foram significativas ($p < 0,05$) para a resposta estabilidade da emulsão. Apesar disso, não foi possível estabelecer um modelo para a resposta estabilidade da emulsão em função destas variáveis, pois de acordo com a ANOVA, através da Tabela 71 do Anexo II, o valor de R^2 é 76,40 e o $F_{\text{calculado}}$ (2,88) é menor que o F_{tabelado} (3,39). E os resíduos foram altos.

A Figura 5 mostra os valores obtidos versus os valores previstos para estabilidade da emulsão, podendo explicar melhor a impossibilidade de retirada do



modelo, mostrando que alguns pontos não se ajustam ao modelo.

Figura 5. Gráfico dos valores observados X valores previstos para estabilidade da emulsão.

Não se comprovou efeito das fibras utilizadas no nível estudado para a estabilidade das emulsões, possivelmente indicando que na % de carne utilizada nas formulações, a adição ou não das fibras, não compromete esta análise.

5.3.8. Cor objetiva

A Figura 6 mostra a coloração apresentada pelas amostras em fotografia em exposição à luz natural. Exceto a formulação 19 que aparentou ser mais clara, as outras formulações tiveram coloração bastante próxima.

A determinação objetiva da cor interna expressa os valores dos parâmetros L^* , a^* , b^* e croma ($[(a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2}$). O parâmetro L^* representa a luminosidade da amostra, e quanto maior o seu valor, mais clara será a amostra. O parâmetro a^* expressa a intensidade da cor vermelha da amostra, ou seja, quanto maior o valor de a^* , mais vermelha é a amostra. O parâmetro b^* expressa a intensidade da cor amarela da amostra, e para carnes e produtos derivados se relaciona com a coloração marrom. De acordo com DEVATKAL et al. (2004) o croma expressa a intensidade da cor.



Figura 6. Fotografia das mortadelas do delineamento 2^3 em fatias de 2 cm.

- F1: formulação com 2% de Raftiline HPX, 1% de fibra de trigo e 1% de fibra de aveia
 F2: formulação com 8% de Raftiline HPX, 1% de fibra de trigo e 1% de fibra de aveia
 F3: formulação com 2% de Raftiline HPX, 4% de fibra de trigo e 1% de fibra de aveia
 F4: formulação com 8% de Raftiline HPX, 4% de fibra de trigo e 1% de fibra de aveia
 F5: formulação com 2% de Raftiline HPX, 1% de fibra de trigo e 4% de fibra de aveia
 F6: formulação com 8% de Raftiline HPX, 1% de fibra de trigo e 4% de fibra de aveia
 F7: formulação com 2% de Raftiline HPX, 4% de fibra de trigo e 4% de fibra de aveia
 F8: formulação com 8% de Raftiline HPX, 4% de fibra de trigo e 4% de fibra de aveia
 F9 a F12: formulações com 5% de Raftiline HPX, 2,5% de fibra de trigo e 2,5% de fibra de aveia
 F13: formulação com 0% de Raftiline HPX, 2,5% de fibra de trigo e 2,5% de fibra de aveia
 F14: formulação com 10% de Raftiline HPX, 2,5% de fibra de trigo e 2,5% de fibra de aveia
 F15: formulação com 5% de Raftiline HPX, 0% de fibra de trigo e 2,5% de fibra de aveia
 F16: formulação com 5% de Raftiline HPX, 5% de fibra de trigo e 2,5% de fibra de aveia
 F17: formulação com 5% de Raftiline HPX, 2,5% de fibra de trigo e 0% de fibra de aveia
 F18: formulação com 5% de Raftiline HPX, 2,5% de fibra de trigo e 5% de fibra de aveia
 F19: formulação controle (sem adição de fibras e com 20% de gordura suína)

A Tabela 22 mostra os resultados obtidos com a determinação da cor após 30 dias de estocagem a temperatura ambiente.

Tabela 22. Avaliação da cor do delineamento 2³ após 30 dias de estocagem.

Ensaio	L*	a*	b*	chroma
F1	53,97 ^b	15,75 ^a	12,45 ⁱ	20,07 ^{b,c}
F2	55,93 ^{a,b}	15,74 ^a	13,41 ^{g,h}	20,67 ^{a,b}
F3	55,59 ^b	15,11 ^{a,b,c}	13,22 ^h	20,08 ^{b,c}
F4	57,70 ^{a,b}	15,03 ^{a,b,c}	13,83 ^{d,e,f}	20,42 ^{a,b,c}
F5	54,50 ^b	15,73 ^a	13,78 ^{e,f}	20,91 ^a
F6	57,69 ^{a,b}	15,07 ^{a,b,c}	13,89 ^{d,e,f}	20,49 ^{a,b,c}
F7	54,77 ^b	15,63 ^a	14,17 ^{a,b,c,d}	21,10 ^a
F8	56,53 ^{a,b}	14,51 ^{b,c}	14,46 ^a	20,48 ^{a,b,c}
F9	55,67 ^{a,b}	15,46 ^{a,b}	13,98 ^{c,d,e,f}	20,85 ^a
F10	55,66 ^{a,b}	15,58 ^a	13,81 ^{d,e,f}	20,82 ^a
F11	56,65 ^{a,b}	15,32 ^{a,b}	14,17 ^{a,b,c,d}	20,87 ^a
F12	56,78 ^{a,b}	15,18 ^{a,b}	14,12 ^{a,b,c,d,e}	20,73 ^{a,b}
F13	54,18 ^b	15,53 ^a	13,14 ^h	19,91 ^c
F14	56,73 ^{a,b}	14,88 ^{a,b,c}	14,08 ^{b,c,d,e}	20,49 ^{a,b,c}
F15	57,27 ^{a,b}	15,23 ^{a,b}	13,91 ^{c,d,e,f}	20,62 ^{a,b}
F16	56,40 ^{a,b}	15,35 ^{a,b}	14,37 ^{a,b}	21,02 ^a
F17	56,84 ^{a,b}	15,25 ^{a,b}	13,63 ^{f,g}	20,45 ^{a,b,c}
F18	56,20 ^{a,b}	15,04 ^{a,b,c}	14,28 ^{a,b,c}	20,74 ^{a,b}
F19	60,28 ^a	14,13 ^c	13,93 ^{c,d,e,f}	19,84 ^c

a,b,c,d,e,f,g,h,i médias da mesma coluna com letras iguais não diferem significativamente a p<0,05 (Teste Tukey)

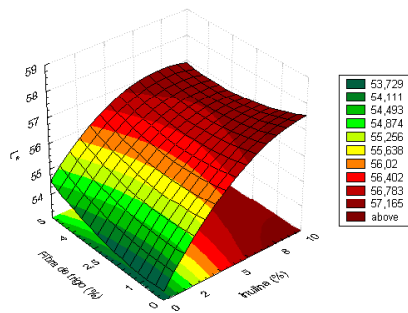
F1: formulação com 2% de Raftiline HPX, 1% de fibra de trigo e 1% de fibra de aveia
 F2: formulação com 8% de Raftiline HPX, 1% de fibra de trigo e 1% de fibra de aveia
 F3: formulação com 2% de Raftiline HPX, 4% de fibra de trigo e 1% de fibra de aveia
 F4: formulação com 8% de Raftiline HPX, 4% de fibra de trigo e 1% de fibra de aveia
 F5: formulação com 2% de Raftiline HPX, 1% de fibra de trigo e 4% de fibra de aveia
 F6: formulação com 8% de Raftiline HPX, 1% de fibra de trigo e 4% de fibra de aveia
 F7: formulação com 2% de Raftiline HPX, 4% de fibra de trigo e 4% de fibra de aveia
 F8: formulação com 8% de Raftiline HPX, 4% de fibra de trigo e 4% de fibra de aveia
 F9 a F12: formulações com 5% de Raftiline HPX, 2,5% de fibra de trigo e 2,5% de fibra de aveia
 F13: formulação com 0% de Raftiline HPX, 2,5% de fibra de trigo e 2,5% de fibra de aveia
 F14: formulação com 10% de Raftiline HPX, 2,5% de fibra de trigo e 2,5% de fibra de aveia
 F15: formulação com 5% de Raftiline HPX, 0% de fibra de trigo e 2,5% de fibra de aveia
 F16: formulação com 5% de Raftiline HPX, 5% de fibra de trigo e 2,5% de fibra de aveia
 F17: formulação com 5% de Raftiline HPX, 2,5% de fibra de trigo e 0% de fibra de aveia
 F18: formulação com 5% de Raftiline HPX, 2,5% de fibra de trigo e 5% de fibra de aveia
 F19: formulação controle (sem adição de fibras e com 20% de gordura suína)

Na Tabela 46 do Anexo I, pode-se verificar que somente o efeito linear da inulina foi significativo (a p<0,05) para a resposta Luminosidade. Pela Análise de

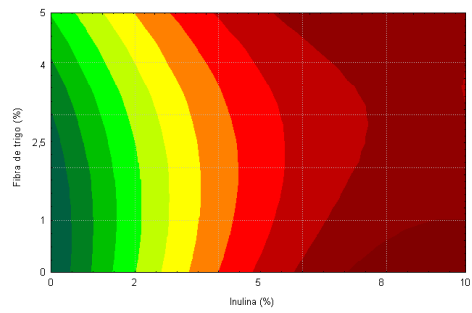
Variância mostrada na Tabela 72 do Anexo II o $R^2 = 82,77$ e o $F_{\text{calculado}}$ (16,51) é maior que o F_{tabelado} (3,39), então foi possível retirar um modelo, conforme descrito na Tabela 23.

A Figura 7 mostra as superfícies de resposta e curvas de contorno para L^* do delineamento 2^3 , em função das variáveis estudadas.

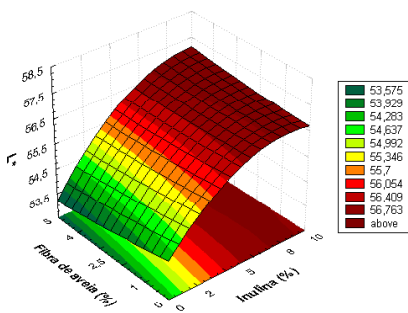
À medida que aumenta a concentração da inulina, no nível estudado, maiores os valores de L^* . A fibra de trigo e a fibra de aveia nada contribuíram para luminosidade.



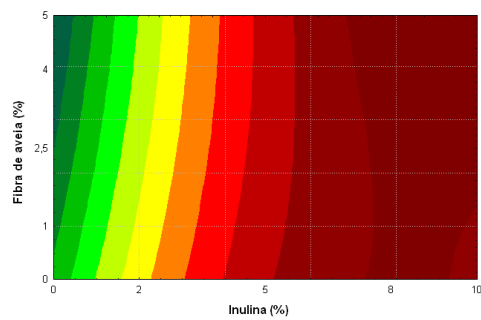
(a)



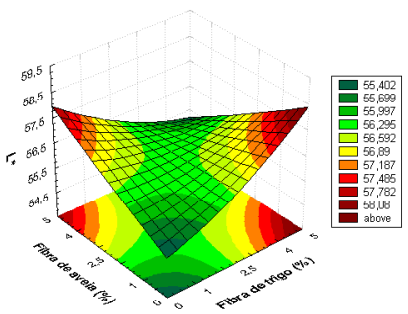
(b)



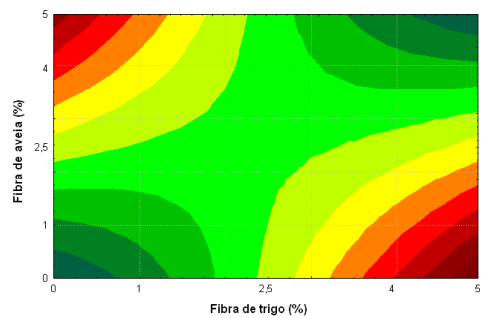
(c)



(d)



(e)



(f)

Figura 7. Superfícies de resposta e curvas de contorno para L^* (luminosidade) do delineamento 2^3 , em função da inulina e fibra de trigo (a) e (b), da inulina e fibra de aveia (c) e (d) e da fibra de trigo e fibra de aveia (e) e (f).

Os resultados da avaliação dos efeitos para intensidade da cor vermelha (a^*) estão relatados na tabela 47 do Anexo I, onde o efeito linear da inulina e a interação inulina e fibra de aveia foram significativos ($p < 0,05$). Na análise de variância (Tabela 73 do Anexo II) o $R^2 = 77,14$ e o $F_{\text{calculado}} (3,00)$ é menor que o F

tabelado (3,39), então não foi possível retirar um modelo. A Figura 8 ilustra os valores previstos X valores observados de a^* do delineamento 2^3 , mostrando uma maior concentração de resultados (valores observados) na parte superior da figura.

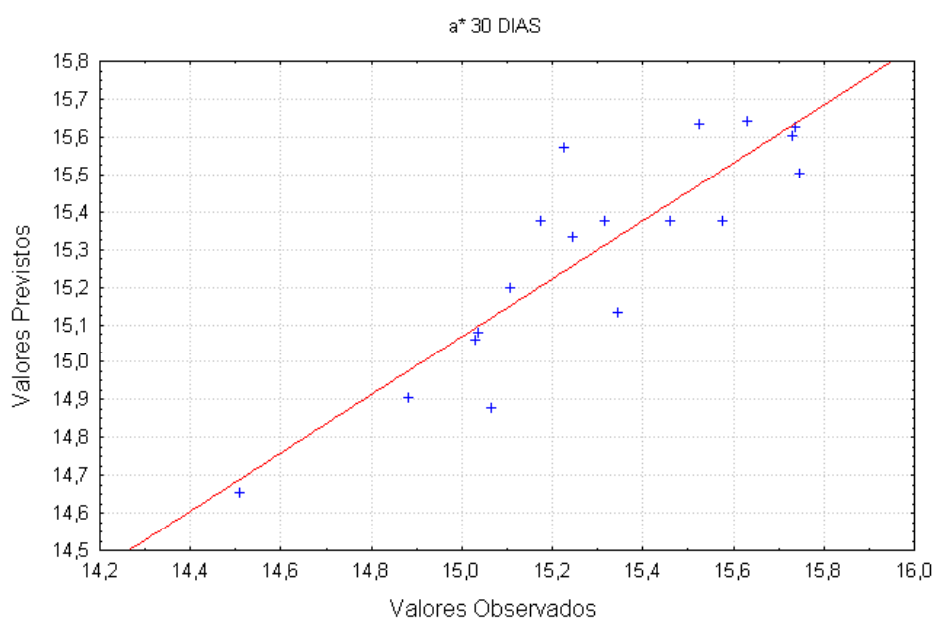


Figura 8. Valores previstos X valores observados de a^* do delineamento 2^3 .

Com relação à análise dos efeitos da intensidade da cor amarela (b^*) relatados na Tabela 48 do Anexo I, o efeito linear e quadrático da inulina, o efeito linear da fibra de trigo e da fibra de aveia foi significativo ($p < 0,05$). Na análise de variância (Tabela 74 do Anexo II) o $R^2 = 87,42$ e o $F_{\text{calculado}} (6,18)$ é maior que o $F_{\text{tabelado}} (3,39)$, então foi possível retirar um modelo, conforme descrito na Tabela 23.

As superfícies de resposta e as curvas de contorno para b^* estão na Figura 9.

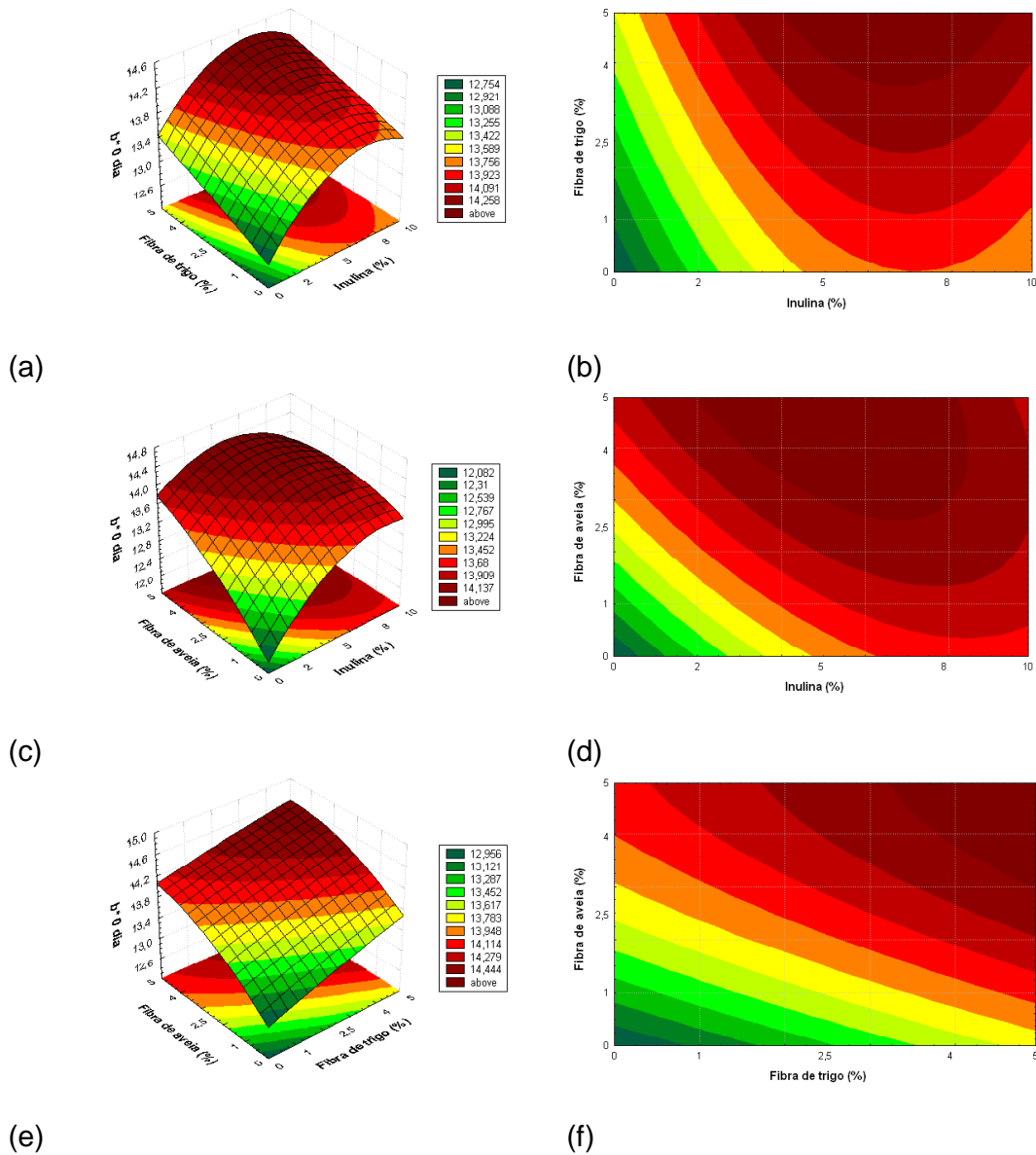


Figura 9. Superfícies de resposta e curvas de contorno para b^* (intensidade da cor amarela) do delineamento 2^3 , em função da inulina e fibra de trigo (a) e (b), da inulina e fibra de aveia (c) e (d) e da fibra de trigo e fibra de aveia (e) e (f).

Analisando a Figura 9, à medida que aumenta a concentração da inulina, da fibra de aveia e da fibra de trigo, há um aumento no valor de b^* , ou seja, as fibras utilizadas contribuíram para o aumento da intensidade da cor amarela nas mortadelas com baixo teor de gordura, nos níveis estudados.

O croma também tem sido estudado por representar a intensidade da cor, conforme relatado por DEVATKAL et al. (2004). As análises dos efeitos para croma estão descritas na Tabela 49 do Anexo I, onde o efeito quadrático da inulina, o efeito linear e quadrático da fibra de aveia e a interação inulina e fibra de aveia foram significativos ($p < 0,05$). Não houve efeito da fibra de trigo para croma, ou seja, seu efeito não foi significativo ($p < 0,05$). Na análise de variância (Tabela 75 do Anexo II) o $R^2 = 89,90$ e o $F_{\text{calculado}}$ (7,91) é maior que o F_{tabelado} (3,39), então se pode retirar um modelo, conforme descrito na Tabela 23.

TABELA 23. Modelos matemáticos da determinação objetiva da cor do delineamento 2^3 .

	Modelo codificado	Nível de significância	R^2	$F_{\text{calculado}}$	F_{tabelado}
L*	$y = 56,99423 + 0,97601.x_1$	95% ($p < 0,05$)	0,8277	16,51	3,39
b*	$y = 14,03299 + 0,26117.x_1 - 0,19839.x_1^2 + 0,21364.x_2 + 0,32775.x_3$	95% ($p < 0,05$)	0,8242	6,18	3,39
Croma	$y = 20,81669 - 0,15684.x_1^2 + 0,1623.x_3 - 0,938.x_3^2 - 0,24806.x_1.x_3$	95% ($p < 0,05$)	0,8990	7,91	3,39

As superfícies de resposta e as curvas de contorno para o croma estão na Figura 10.

Pela Figura 10 pode-se verificar que a fibra de trigo não contribuiu com a croma. À medida que aumentou sua concentração, os valores para croma não foram alterados. Os maiores valores para intensidade da cor (croma) estão localizados na região onde se utilizaram aproximadamente 5% de inulina, 2,5% de fibra de trigo e 2,5% de fibra de aveia.

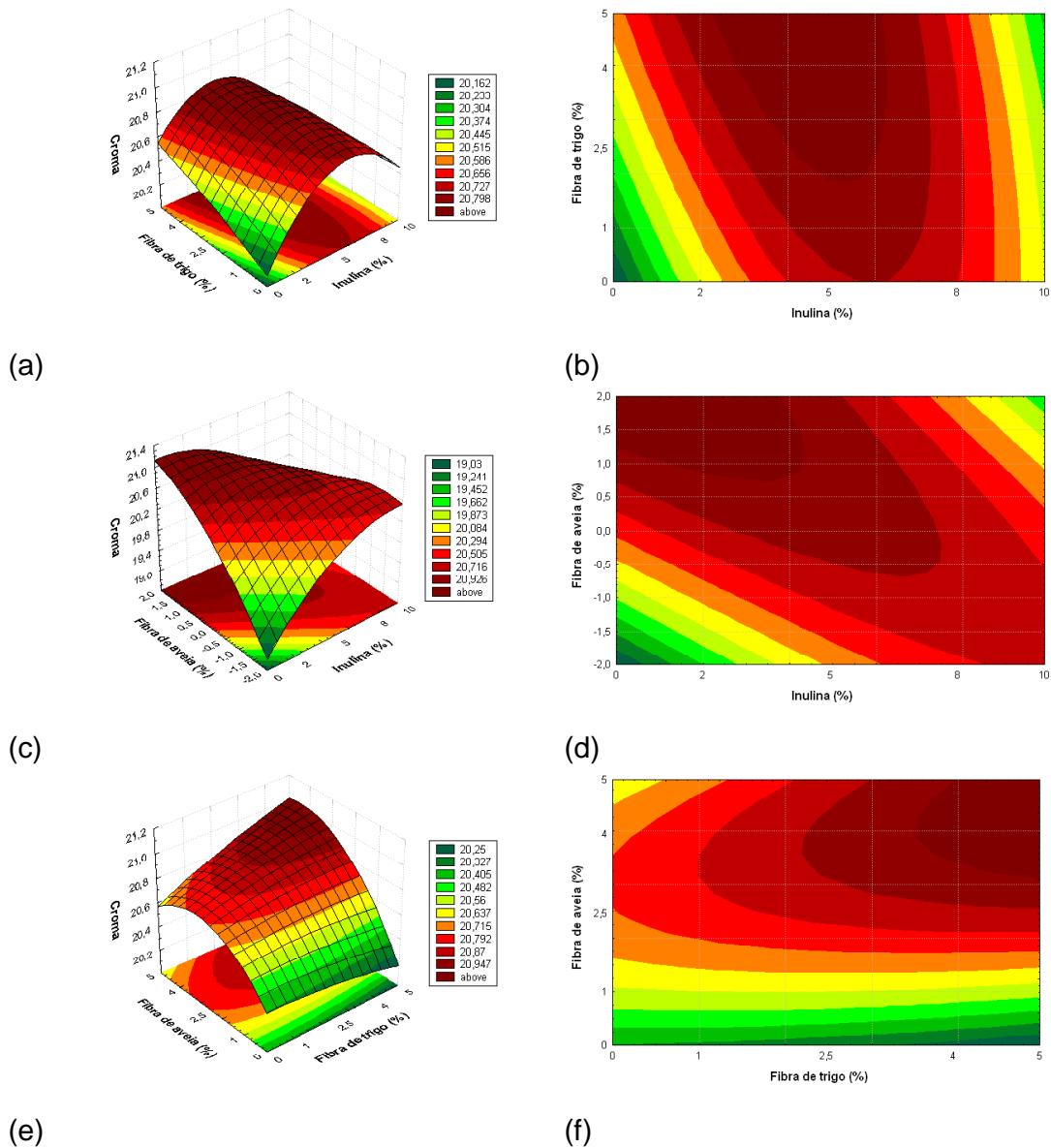


Figura 10. Superfícies de resposta e curvas de contorno para cromia do delineamento 2^3 , em função da inulina e fibra de trigo (a) e (b), da inulina e fibra de aveia (c) e (d) e da fibra de trigo e fibra de aveia (e) e (f).

5.3.9. Análise de perfil de textura

A Tabela 24 apresenta os resultados da análise de perfil de textura das mortadelas deste delineamento, para firmeza, elasticidade, coesividade e mastigabilidade.

Tabela 24. Valores do teste de perfil de textura das mortadelas do delineamento 2^3 .

Amostra	Firmeza (g/cm²)	Elasticidade (cm)	Coessividade	Mastigabilidade (g/cm)
F1	2115,9 ^h	0,9457 ^a	0,8360 ^{a, b}	1673,0 ^g
F2	3288,1 ^{d, e, f, g}	0,8880 ^{c, d, e, f}	0,7633 ^{f, g}	2237,4 ^{e, f, g}
F3	3169,4 ^{e, f, g, h}	0,9249 ^{a, b}	0,8000 ^{c, d, e}	2345,6 ^{d, e, f, g}
F4	4639,6 ^{b, c}	0,8728 ^{e, f}	0,7103 ⁱ	2889,4 ^{c, d, e}
F5	3007,3 ^{g, h}	0,9240 ^{a, b}	0,8113 ^{b, c}	2312,3 ^{e, f, g}
F6	4962,8 ^{b, c}	0,8799 ^{d, e, f}	0,7227 ^{h, i}	2969,5 ^{a, b, c, d, e}
F7	4864,3 ^{b, c}	0,9040 ^{b, c, d, e}	0,7839 ^{d, e, f}	3444,4 ^{a, b, c}
F8	6280,1 ^a	0,8567 ^{f, g}	0,7127 ⁱ	3926,9 ^a
F9	4327,2 ^{c, d}	0,9006 ^{b, c, d, e}	0,7649 ^{f, g}	2982,4 ^{b, c, d, e}
F10	4211,8 ^{c, d, e}	0,8976 ^{b, c, d, e}	0,7651 ^{f, g}	2880,9 ^{c, d, e}
F11	4279,3 ^{c, d}	0,9111 ^{b, c, d}	0,7623 ^{f, g}	2723,3 ^{c, d, e, f}
F12	4178,5 ^{c, d, e, f}	0,9156 ^{a, b, c}	0,7780 ^{e, f}	2978,0 ^{b, c, d, e}
F13	2730,6 ^{g, h}	0,9157 ^{a, b, c}	0,8054 ^{c, d}	2012,1 ^{f, g}
F14	5244,3 ^{a, b, c}	0,8394 ^g	0,7217 ^{h, i}	3188,0 ^{a, b, c, d}
F15	3124,5 ^{f, g, h}	0,9171 ^{a, b, c}	0,7841 ^{d, e, f}	2271,4 ^{e, f, g}
F16	4950,7 ^{b, c}	0,8796 ^{d, e, f}	0,7481 ^{g, h}	3251,5 ^{a, b, c}
F17	3308,3 ^{d, e, f, g}	0,9071 ^{b, c, d}	0,7880 ^{c, d, e, f}	2371,2 ^{d, e, f, g}
F18	5661,9 ^{a, b}	0,8929 ^{b, c, d, e}	0,7446 ^{g, h}	3813,3 ^{a, b}
F19	2329,8 ^{g, h}	0,9461 ^a	0,8519 ^a	1877,5 ^{f, g}

a,b,c,d,e,f,g médias da mesma coluna com letras iguais não diferem significativamente a $p < 0,05$ (Teste Tukey).

F1: formulação com 2% de Raftiline HPX, 1% de fibra de trigo e 1% de fibra de aveia
 F2: formulação com 8% de Raftiline HPX, 1% de fibra de trigo e 1% de fibra de aveia
 F3: formulação com 2% de Raftiline HPX, 4% de fibra de trigo e 1% de fibra de aveia
 F4: formulação com 8% de Raftiline HPX, 4% de fibra de trigo e 1% de fibra de aveia
 F5: formulação com 2% de Raftiline HPX, 1% de fibra de trigo e 4% de fibra de aveia
 F6: formulação com 8% de Raftiline HPX, 1% de fibra de trigo e 4% de fibra de aveia
 F7: formulação com 2% de Raftiline HPX, 4% de fibra de trigo e 4% de fibra de aveia
 F8: formulação com 8% de Raftiline HPX, 4% de fibra de trigo e 4% de fibra de aveia
 F9 a F12: formulações com 5% de Raftiline HPX, 2,5% de fibra de trigo e 2,5% de fibra de aveia
 F13: formulação com 0% de Raftiline HPX, 2,5% de fibra de trigo e 2,5% de fibra de aveia
 F14: formulação com 10% de Raftiline HPX, 2,5% de fibra de trigo e 2,5% de fibra de aveia
 F15: formulação com 5% de Raftiline HPX, 0% de fibra de trigo e 2,5% de fibra de aveia
 F16: formulação com 5% de Raftiline HPX, 5% de fibra de trigo e 2,5% de fibra de aveia
 F17: formulação com 5% de Raftiline HPX, 2,5% de fibra de trigo e 0% de fibra de aveia
 F18: formulação com 5% de Raftiline HPX, 2,5% de fibra de trigo e 5% de fibra de aveia

F19: formulação controle (sem adição de fibras e com 20% de gordura suína)

As análises dos efeitos são mostradas nas Tabelas 50, 51, 52 e 53 do Anexo I, respectivamente para firmeza, elasticidade, coesividade e mastigabilidade.

Todas as fibras utilizadas influenciaram a firmeza. O efeito linear da inulina, fibra de trigo e da fibra de aveia e o efeito quadrático da inulina foram significativos ($p < 0,05$) para a resposta firmeza. Através da análise de variância (Tabela 76 do Anexo II) o $R^2 = 98,89$ e o $F_{\text{calculado}}$ (79,33) é vinte e três vezes maior que o F_{tabelado} (3,39), então foi possível retirar um modelo para a resposta firmeza, conforme descrito na Tabela 25.

Comparando os resultados obtidos na Tabela 24, a formulação menos firme foi a formulação um (F1: com adição de 2% de inulina, 1% de fibra de trigo e 1% de fibra de aveia), não diferindo ($p < 0,05$) das formulações F19 (controle), F3, F5, F13 e F15. Isto indica que valores baixos para firmeza são valores da formulação controle e, portanto, podem ser são mais aceitos sensorialmente.

A Figura 11 apresenta as superfícies e curvas de contorno para firmeza em função das variáveis estudadas.

A grande diferença encontrada para firmeza deste delineamento em relação aos testes preliminares possivelmente seja devido às condições de processamento (equipamentos utilizados).

Na Figura 11 pode-se verificar que a máxima firmeza é alcançada quando as fibras são adicionadas nos níveis máximos estudados, ou seja, todas as fibras utilizadas contribuíram para o aumento da firmeza. Quanto maior a adição de fibras, maior é o valor encontrado para firmeza. Valores até 2% de inulina, 1% de fibra de trigo e 1% de fibra de aveia, resultam em valores para firmeza próximos

de 2400g/cm², semelhante ao da mortadela controle (F19). Acima desta quantidade de fibras, pode-se chegar a valores altos para firmeza, como por exemplo, a formulação com 8% de Raftiline HPX, 4% de fibra de trigo e 4% de fibra de aveia (F8), a qual atinge valores acima de 6000g/cm².

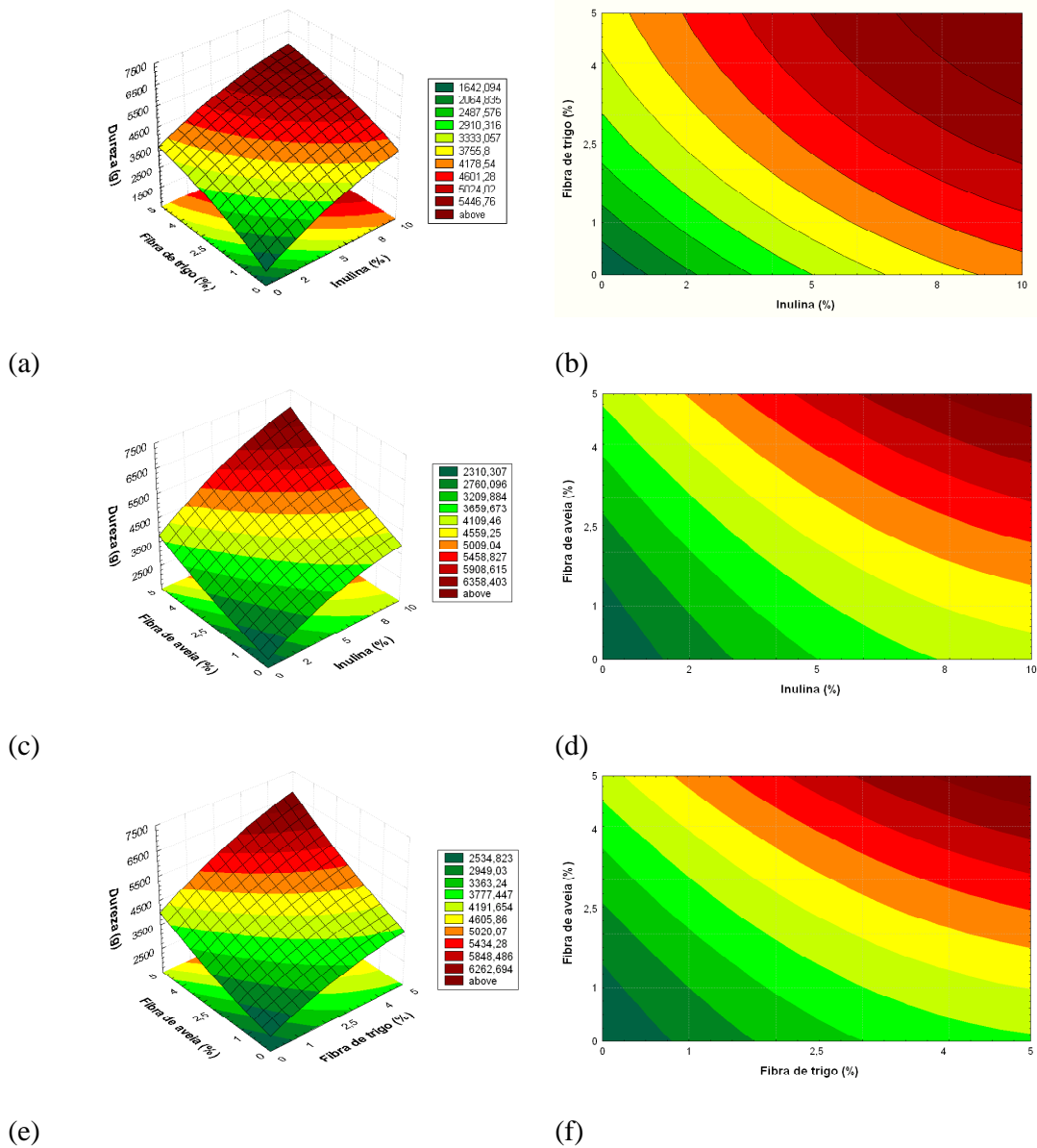


Figura 11. Superfícies de resposta e curvas de contorno para firmeza do delineamento 2³, em função da inulina e fibra de trigo. (a) e (b), da inulina e fibra de aveia (c) e (d) e da fibra de trigo e fibra de aveia (e) e (f).

Em estudo realizado por MENDOZA et al. (2001), verificou-se que a inulina não afetou a firmeza, em até 10% de concentração, em amostras de salame, como substitutos de gordura.

GREGG et al. (1993) cita que o aumento da firmeza e coesividade normalmente estão associados com redução de gordura em produtos cárneos, podendo ser compensado com o aumento da quantidade de água adicionada.

O efeito linear de inulina, fibra de trigo e fibra de aveia e o efeito quadrático da inulina foram significativos ($p < 0,05$) para a resposta elasticidade. Todas as fibras utilizadas contribuíram para a diminuição da elasticidade. Na análise de variância (Tabela 77 do Anexo II) o $R^2 = 95,36$ e o $F_{\text{calculado}}$ (18,27) é maior que o F_{tabelado} (3,39), então foi possível retirar um modelo para a resposta elasticidade, conforme descrito na Tabela 25.

A Figura 12 mostra as superfícies de resposta e curvas de contorno para elasticidade em função das fibras utilizadas.

O maior valor encontrado para elasticidade entre as formulações foi o da mortadela controle, similar à formulação com 2% de Raftiline HPX, 1% de fibra de trigo e 1% de fibra de aveia (F1), e também não diferindo significativamente ($p < 0,05$) das formulações F3, F5, F12, F13 e F15. Isto pode indicar que valores altos de elasticidade (próximos de 0,94 cm) podem ser mais aceitos sensorialmente.

A inulina, a fibra de trigo e a fibra de aveia contribuíram para a diminuição da elasticidade. Os maiores valores para a elasticidade são encontrados quando são utilizados baixos valores das fibras utilizadas.

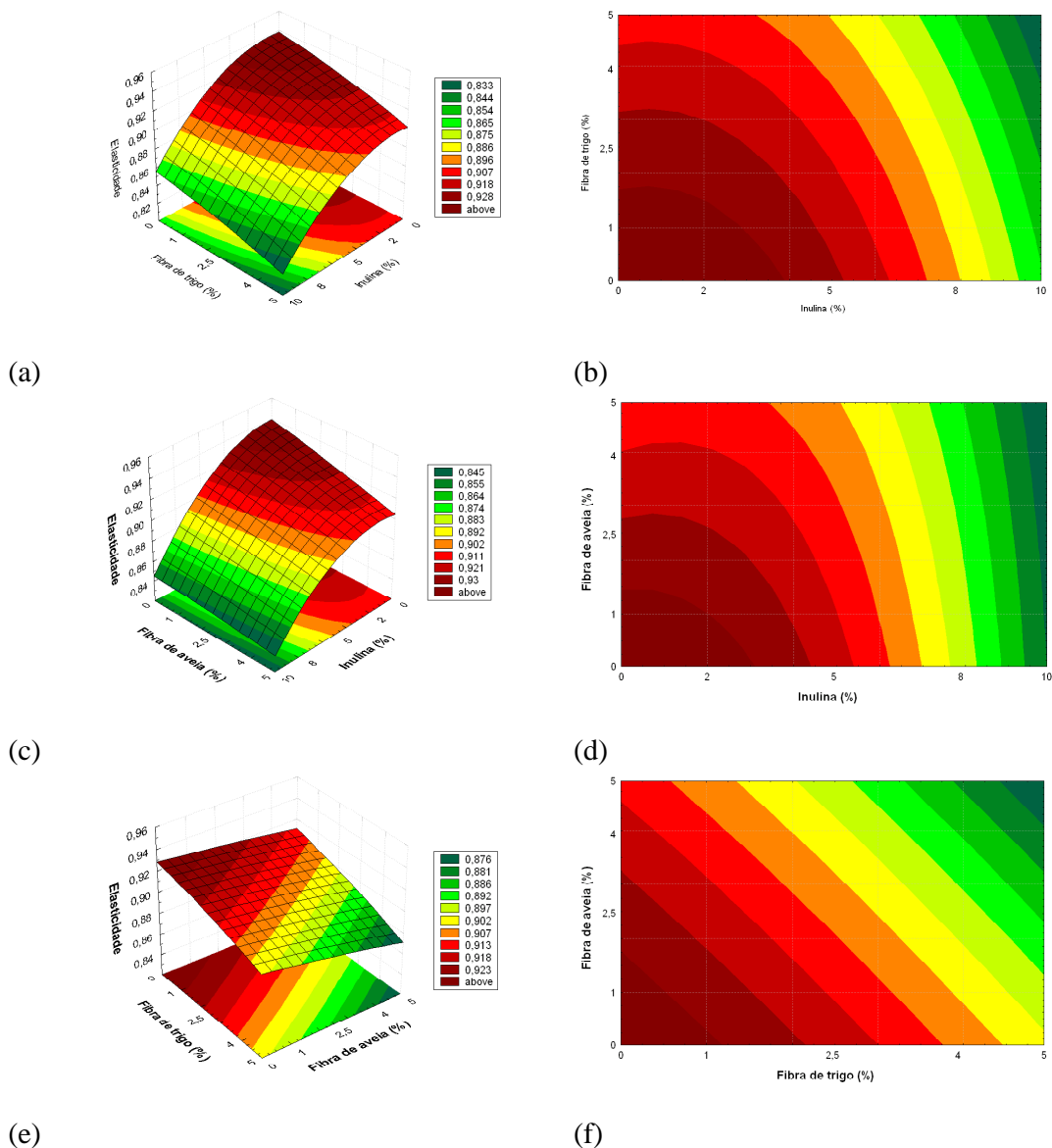


Figura 12. Superfícies de resposta e curvas de contorno para elasticidade do delineamento 2³, em função da inulina e fibra de trigo. (a) e (b), da inulina e fibra de aveia.(c) e (d) e da fibra de trigo e fibra de aveia (e) e (f).

O efeito linear da inulina, fibra de trigo e fibra de aveia foram significativos ($p < 0,05$) para a resposta coesividade, ou seja, todas as fibras utilizadas contribuíram para a diminuição da coesividade. Isto significa que quanto maior a quantidade de fibras, menor o valor para coesividade. A coesividade é a extensão na qual a amostra poderá ser deformada antes da ruptura ($A2 / A1$, onde $A1$ seria

a força máxima necessária para a primeira compressão e A2 a força máxima necessária para a segunda compressão), conforme relatado por DEVATKAL et al. (2004).

A formulação controle obteve o maior valor para coesividade, não diferindo significativamente ($p < 0,05$) da formulação com 2% de Raftiline HPX, 1% de fibra de trigo e 1% de fibra de aveia (F1), podendo indicar boa aceitação sensorial nesta concentração de fibras utilizadas (Tabela 24).

Na análise de variância (Tabela 78 do Anexo II) o $R^2 = 94,36$ e o $F_{\text{calculado}}$ (14,87) é maior que o F_{tabelado} (3,39), então foi possível retirar um modelo para a resposta coesividade, conforme descrito na Tabela 25.

As superfícies de resposta e curvas de contorno para coesividade em função das fibras utilizadas são apresentadas na Figura 13.

Verificou-se que os maiores valores encontrados para coesividade estão nas faixas mínimas das variáveis estudadas (Figura 13).

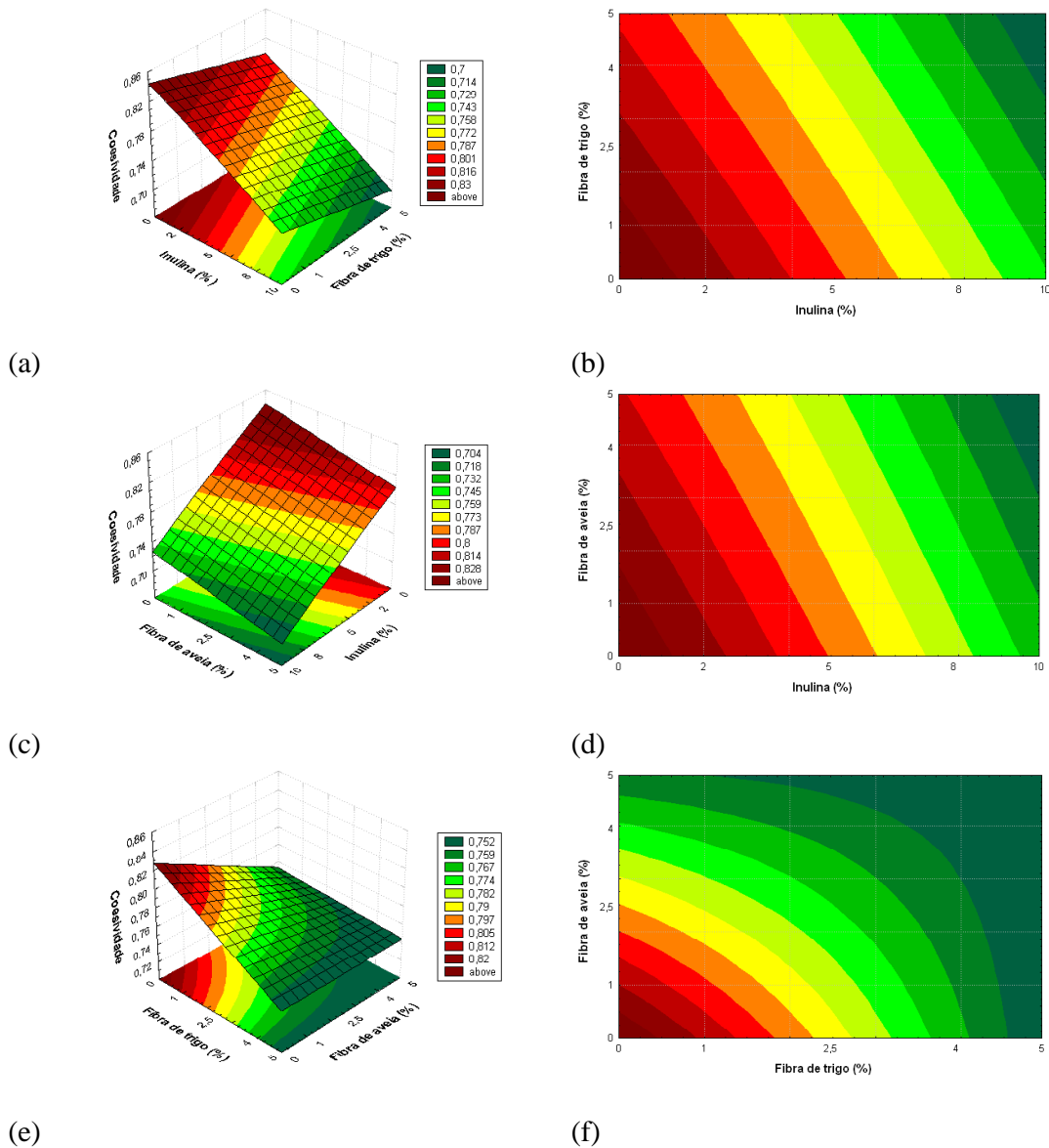


Figura 13. Superfícies de resposta e curvas de contorno para coesividade do delineamento 2^3 , em função da inulina e fibra de trigo. (a) e (b), da inulina e fibra de aveia.(c) e (d) e da fibra de trigo e fibra de aveia (e) e (f).

O efeito linear da inulina, fibra de trigo e da fibra de aveia e o efeito quadrático da inulina foram significativos ($p < 0,05$) para a resposta mastigabilidade, ou seja, todas as fibras utilizadas contribuíram para o aumento desta resposta. Na análise de variância (Tabela 79 do Anexo II) o $R^2 = 97,64$ e o $F_{\text{calculado}} (36,80)$ é

dez vezes maior que o F_{tabelado} (3,39), então foi possível construir um modelo para a resposta mastigabilidade, conforme descrito na Tabela 25.

As superfícies de resposta e curvas de contorno para mastigabilidade em função das fibras utilizadas são apresentadas na Figura 14.

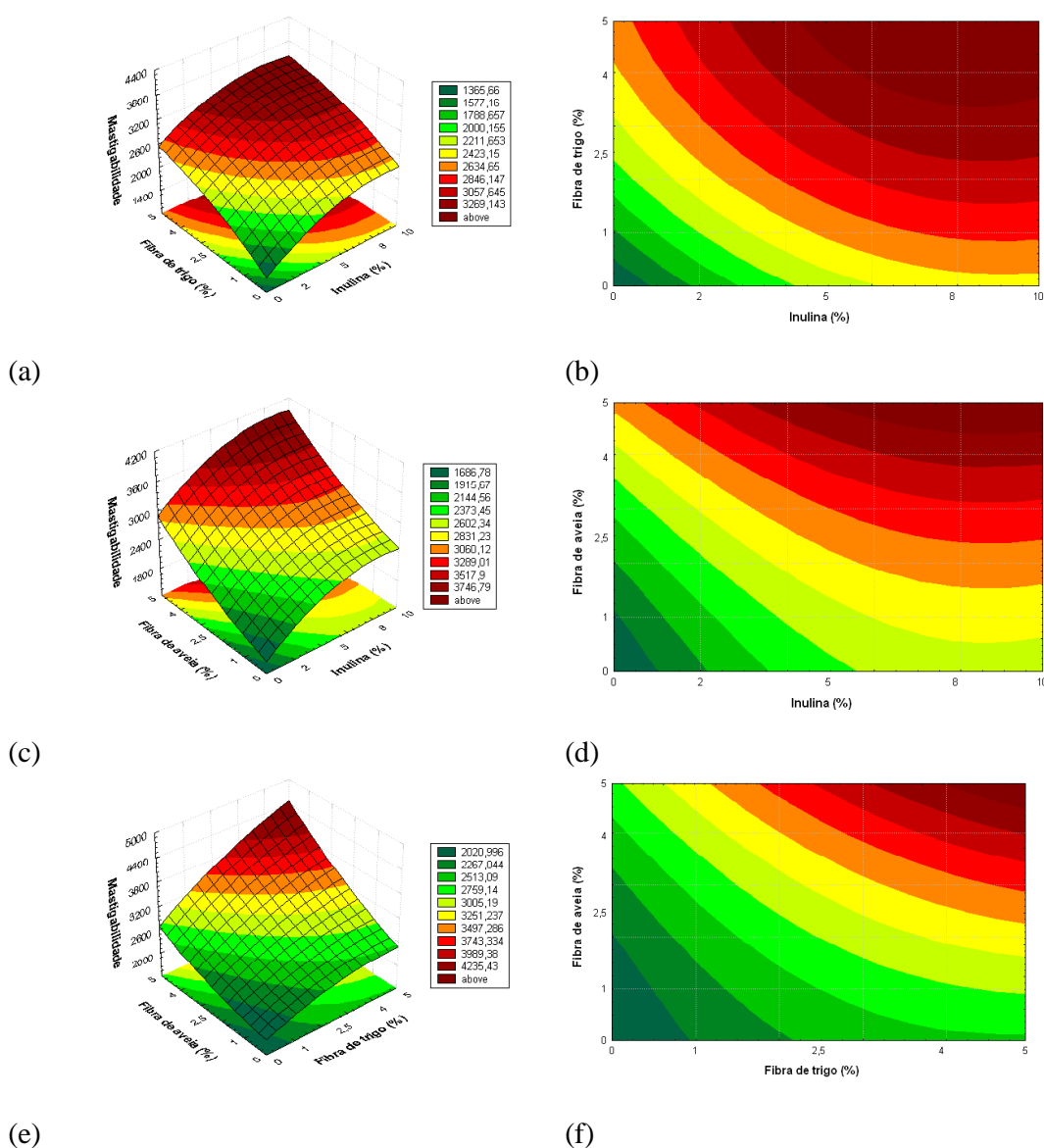


Figura 14. Superfícies de resposta e curvas de contorno para mastigabilidade do delineamento 2^3 , em função da inulina e fibra de trigo (a) e (b), da inulina e fibra de aveia(c) e (d) e da fibra de trigo e fibra de aveia (e) e (f).

Analisando as superfícies e curvas de contorno para mastigabilidade (Figura 11) fica evidente que à medida que se aumentava a concentração das fibras, maior o valor encontrado para mastigabilidade. O menor valor para mastigabilidade foi obtido com a formulação controle, não diferindo significativamente ($p < 0,05$) das formulações F1, F2, F3, F5, F11, F13, F15 e F17. Isto pode indicar que estas formulações podem ser mais aceitas sensorialmente.

Foram analisados estatisticamente os dados para obtenção de modelos matemáticos para as quatro respostas da análise de perfil de textura, mostrados na Tabela 25. Em todos os casos, o modelo obtido foi validado pelo teste F, apresentando $F_{\text{calculado}}$ maior que o F_{tabelado} . Todos tiveram bom ajuste.

Tabela 25. Modelos matemáticos do teste de perfil de textura do delineamento 2^3 .

	Modelo codificado	Nível de significância	R^2	$F_{\text{calculado}}$	F_{tabelado}
Firmeza	$y = 4255,41 + 750,23.x_1 - 119,73.x_1^2 + 633,74.x_2 - 101,96.x_2^2 + 722,29.x_3 + 91,11.x_1.x_3 + 96,16.x_2.x_3$	95% ($p < 0,05$)	0,9889	79,33	3,39
Elasticidade	$y = 0,9058 - 0,0241.x_1 - 0,0083.x_1^2 - 0,0104.x_2 - 0,0066.x_3$	95% ($p < 0,05$)	0,9536	18,27	3,39
Coesividade	$y = 0,7675 - 0,0339.x_1 - 0,0137.x_2 - 0,0111.x_3$	95% ($p < 0,05$)	0,9436	14,87	3,39
Mastigabilidade	$y = 2895,58 + 309,53.x_1 - 122,38.x_1^2 + 370,89.x_2 + 434,63.x_3$	95% ($p < 0,05$)	0,9764	36,80	3,39

Problemas de textura e excessiva perda de água durante estocagem são problemas citados por GREGG et al. (1983) para produtos com baixo teor de gordura e alta quantidade de água adicionada.

Pode-se constatar que para mortadelas com baixo teor de gordura quando se aumentou o teor de fibras adicionadas, elas se tornaram mais firmes, menos coesas e elásticas e com maior mastigabilidade. Estes resultados podem auxiliar no desenvolvimento de produtos cárneos, principalmente para produtos com baixo teor de gordura, onde o teor de água pode ser alto.

5.3.10. Análise Sensorial

Esta determinação foi utilizada para a validação e expressão científica da qualidade sensorial, pois ela é resultado da interação entre o alimento e o homem, conforme relatado por MEILGAARD et al. (1999).

Os testes afetivos (testes de aceitação e testes de preferência) são ferramentas importantes, pois processam diretamente a opinião do consumidor já estabelecido ou potencial de um produto, sobre características específicas do produto ou idéias sobre o mesmo e, por isso, são também chamados de testes de consumidor (MEILGAARD et al. 1999).

Os resultados obtidos com a análise sensorial (teste de consumidor) para os atributos cor, sabor, textura e impressão global são apresentados na Tabela 26.

Na seqüência, serão discutidos os resultados para cada atributo.

Tabela 26. Médias das notas obtidas com a análise sensorial do delineamento 2³.

	Cor	Sabor	Textura	Impressão Global
F1	7,0 ^a	7,3 ^{a,b}	7,2 ^a	7,3 ^a
F2	6,6 ^a	6,5 ^{a,b,c,d}	6,4 ^{a,b,c,d,e}	6,5 ^{a,b,c}
F3	7,3 ^a	6,2 ^{a,b,c,d,e}	6,5 ^{a,b,c,d}	6,4 ^{a,b,c}
F4	6,9 ^a	6,1 ^{b,c,d,e}	5,3 ^{d,e,f,g}	5,9 ^{b,c,d}
F5	6,8 ^a	6,6 ^{a,b,c}	6,4 ^{a,b,c,d}	6,7 ^{a,b}
F6	7,1 ^a	5,7 ^{c,d,e}	5,2 ^{d,e,f,g}	5,7 ^{b,c,d}
F7	7,0 ^a	6,1 ^{a,b,c,d,e}	5,4 ^{c,d,e,f}	5,9 ^{b,c,d}
F8	6,7 ^a	5,0 ^e	4,0 ^g	5,0 ^d
F9	6,8 ^a	6,3 ^{a,b,c,d,e}	5,4 ^{c,d,e,f}	6,0 ^{a,b,c,d}
F10	6,8 ^a	5,8 ^{c,d,e}	5,6 ^{b,c,d,e,f}	6,0 ^{b,c,d}
F11	7,0 ^a	6,6 ^{a,b,c}	5,7 ^{b,c,d,e,f}	6,4 ^{a,b,c}
F12	6,8 ^a	6,6 ^{a,b,c}	5,8 ^{a,b,c,d,e,f}	6,3 ^{a,b,c}
F13	7,3 ^a	6,5 ^{a,b,c,d}	6,5 ^{a,b,c,d}	6,7 ^{a,b}
F14	6,4 ^a	5,2 ^{d,e}	4,9 ^{f,g}	5,4 ^{c,d}
F15	6,9 ^a	6,6 ^{a,b,c}	6,8 ^{a,b,c}	6,7 ^{a,b}
F16	6,8 ^a	6,2 ^{a,b,c,d,e}	5,7 ^{b,c,d,e,f}	6,0 ^{b,c,d}
F17	7,1 ^a	6,7 ^{a,b,c}	6,2 ^{a,b,c,d,e,f}	6,6 ^{a,b,c}
F18	6,9 ^a	6,2 ^{a,b,c,d,e}	5,0 ^{e,f,g}	6,0 ^{b,c,d}
F19	6,1 ^a	7,4 ^a	6,9 ^{a,b}	6,9 ^{a,b}
DMS	1,2239	1,3028	1,3767	1,2550

DMS – Diferença mínima significativa; ^{a,b,c,d,e,f,g} Médias na mesma coluna, seguidas de letras diferentes, diferem entre si (p < 0,05 – Teste de Tukey).

F1: formulação com 2% de Raftiline HPX, 1% de fibra de trigo e 1% de fibra de aveia

F2: formulação com 8% de Raftiline HPX, 1% de fibra de trigo e 1% de fibra de aveia

F3: formulação com 2% de Raftiline HPX, 4% de fibra de trigo e 1% de fibra de aveia

F4: formulação com 8% de Raftiline HPX, 4% de fibra de trigo e 1% de fibra de aveia

F5: formulação com 2% de Raftiline HPX, 1% de fibra de trigo e 4% de fibra de aveia

F6: formulação com 8% de Raftiline HPX, 1% de fibra de trigo e 4% de fibra de aveia

F7: formulação com 2% de Raftiline HPX, 4% de fibra de trigo e 4% de fibra de aveia

F8: formulação com 8% de Raftiline HPX, 4% de fibra de trigo e 4% de fibra de aveia

F9 a F12: formulações com 5% de Raftiline HPX, 2,5% de fibra de trigo e 2,5% de fibra de aveia

F13: formulação com 0% de Raftiline HPX, 2,5% de fibra de trigo e 2,5% de fibra de aveia

F14: formulação com 10% de Raftiline HPX, 2,5% de fibra de trigo e 2,5% de fibra de aveia

F15: formulação com 5% de Raftiline HPX, 0% de fibra de trigo e 2,5% de fibra de aveia

F16: formulação com 5% de Raftiline HPX, 5% de fibra de trigo e 2,5% de fibra de aveia

F17: formulação com 5% de Raftiline HPX, 2,5% de fibra de trigo e 0% de fibra de aveia

F18: formulação com 5% de Raftiline HPX, 2,5% de fibra de trigo e 5% de fibra de aveia

F19: formulação controle (sem adição de fibras e com 20% de gordura suína)

5.3.10.1. Cor

Na Tabela 26 observou-se que não houve diferença significativa entre as amostras no atributo cor (a $p < 0,05$), ou seja, todas as mortadelas foram consideradas semelhantes neste atributo, pelos provadores, correlacionando com a avaliação subjetiva das fotos das mortadelas anteriormente apresentadas pela Figura 3.

Apesar disso, na análise dos efeitos para cor, a qual está relatada na Tabela 54 do Anexo I, demonstrou-se que o efeito linear da inulina foi considerado significativo ($p < 0,10$). Através da análise de variância (Tabela 80 do Anexo II) o $R^2 = 77,35$ e o $F_{\text{calculado}} (3,04)$ é maior que o $F_{\text{tabelado}} (2,56)$, então foi possível retirar um modelo, conforme descrito na Tabela 27.

As superfícies de resposta e curvas de contorno para cor são apresentadas na Figura 15.

O efeito da inulina demonstrou sua contribuição para a diminuição da cor; à medida que aumentou sua concentração na formulação, diminuiu o valor das notas dadas pelos provadores. Como não foi observada diferença entre as amostras (a $p < 0,05$), pode-se dizer que o efeito negativo encontrado pela inulina foi pequeno.

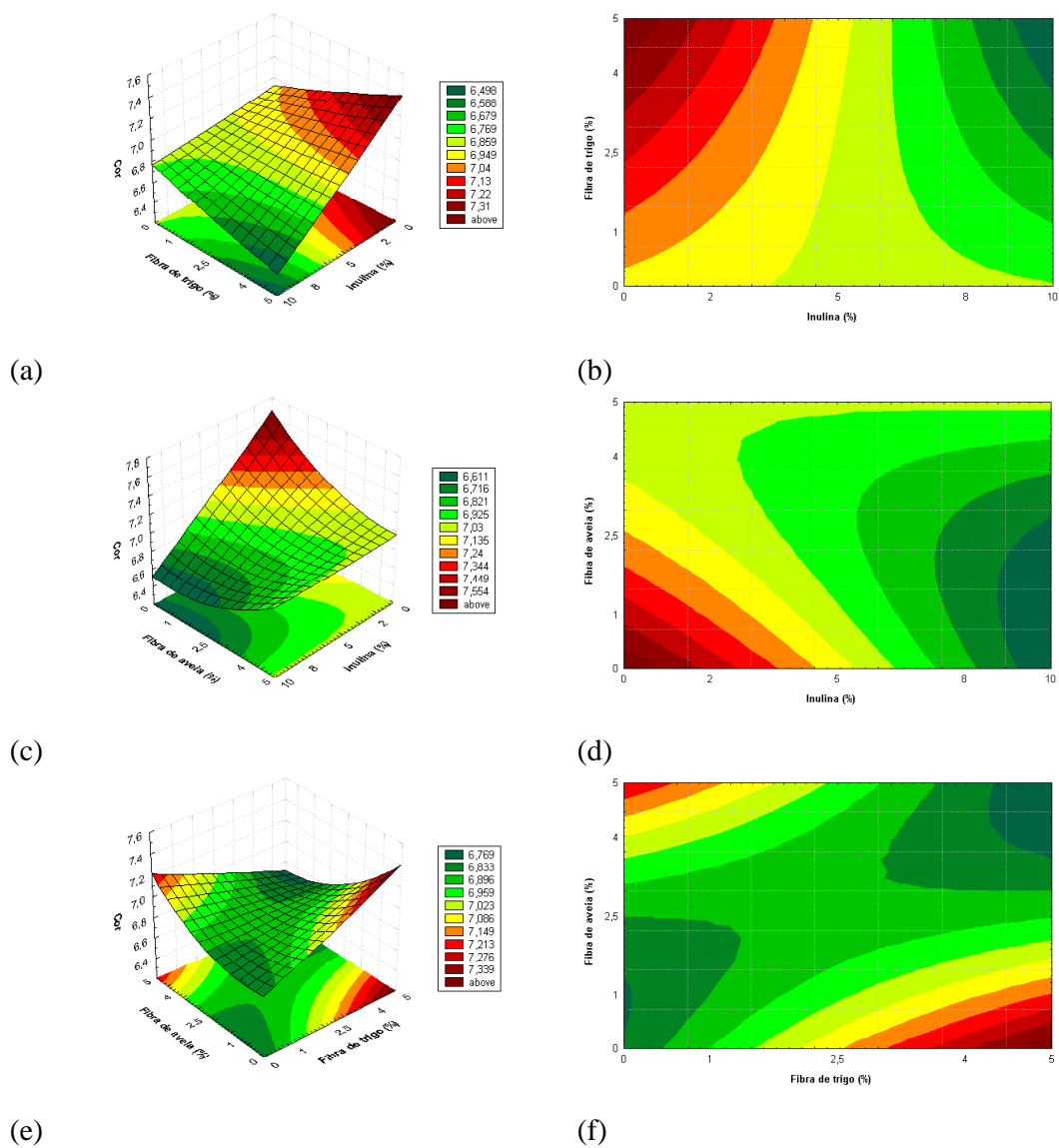


Figura 15. Superfícies de resposta e curvas de contorno para cor do delineamento 2^3 , em função da inulina e fibra de trigo (a) e (b), da inulina e fibra de aveia(c) e (d) e da fibra de trigo e fibra de aveia (e) e (f).

5.3.10.2. Sabor

Quanto ao atributo sabor, as diferenças nas notas variaram entre 5,2 a 7,4, valores estes mínimo e máximo encontrados, e podem ser observadas na

Tabela 26. As superfícies de resposta e curvas de contorno para sabor são apresentadas na Figura 16.

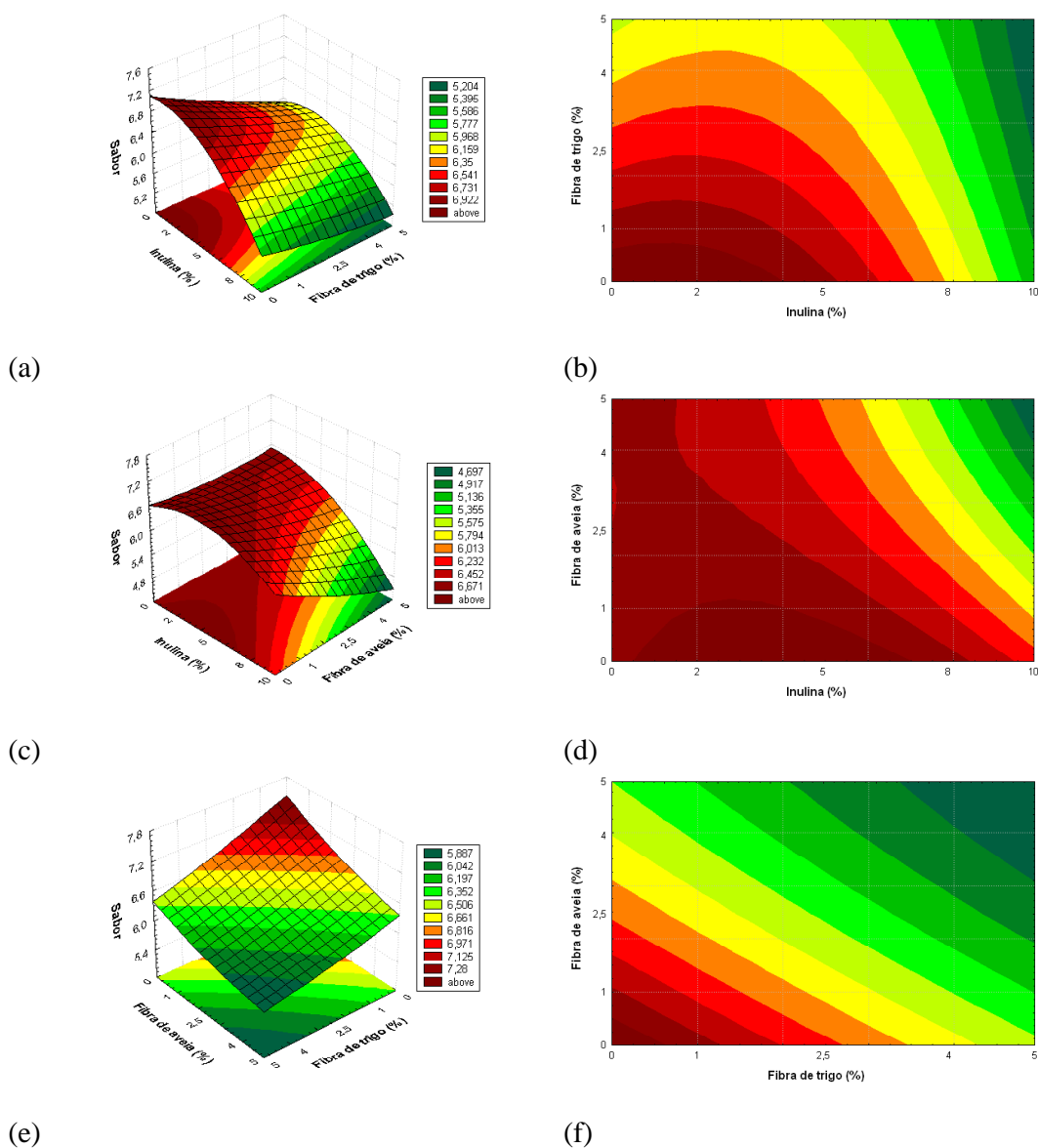


Figura 16. Superfícies de resposta e curvas de contorno para sabor do delineamento 2^3 , em função da inulina e fibra de trigo (a) e (b), da inulina e fibra de aveia(c) e (d) e da fibra de trigo e fibra de aveia (e) e (f).

As análises dos efeitos para sabor estão relatadas na Tabela 55 do Anexo I, onde os efeitos lineares das variáveis inulina, fibra de trigo e fibra de aveia e o

efeito quadrático da inulina foram significativos ($p < 0,10$). Todas as variáveis estudadas (fibras) contribuíram para a diminuição da nota dada para sabor. Na análise de variância (Tabela 81 do Anexo II) o $R^2 = 84,21$ e o $F_{\text{calculado}}$ (4,74) é maior que o F_{tabelado} (2,56), então foi possível retirar um modelo, conforme descrito na Tabela 27.

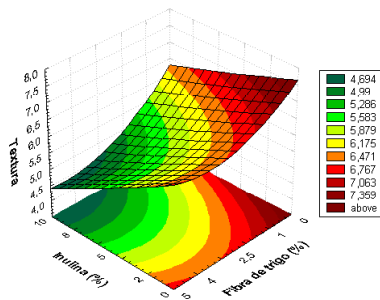
O aumento do teor de fibra de trigo e de fibra de aveia contribuíram para a diminuição da nota dada para sabor (Figura 13). Até 1% de fibra de aveia e 1% de fibra de trigo não houve comprometimento do produto no atributo sabor. Quanto a inulina, até 5% de adição, a nota dada para sabor não ficou comprometida, mas acima deste valor, as notas diminuíram.

5.3.10.3. Textura

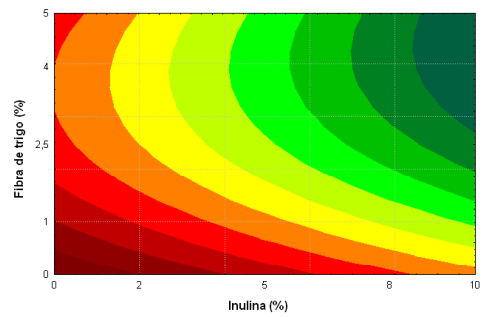
As análises dos efeitos para a resposta textura estão relatadas na Tabela 56 do Anexo I, onde os efeitos lineares das inulina, fibra de trigo e fibra de aveia e o efeito quadrático da fibra de trigo foram significativos ($p < 0,10$). Todas as variáveis estudadas (fibras) contribuíram para a diminuição da nota dada para textura. Na análise de variância (Tabela 82 do Anexo II) o $R^2 = 96,57$ e o $F_{\text{calculado}}$ (25,04) é maior que o F_{tabelado} (2,56), então foi possível retirar o modelo, conforme descrito na Tabela 27.

As superfícies de resposta e curvas de contorno para textura são apresentadas na Figura 17. As maiores notas dadas pelos provadores para textura são encontradas nas faixas mínimas de adição de fibras.

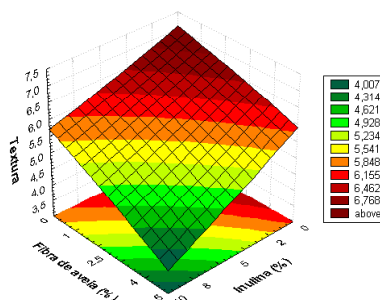
Isto indicou que os provadores detectaram que à medida que se aumentou o teor das fibras, aumentou a firmeza e a mastigabilidade e diminuiu a coesividade e elasticidade, obtidos com o teste de perfil de textura. E, então, foram perceptíveis por eles. Através da Figura 17 pode-se verificar que com o aumento do nível de fibras adicionadas, menores as notas dadas para textura.



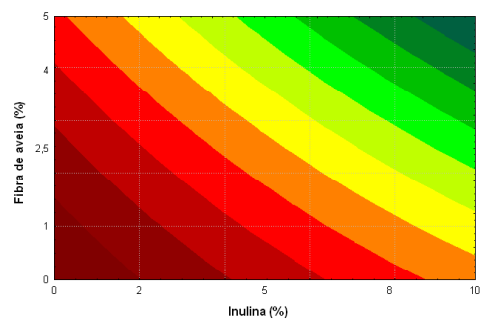
(a)



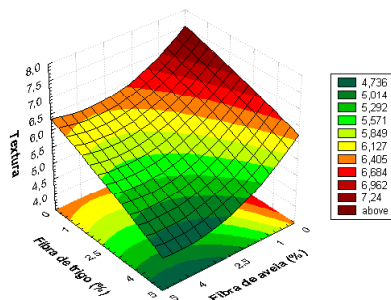
(b)



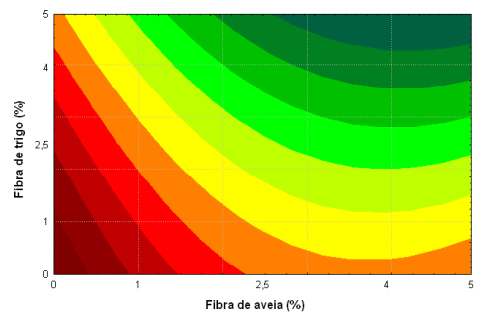
(c)



(d)



(e)



(f)

Figura 17. Superfícies de resposta e curvas de contorno para textura do delineamento 2^3 , em função da inulina e fibra de trigo (a) e (b), da inulina e fibra de aveia(c) e (d) e da fibra de trigo e fibra de aveia (e) e (f).

5.3.10.4. Impressão global

Na Tabela 57 do Anexo I, verificou-se que os efeitos lineares da inulina, fibra de trigo e fibra de aveia foram significativos ($p < 0,10$) para as notas dadas para impressão global. Todas as fibras utilizadas contribuíram para a diminuição

das notas para impressão global, ou seja, à medida que aumentava o nível da adição das fibras estudadas, a nota dada pelos provadores diminuía. Isto é semelhante ao ocorrido com a resposta sabor e textura.

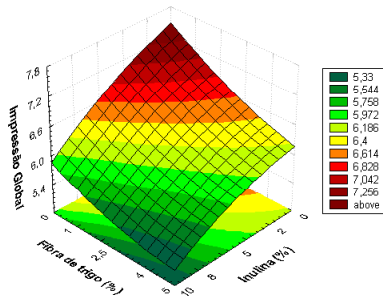
A Tabela 83 do Anexo II mostra a ANOVA para o modelo da resposta sensorial impressão global. O bom ajuste do modelo pode ser comprovado pelo coeficiente de correlação ($R^2 = 93,27$). Do ponto de vista do teste F, o modelo é preditivo, já que o valor de $F_{\text{calculado}}$ (12,44) é quase 5 vezes maior que o valor de F_{Tabelado} (2,56).

O modelo codificado é apresentado na Tabela 27, e descreve o comportamento da impressão global com relação as variáveis estudadas. Nele os coeficientes que não foram estatisticamente significativos a 90% de confiança, foram desprezados e incorporados ao erro por falta de ajuste.

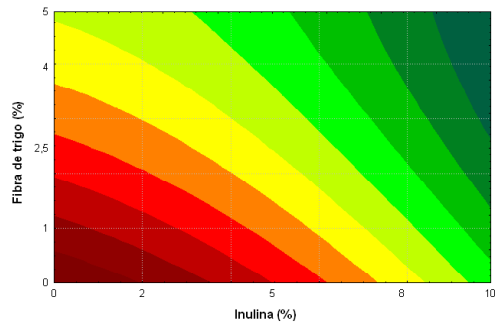
Tabela 27. Modelos matemáticos para as respostas cor, sabor, textura e impressão global do delineamento 2^3 .

	Modelo codificado	Nível de significância	R^2	$F_{\text{calculado}}$	F_{tabelado}
Cor	$y = 6,8489 - 0,1694.x_1$	90% ($p < 0,10$)	0,7735	3,04	2,56
Sabor	$y = 6,3270 - 0,3726.x_1 - 0,1770.x_1^2 - 0,2471.x_2 - 0,2594.x_3$	90% ($p < 0,10$)	0,8421	4,74	2,56
Textura	$y = 5,6282 - 0,5341.x_1 - 0,4286.x_2 + 0,2075x_2^2 - 0,4702.x_3$	90% ($p < 0,10$)	0,9657	25,04	2,56
Impressão global	$y = 6,1781 - 0,3946.x_1 - 0,3060.x_2 - 0,2791.x_3$	90% ($p < 0,10$)	0,9327	12,44	2,56

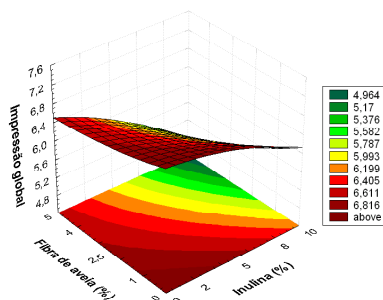
As superfícies de resposta e curvas de contorno para impressão global são apresentadas na Figura 18.



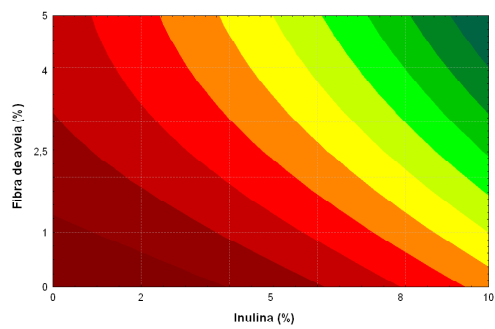
(a)



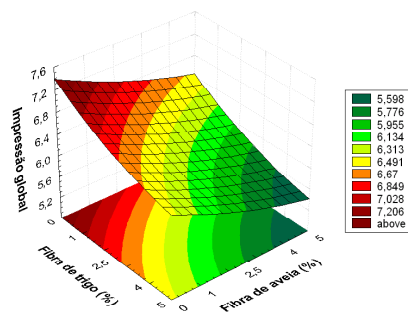
(b)



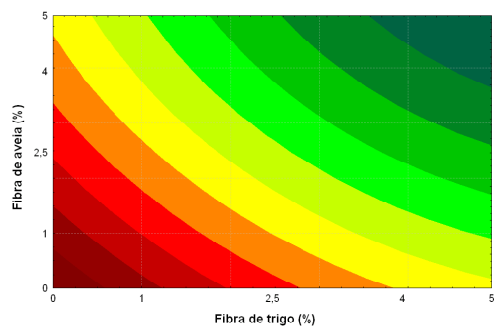
(c)



(d)



(e)



(f)

Figura 18. Superfícies de resposta e curvas de contorno para impressão global do delineamento 2^3 , em função da inulina e fibra de trigo (a) e (b), da inulina e fibra de aveia (c) e (d) e da fibra de trigo e fibra de aveia (e) e (f).

As notas obtidas para impressão global estão na faixa de 5,0 (nem gostei / nem desgostei) a 7,3 (gostei moderadamente), sendo que a mortadela controle apresentou média de 6,9.

Analisando as superfícies de respostas geradas pelo modelo (Figura 15), pode-se verificar que até 5% de inulina, as notas finais para impressão global ficam maiores que 6,8. Valores maiores que 5% comprometem as notas, ficando menores que a média da formulação controle (6,9). Teores acima de 1% para a fibra de trigo também comprometeram as notas para impressão global. Quanto à fibra de aveia, este valor está próximo de 1,5%, para não haver comprometimento das notas finais para a resposta impressão global.

Todas as fibras estudadas (inulina, fibra de trigo e fibra de aveia) afetaram significativamente ($p < 0,10$) as respostas sensoriais cor, sabor, textura e impressão global. Com o aumento do nível utilizado, todas as fibras contribuíram para a diminuição das respostas sensoriais. Para o próximo experimento, levou-se em consideração principalmente esta análise, e então foi fixado o maior nível possível para a variável inulina (5%) e para a variável fibra de aveia (1%), com menor comprometimento sensorial.

5.4. Efeito da adição da fibra de trigo e gordura suína na mortadela com teor reduzido de gordura

As variáveis deste experimento foram a fibra de trigo (0 a 4%) e a gordura suína (0 a 10%). Também foram utilizadas as fibras de aveia Vitacel® HF600 e a Raftiline® HPX, nas porcentagens fixadas, de acordo com o experimento anterior, em todas as formulações deste experimento, exceto na formulação controle.

5.4.1. Atividade de água durante a estocagem

A Tabela 28 apresenta os valores de atividade de água das mortadelas durante a estocagem a temperatura ambiente.

Tabela 28. Aw das mortadelas do delineamento 2² durante estocagem.

Amostra	0 dia	15 dias	30 dias	45 dias
	M (DP)	M (DP)	M (DP)	M (DP)
F1	0,989 (0,001) ^b	0,994 (0,001) ^a	0,991 (0,001) ^b	0,985 (0,000) ^c
F2	0,992 (0,001) ^a	0,994 (0,002) ^a	0,990 (0,001) ^a	0,983 (0,001) ^b
F3	0,992 (0,002) ^a	0,992 (0,001) ^a	0,991 (0,001) ^a	0,983 (0,001) ^b
F4	0,993 (0,001) ^a	0,991 (0,000) ^b	0,990 (0,001) ^b	0,981 (0,000) ^c
F5	0,992 (0,000) ^a	0,992 (0,001) ^a	0,989 (0,001) ^b	0,980 (0,001) ^c
F6	0,993 (0,001) ^a	0,993 (0,002) ^a	0,991 (0,000) ^a	0,982 (0,001) ^b
F7	0,994 (0,001) ^a	0,995 (0,001) ^a	0,992 (0,000) ^b	0,982 (0,000) ^c
F8	0,994 (0,000) ^a	0,994 (0,002) ^a	0,994 (0,001) ^a	0,981 (0,001) ^b
F9	0,995 (0,001) ^a	0,996 (0,002) ^a	0,994 (0,000) ^a	0,983 (0,000) ^b
F10	0,993 (0,002) ^a	0,996 (0,001) ^a	0,989 (0,000) ^b	0,982 (0,001) ^c
F11	0,993 (0,001) ^a	0,995 (0,001) ^a	0,993 (0,001) ^a	0,984 (0,001) ^b
F12	0,992 (0,000) ^b	0,996 (0,001) ^a	0,988 (0,001) ^c	0,978 (0,001) ^d
F13	0,990 (0,001) ^a	0,987 (0,002) ^a	0,988 (0,000) ^a	0,978 (0,001) ^b

^{a,b,c,d} Médias na mesma linha, seguidas de letras diferentes, diferem entre si ($p < 0,05$ – Teste de Tukey).

M = Média; DP = Desvio Padrão

F1: formulação com 0,58% de fibra de trigo e 1,45% de gordura suína

F2: formulação com 3,42% de fibra de trigo e 1,45% de gordura suína

F3: formulação com 0,58% de fibra de trigo e 8,55% de gordura suína

F4: formulação com 3,42% de fibra de trigo e 8,55% de gordura suína

F5 a F8: formulações com 2% de fibra de trigo e 5% de gordura suína

F9: formulação com 0% de fibra de trigo e 5% de gordura suína

F10: formulação com 4% de fibra de trigo e 5% de gordura suína

F11: formulação com 2% de fibra de trigo e 0% de gordura suína

F12: formulação com 2% de fibra de trigo e 10% de gordura suína

F13: formulação sem adição de fibras

Verificou-se pouca alteração na atividade de água até 30 dias de estocagem, indicando estabilidade durante estocagem em até 30 dias a temperatura ambiente. Os valores de atividade de água em 45 dias de estocagem estão menores significativamente ($p < 0,05$) quando comparados com até 30 dias de estocagem, em todas as amostras. Esta pouca diferença, no entanto, são valores muito próximos durante a estocagem no período estudado.

5.4.2. Determinação de pH durante a estocagem

A Tabela 29 mostra os resultados da medida de pH durante a estocagem a temperatura ambiente. As amostras de mortadelas tiveram variações significativas (a $p < 0,05$) durante estocagem. Pode-se considerar que as formulações são estáveis durante estocagem, devido variações ser entre 6,03 e 6,29, valores máximo e mínimo encontrados durante toda a estocagem, respectivamente.

Tabela 29. Resultados do pH do delineamento 2^2 durante estocagem.

Amostras	pH 0dia M (DP)	pH 15dias M (DP)	pH 30dias M (DP)	pH 45dias M (DP)
F1	6,08 (0,01) ^c	6,03 (0,00) ^b	6,15 (0,015) ^a	6,08 (0,01) ^a
F2	6,20 (0,02) ^a	6,06 (0,01) ^c	6,21 (0,01) ^a	6,13 (0,015) ^b
F3	6,20 (0,01) ^a	6,07 (0,03) ^b	6,24 (0,01) ^a	6,16 (0,01) ^a
F4	6,20 (0,035) ^{a,b}	6,10 (0,01) ^c	6,25 (0,025) ^a	6,15 (0,01) ^{b,c}
F5	6,20 (0,01) ^a	6,08 (0,01) ^c	6,21 (0,01) ^a	6,11 (0,01) ^b
F6	6,21 (0,01) ^a	6,07 (0,01) ^c	6,22 (0,01) ^a	6,11 (0,01) ^b
F7	6,25 (0,01) ^a	6,11 (0,01) ^c	6,27 (0,01) ^a	6,17 (0,005) ^b
F8	6,22 (0,015) ^a	6,05 (0,025) ^c	6,23 (0,015) ^a	6,13 (0,005) ^b
F9	6,25 (0,030) ^a	6,10 (0,03) ^c	6,29 (0,01) ^a	6,18 (0,01) ^b
F10	6,21 (0,005) ^b	6,08 (0,015) ^d	6,25 (0,01) ^a	6,15 (0,01) ^c
F11	6,24 (0,015) ^b	6,11 (0,01) ^d	6,29 (0,005) ^a	6,18 (0,02) ^c
F12	6,21 (0,035) ^a	6,07 (0,00) ^c	6,22 (0,01) ^a	6,14 (0,01) ^b
F13	6,21 (0,03) ^{a,b}	6,03 (0,035) ^c	6,22 (0,01) ^a	6,15 (0,01) ^b

^{a,b,c,d} Médias na mesma linha, seguidas de letras diferentes, diferem entre si ($p < 0,05$ – Teste de Tukey).

M = Média; DP = Desvio Padrão

F1: formulação com 0,58% de fibra de trigo e 1,45% de gordura suína

F2: formulação com 3,42% de fibra de trigo e 1,45% de gordura suína

F3: formulação com 0,58% de fibra de trigo e 8,55% de gordura suína

F4: formulação com 3,42% de fibra de trigo e 8,55% de gordura suína

F5 a F8: formulações com 2% de fibra de trigo e 5% de gordura suína

F9: formulação com 0% de fibra de trigo e 5% de gordura suína

F10: formulação com 4% de fibra de trigo e 5% de gordura suína

F11: formulação com 2% de fibra de trigo e 0% de gordura suína
 F12: formulação com 2% de fibra de trigo e 10% de gordura suína
 F13: formulação sem adição de fibras

5.4.3. Análises químicas básicas

A Tabela 30 mostra os resultados do teor de umidade, gordura e proteína das amostras de mortadela.

Tabela 30. Determinação da % de umidade, proteína e gordura das mortadelas do delineamento 2².

Amostra	Umidade (%)	Gordura (%)	Proteína (%)
	M (DP)	M (DP)	M (DP)
F1	67,33 (0,03) ^a	5,07 (0,13) ^h	12,32 (0,14) ^{c,d,e,f}
F2	64,16 (0,05) ^d	6,49 (0,02) ^g	12,23 (0,06) ^{d,e,f}
F3	62,40 (0,09) ^f	8,65 (0,35) ^{c,d}	11,84 (0,10) ^g
F4	57,08 (0,03) ⁱ	8,23 (0,18) ^{d,e}	12,39 (0,05) ^{c,d,e}
F5	62,31 (0,15) ^f	8,23 (0,16) ^{d,e}	12,89 (0,16) ^{a,b}
F6	63,85 (0,01) ^e	8,38 (0,06) ^{c,d,e}	12,99 (0,11) ^a
F7	64,56 (0,05) ^c	8,78 (0,02) ^c	13,07 (0,15) ^a
F8	59,85 (0,03) ^h	8,53 (0,05) ^{c,d,e}	12,47 (0,03) ^{c,d}
F9	64,98 (0,08) ^b	7,75 (0,02) ^f	12,03 (0,08) ^{f,g}
F10	61,48 (0,14) ^g	8,17 (0,14) ^{e,f}	11,78 (0,11) ^g
F11	63,96 (0,09) ^{d,e}	4,69 (0,07) ^h	12,57 (0,09) ^{b,c}
F12	57,13 (0,01) ⁱ	11,40 (0,25) ^b	12,11 (0,08) ^{e,f,g}
F13 (Controle)	55,74 (0,12) ^j	13,85 (0,18) ^a	12,41 (0,18) ^{c,d,e}

a,b,c,d,e,f,g,h,i,j Médias na mesma coluna, seguidas de letras diferentes, diferem entre si ($p < 0,05$ – Teste de Tukey).

M = Média; DP = Desvio Padrão

F1: formulação com 0,58% de fibra de trigo e 1,45% de gordura suína

F2: formulação com 3,42% de fibra de trigo e 1,45% de gordura suína

F3: formulação com 0,58% de fibra de trigo e 8,55% de gordura suína

F4: formulação com 3,42% de fibra de trigo e 8,55% de gordura suína

F5 a F8: formulações com 2% de fibra de trigo e 5% de gordura suína

F9: formulação com 0% de fibra de trigo e 5% de gordura suína

F10: formulação com 4% de fibra de trigo e 5% de gordura suína

F11: formulação com 2% de fibra de trigo e 0% de gordura suína

F12: formulação com 2% de fibra de trigo e 10% de gordura suína
F13: formulação sem adição de fibras

Os valores encontrados para umidade variaram significativamente (a $p < 0,05$), pois a quantidade de água adicionada em cada formulação foi dependente da quantidade adicionada de fibra de trigo e gordura. Foram encontrados valores mais baixos que o esperado para a análise da gordura. Quanto aos valores encontrados para análise de proteína, a variação encontrada se deve basicamente às diferenças na matéria-prima cárnea, já que a fonte de proteína para todas as formulações foi a carne, e esta teve quantidade adicionada igual para todas as formulações, ou seja, a proteína de todas as formulações estão dentro de valores esperados para este tipo de produto, variando entre 11,78 a 13,07, valores estes mínimos e máximos encontrados, respectivamente.

5.4.4. Teste de estabilidade da emulsão

O teste de estabilidade da emulsão determina o quanto uma formulação resiste à exsudação de água e gordura, durante as etapas de processamento e armazenamento.

Os resultados do teste da estabilidade da emulsão para as mortadelas deste experimento são apresentados na Tabela 31.

Os valores ficaram entre 92% e 99,49%. Pode-se verificar que os resultados são bastante semelhantes (a $p < 0,05$). Na análise estatística dos efeitos (Tabela 58, do Anexo I) verifica-se que nenhum efeito linear, quadrático ou de interação entre as variáveis apresentou significância ($p < 0,05$). Assim, não foi possível estabelecer um modelo para estabilidade da emulsão em função destas variáveis, nos níveis estudados, e nem verificar alguma tendência.

Tabela 31. Valores da estabilidade da emulsão (em %) do delineamento 2².

Ensaio	% EE
F1	92,00 ^b
F2	99,49 ^a
F3	97,21 ^{a,b}
F4	97,87 ^a
F5	97,09 ^{a,b}
F6	97,70 ^a
F7	97,01 ^{a,b}
F8	95,75 ^{a,b}
F9	97,93 ^a
F10	97,70 ^a
F11	95,00 ^{a,b}
F12	96,27 ^{a,b}
F13 (Controle)	97,67 ^a

^{a,b} Médias na mesma coluna, seguidas de letras diferentes, diferem entre si ($p < 0,05$ – Teste de Tukey).

F1: formulação com 0,58% de fibra de trigo e 1,45% de gordura suína

F2: formulação com 3,42% de fibra de trigo e 1,45% de gordura suína

F3: formulação com 0,58% de fibra de trigo e 8,55% de gordura suína

F4: formulação com 3,42% de fibra de trigo e 8,55% de gordura suína

F5 a F8: formulações com 2% de fibra de trigo e 5% de gordura suína

F9: formulação com 0% de fibra de trigo e 5% de gordura suína

F10: formulação com 4% de fibra de trigo e 5% de gordura suína

F11: formulação com 2% de fibra de trigo e 0% de gordura suína

F12: formulação com 2% de fibra de trigo e 10% de gordura suína

F13: formulação sem adição de fibras

A adição ou não da fibra de trigo e da gordura, não comprometeu esta análise.

5.4.5. Cor objetiva

Os resultados da cor objetiva interna para todas as formulações estudadas são apresentados na Tabela 32.

Tabela 32. Valores da avaliação objetiva da cor do delineamento 2², com 30 dias de estocagem.

Ensaio	L*	a*	b*	chroma
F1	61.23 ^{b,c}	13.57 ^a	13.18 ^d	18,92 ^{a,b}
F2	63.18 ^{a,b,c}	12.50 ^{c,d}	13.41 ^{c,d}	18,33 ^{a,b,c}
F3	63.73 ^{a,b}	12.39 ^{d,e}	13.12 ^d	18,05 ^{a,b}
F4	64.33 ^a	11.86 ^{e,f}	13.85 ^{b,c,d}	18,23 ^{a,b,c}
F5	61.18 ^c	13.33 ^a	13.49 ^{c,d}	18,96 ^a
F6	64.40 ^a	12.41 ^{d,e}	13.30 ^d	18,19 ^{a,b,c}
F7	63.66 ^{a,b,c}	12.52 ^{b,c,d}	13.66 ^{c,d}	18,53 ^{a,b,c}
F8	64.44 ^a	12.12 ^{d,e,f}	14.07 ^{a,b,c}	18,57 ^{a,b,c}
F9	63.18 ^{a,b,c}	13.10 ^{a,b}	13.43 ^{c,d}	18,76 ^{a,b,c}
F10	63.61 ^{a,b,c}	11.90 ^{e,f}	13.49 ^{c,d}	17,98 ^c
F11	62.47 ^{a,b,c}	13.02 ^{a,b,c}	13.57 ^{c,d}	18,80 ^{a,b,c}
F12	63.56 ^{a,b,c}	12.05 ^{d,e,f}	14.64 ^a	18,96 ^a
F13	63.70 ^{a,b}	11.74 ^f	14.43 ^{a,b}	18,60 ^{a,b,c}

^{a,b,c,d,e,f} médias da mesma coluna com letras iguais não diferem significativamente a $p < 0,05$ (Teste de Tukey)

F1: formulação com 0,58% de fibra de trigo e 1,45% de gordura suína

F2: formulação com 3,42% de fibra de trigo e 1,45% de gordura suína

F3: formulação com 0,58% de fibra de trigo e 8,55% de gordura suína

F4: formulação com 3,42% de fibra de trigo e 8,55% de gordura suína

F5 a F8: formulações com 2% de fibra de trigo e 5% de gordura suína

F9: formulação com 0% de fibra de trigo e 5% de gordura suína

F10: formulação com 4% de fibra de trigo e 5% de gordura suína

F11: formulação com 2% de fibra de trigo e 0% de gordura suína

F12: formulação com 2% de fibra de trigo e 10% de gordura suína

F13: formulação sem adição de fibras

A análise estatística dos efeitos para o valor L* (Tabela 59, Anexo I), e b* (Tabela 61, Anexo I), mostrou que nenhum efeito linear, quadrático ou de interação entre as variáveis apresentaram significância ($p < 0,05$). Portanto, não foi possível estabelecer um modelo para estas respostas em função destas variáveis, ao nível estudado. Os valores encontrados para L* e b* são bastante próximos (a $p < 0,05$) para estas respostas e, nos níveis estudados, a fibra de trigo e a gordura não comprometeram estes resultados.

Quanto ao valor de a^* , a análise estatística dos efeitos (Tabela 60, Anexo I) mostrou que os efeitos lineares da fibra de trigo e da gordura foram significativos (a $p < 0,05$). A ANOVA (Tabela 86, Anexo II) apresentou uma variação explicada de 76,37%, mas $F_{\text{calculado}}$ (3,88) foi menor que F_{tabelado} (4,39). Assim, não foi possível construir a superfície de resposta e curva de contorno de a^* em função da fibra de trigo e gordura, nos níveis estudados.

Pela Tabela 32 verificou-se que a variação para a resposta a^* é de 11,90 e 13,57, valores estes mínimo e máximo. O valor de a^* para a formulação convencional foi de 11,74. Também podem ser considerados valores próximos para esta resposta e que, nos níveis estudados, a fibra de trigo e a gordura não comprometeu este resultado.

Quanto ao croma, através da análise estatística dos efeitos (Tabela 62 Anexo I), verificou-se que nenhum efeito linear, quadrático ou de interação entre as variáveis apresentaram significância ($p < 0,05$). Assim, não foi possível construir a superfície de resposta e curva de contorno para croma em função da fibra de trigo e gordura, nos níveis estudados. Isto também pode ser explicado pela pouca diferença encontrada entre os resultados. Pela Tabela 32, a variação para a resposta croma foi de 17,98 e 18,96, valores mínimo e máximo encontrados, respectivamente.

Assim a adição da fibra de trigo e da gordura suína, nos níveis estudados, não comprometeu o produto para cor objetiva.

5.4.6. Teste de perfil de textura

Os resultados do teste de perfil de textura para firmeza, elasticidade, coesividade e mastigabilidade são apresentados na Tabela 33.

Tabela 33. Valores do teste de perfil de textura das mortadelas do delineamento 2^2 .

Amostra	Firmeza (N/cm ²)	Elasticidade (cm)	Coesividade	Mastigabilidade (N/cm)
F1	2808,8 ^{f,g}	0,9154 ^a	0,8228 ^{a,b}	2117,0 ^{e,f}
F2	4295,4 ^{a,b}	0,8911 ^{a,b,c,d}	0,7815 ^{e,f,g,h}	2994,9 ^a
F3	3530,4 ^{c,d,e}	0,9000 ^{a,b,c,d}	0,8019 ^{c,d}	2552,9 ^{b,c,d,e}
F4	3902,0 ^{b,c,d}	0,8773 ^{c,d}	0,7660 ^{h,i}	2622,9 ^{a,b,c,d}
F5	3351,0 ^{d,e,f}	0,8730 ^d	0,7886 ^{d,e}	2308,0 ^{d,e}
F6	4037,4 ^{a,b,c}	0,9020 ^{a,b,c}	0,7831 ^{e,f,g,h}	2853,9 ^{a,b}
F7	3499,4 ^{c,d,e}	0,8991 ^{a,b,c,d}	0,7866 ^{d,e,f}	2474,9 ^{b,c,d,e}
F8	3184,5 ^{e,f}	0,8784 ^{c,d}	0,7699 ^{f,g,h,i}	2153,4 ^{e,f}
F9	3297,5 ^{e,f}	0,9063 ^{a,b}	0,8071 ^{b,c}	2414,4 ^{c,d,e}
F10	4484,2 ^a	0,8833 ^{b,c,d}	0,7683 ^{g,h,i}	3044,6 ^a
F11	3284,5 ^{e,f}	0,9112 ^a	0,7853 ^{d,e,f,g}	2348,9 ^{d,e}
F12	4243,5 ^{a,b}	0,8783 ^{c,d}	0,7624 ⁱ	2841,9 ^{a,b,c}
F13	2421,7 ^g	0,9104 ^a	0,8268 ^a	1822,5 ^f

^{a,b,c,d,e,f,g} médias da mesma coluna com letras iguais não diferem significativamente a $p < 0,05$ (Teste Tukey).

F1: formulação com 0,58% de fibra de trigo e 1,45% de gordura suína

F2: formulação com 3,42% de fibra de trigo e 1,45% de gordura suína

F3: formulação com 0,58% de fibra de trigo e 8,55% de gordura suína

F4: formulação com 3,42% de fibra de trigo e 8,55% de gordura suína

F5 a F8: formulações com 2% de fibra de trigo e 5% de gordura suína

F9: formulação com 0% de fibra de trigo e 5% de gordura suína

F10: formulação com 4% de fibra de trigo e 5% de gordura suína

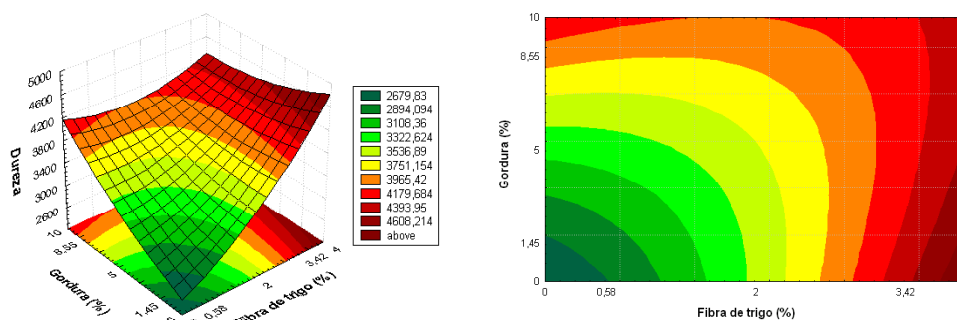
F11: formulação com 2% de fibra de trigo e 0% de gordura suína

F12: formulação com 2% de fibra de trigo e 10% de gordura suína

F13: formulação sem adição de fibras

Analisando os dados para firmeza através da análise estatística dos efeitos (Tabela 63 Anexo I), verifica-se que somente o efeito linear da variável fibra de trigo foi considerado significativo a $p < 0,05$. A variável gordura não afetou a firmeza nos níveis estudados. O modelo pode ser visto na Tabela 34. A ANOVA (Tabela 89 Anexo II) apresenta uma variação explicada de 79,18% e $F_{\text{calculado}}$ (4,56) é maior que F_{tabelado} (4,39). Assim, foi possível construir a superfície de

resposta e curva de contorno para firmeza em função da fibra de trigo e gordura, como mostrado na Figura 19.



(a)

(b)

Figura 19. Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para firmeza do delineamento 2^2 , em função da fibra de trigo e gordura.

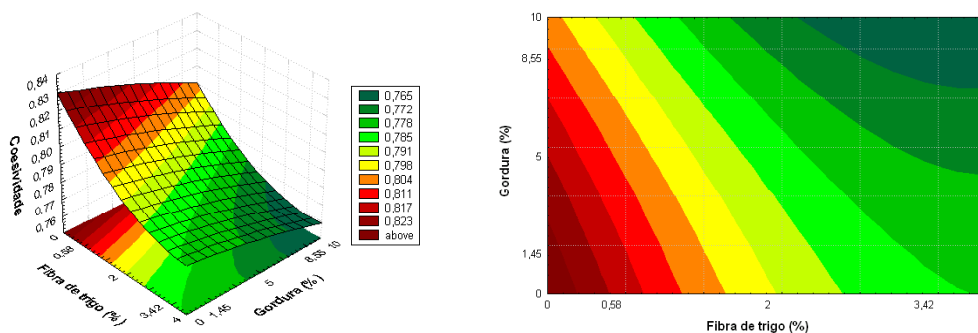
Na Figura 19 pode-se verificar que quanto maior a quantidade de fibra de trigo adicionada, maior a firmeza encontrada.

Com relação à elasticidade, a análise estatística dos efeitos (Tabela 64, Anexo I) mostrou que nenhum efeito linear, quadrático ou de interação entre as variáveis apresentou significância ($p < 0,05$). A ANOVA para elasticidade (Tabela 90, Anexo II) mostra que a variação explicada pelo modelo é de 70,11% e que o F calculado (2,81) é menor que o F tabelado (4,39). Ou seja, não foi possível estabelecer um modelo para a elasticidade em função das variáveis estudadas.

Isto indica que a fibra de trigo e a gordura, nos níveis usados, não comprometeram significativamente a elasticidade. Pela Tabela 33 observou-se pouca diferença entre os resultados deste experimento para elasticidade.

A análise estatística dos efeitos para coesividade (Tabela 65, Anexo I) mostrou que os efeitos lineares da fibra de trigo e da gordura são significativos a $p < 0,05$. O modelo pode ser visto na Tabela 34. A ANOVA (Tabela 91, Anexo II)

apresenta uma variação explicada de 84,07%. O $F_{\text{calculado}}$ (6,34) é maior que o F_{tabelado} (4,39). Assim, foi possível construir a superfície de resposta e curva de contorno para coesividade em função da fibra de trigo e gordura, mostrado na Figura 20.



(a)

(b)

Figura 20. Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para coesividade do delineamento 2^2 , em função da fibra de trigo e gordura.

A fibra de trigo e a gordura suína contribuíram para a diminuição da coesividade, ou seja, à medida que aumenta a quantidade de fibra de trigo e gordura suína (nos níveis estudados), diminuem os valores para coesividade. Isto fica evidente na avaliação da superfície e curva de contorno para coesividade, pela Figura 20.

A análise estatística dos efeitos para mastigabilidade (Tabela 66, Anexo I) mostrou que nenhum efeito linear, quadrático ou de interação entre as variáveis apresentou significância ($p < 0,05$). O coeficiente de determinação foi baixo ($R^2 = 68,93$ - Tabela 92 do Anexo II) e os resíduos foram altos. Portanto, não foi possível estabelecer um modelo para a elasticidade em função destas variáveis.

Isto indica que a fibra de trigo e a gordura, nos níveis usados, não comprometeram significativamente a mastigabilidade.

A Tabela 34 apresenta os modelos matemáticos para TPA do delineamento 2².

Tabela 34. Modelos matemáticos do teste de perfil de textura do delineamento 2².

	Modelo codificado	Nível de significância	R ²	F _{calculado}	F _{tabelado}
Firmeza	$y = 3518,7 + 442,7.x_1$	95% (p<0,05)	79,18	4,56	4,39
Coesividade	$y = 0,7870 - 0,0165.x_1 - 0,0086.x_2$	95% (p<0,05)	84,07	6,34	4,39

5.4.7. Análise Sensorial

Os resultados obtidos com a análise sensorial para os atributos cor, sabor, textura e impressão global são apresentados na Tabela 35.

Tabela 35. Médias das notas obtidas com a análise sensorial do delineamento 2².

	Cor	Sabor	Textura	Impressão Global
F1	6.93 ^{a,b}	6.93 ^a	6.87 ^{a,b}	7.03 ^{a,b}
F2	6.77 ^{a,b}	6.83 ^a	6.07 ^{a,b}	6.60 ^{a,b}
F3	6.83 ^{a,b}	6.93 ^a	6.23 ^{a,b}	6.60 ^{a,b}
F4	6.53 ^b	6.70 ^a	5.83 ^b	6.30 ^{a,b}
F5	7.03 ^{a,b}	6.50 ^a	6.87 ^{a,b}	6.73 ^{a,b}
F6	7.30 ^{a,b}	6.70 ^a	6.57 ^{a,b}	6.87 ^{a,b}
F7	6.40 ^b	6.40 ^a	6.40 ^{a,b}	6.37 ^{a,b}
F8	6.97 ^{a,b}	7.00 ^a	6.07 ^{a,b}	6.80 ^{a,b}
F9	7.57 ^a	7.10 ^a	6.60 ^{a,b}	7.07 ^a
F10	6.83 ^{a,b}	6.40 ^a	5.90 ^b	6.07 ^b
F11	7.00 ^{a,b}	6.67 ^a	6.50 ^{a,b}	6.63 ^{a,b}
F12	6.97 ^{a,b}	6.87 ^a	6.40 ^{a,b}	6.53 ^{a,b}
F13	7.20 ^{a,b}	7.27 ^a	7.13 ^a	7.20 ^a
DMS	0,94	1,14	1,21	0,97

DMS – Diferença mínima significativa

^{a,b} Médias na mesma coluna, seguida de letras diferentes, diferem entre si (p < 0,05 – Teste de Tukey).

F1: formulação com 0,58% de fibra de trigo e 1,45% de gordura suína
F2: formulação com 3,42% de fibra de trigo e 1,45% de gordura suína
F3: formulação com 0,58% de fibra de trigo e 8,55% de gordura suína
F4: formulação com 3,42% de fibra de trigo e 8,55% de gordura suína
F5 a F8: formulações com 2% de fibra de trigo e 5% de gordura suína
F9: formulação com 0% de fibra de trigo e 5% de gordura suína
F10: formulação com 4% de fibra de trigo e 5% de gordura suína
F11: formulação com 2% de fibra de trigo e 0% de gordura suína
F12: formulação com 2% de fibra de trigo e 10% de gordura suína
F13: formulação sem adição de fibras

As análises estatísticas dos efeitos para a cor (Tabela 67, Anexo I) e sabor (Tabela 68, Anexo I) mostraram que nenhum efeito linear, quadrático ou de interação entre as variáveis apresentou significância ($p < 0,05$). A ANOVA para cor (Tabela 93, Anexo II) e para sabor (Tabela 94, Anexo II), tiveram baixos valores para explicação do modelo e o $F_{\text{calculado}}$ foi menor que F_{tabelado} nestes casos. Portanto, não foi possível estabelecer um modelo para estas respostas em função destas variáveis, no nível estudado.

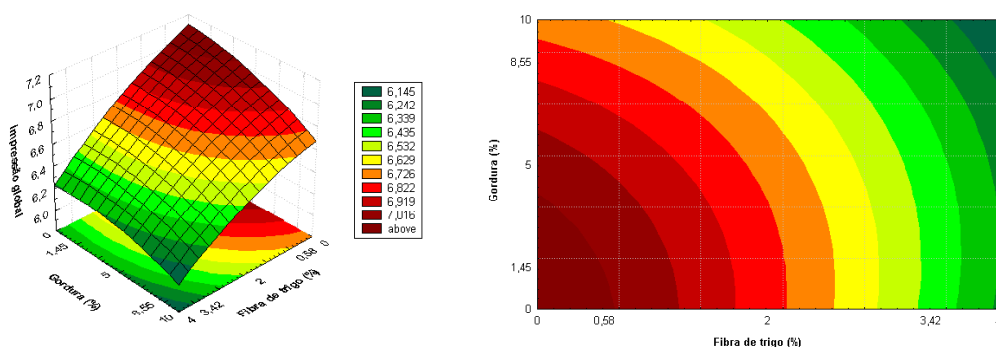
Isto indica que independente da quantidade utilizada de fibra de trigo e gordura suína (nos níveis estudados), a cor e o sabor não foram afetados, ou seja, não foi sensível pelos provadores. Na Tabela 35 observa-se pouca diferença entre estes resultados (a $p < 0,05$), confirmando que as mortadelas são similares na cor e sabor. É importante ressaltar que na avaliação objetiva da cor, a faixa estreita dos valores L, a* e b* podem dificultar a diferença visual entre os mesmos.

A análise estatística dos efeitos para textura (Tabela 69, Anexo I) mostrou que o efeito linear da fibra de trigo foi significativo ($p < 0,05$). A ANOVA para textura (Tabela 95, Anexo II) mostrou baixa explicação do modelo ($R^2 = 60,13$) e o $F_{\text{calculado}}$ (2,51) foi menor que F_{tabelado} (3,11 para $p < 0,10$). Assim, não foi possível estabelecer um modelo para textura em função destas variáveis, no nível estudado.

Também se pode dizer que as mortadelas são similares na textura, ou seja, nos níveis estudados, a quantidade de fibra de trigo e gordura suína não

afetaram a textura. A Tabela 35 mostra pouca variação entre as amostras (a $p < 0,05$).

A análise estatística dos efeitos para impressão global (Tabela 70, Anexo I) mostrou que o efeito linear da fibra de trigo foi significativo ($p < 0,05$), ou seja, a fibra de trigo contribuiu para a diminuição das notas dadas para impressão global. A ANOVA para impressão global (Tabela 96, Anexo II) mostrou boa explicação do modelo ($R^2 = 72,96$) e o $F_{\text{calculado}}$ (3,24) foi maior que F_{tabelado} (3,11). Portanto, foi possível construir a superfície de resposta e curva de contorno para impressão global em função da fibra de trigo e gordura, mostrado na Figura 21.



(a)

(b)

Figura 21. Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para impressão global do delineamento 2^2 , em função da fibra de trigo e gordura.

Apesar da pouca diferença encontrada nas notas para impressão global (a $p < 0,05$) na Tabela 35, pode-se evidenciar, analisando a superfície de resposta e curva de contorno (Figura 21), que à medida que aumenta a adição da fibra de trigo, as notas para impressão global vão diminuindo. Também se verificou que as melhores notas estão localizadas quando se utiliza até 0,58% de fibra de trigo, como nas formulações F1 e F9 (sem adição de fibra de trigo).

A Tabela 36 apresenta o modelo matemático para a resposta impressão global deste delineamento.

Tabela 36. Modelo matemático para impressão global do delineamento 2².

	Modelo codificado	Nível de significância	R ²	F _{calculado}	F _{tabelado}
Impressão global	$y = 6,6923 - 0,2683.x_1$	90% (p<0,10)	72,96	3,24	3,11

5.4.8. Avaliação da estabilidade à oxidação lipídica

Os resultados para oxidação lipídica (em mg de TBARS/kg de amostra), durante estocagem são apresentados na Tabela 37.

Tabela 37. Avaliação da estabilidade à oxidação lipídica (em mg de TBARS/kg de amostra) do delineamento 2² durante estocagem.

Amostra	mg TBARS/kg 0 dia – M (DP)	mg TBARS/kg 30 dias – M (DP)	mg de TBARS/kg 45 dias – M (DP)
F1	0,075 (0,000) ^a	0,164 (0,021) ^a	0,139 (0,014) ^a
F2	0,134 (0,049) ^a	0,100 (0,028) ^a	0,159 (0,028) ^a
F3	0,095 (0,021) ^a	0,105 (0,091) ^a	0,170 (0,035) ^a
F4	0,307 (0,151) ^a	0,194 (0,061) ^a	0,174 (0,075) ^a
F5	0,100 (0,000) ^a	0,260 (0,119) ^a	0,060 (0,014) ^a
F6	0,243 (0,023) ^a	0,233 (0,118) ^a	0,139 (0,042) ^a
F7	0,184 (0,007) ^a	0,184 (0,077) ^a	0,124 (0,021) ^a
F8	0,184 (0,063) ^a	0,149 (0,070) ^a	0,120 (0,000) ^a
F9	0,261 (0,049) ^a	0,080 (0,014) ^a	0,115 (0,007) ^a
F10	0,164 (0,070) ^a	0,223 (0,046) ^a	0,124 (0,063) ^a
F11	0,307 (0,112) ^a	0,080 (0,070) ^a	0,179 (0,111) ^a
F12	0,340 (0,130) ^a	0,164 (0,035) ^a	0,228 (0,052) ^a
F13	0,070 (0,014) ^a	0,189 (0,070) ^a	0,199 (0,014) ^a

M = Média; DP = Desvio Padrão

^{a,b} médias da mesma coluna com letras iguais não diferem significativamente a p<0,05 (Teste Tukey)

F1: formulação com 0,58% de fibra de trigo e 1,45% de gordura suína
F2: formulação com 3,42% de fibra de trigo e 1,45% de gordura suína
F3: formulação com 0,58% de fibra de trigo e 8,55% de gordura suína
F4: formulação com 3,42% de fibra de trigo e 8,55% de gordura suína
F5 a F8: formulações com 2% de fibra de trigo e 5% de gordura suína
F9: formulação com 0% de fibra de trigo e 5% de gordura suína
F10: formulação com 4% de fibra de trigo e 5% de gordura suína
F11: formulação com 2% de fibra de trigo e 0% de gordura suína
F12: formulação com 2% de fibra de trigo e 10% de gordura suína
F13: formulação sem adição de fibras

Na Tabela 37 observou-se que não houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre as amostras em 0, 30 e 45 dias de estocagem.

As variáveis estudadas não afetaram significativamente as amostras para oxidação lipídica, nos níveis estudadas. Também não foi observado nenhum efeito antioxidante entre as variáveis estudadas, principalmente pela fibra de trigo.

5.5. Validação do Processo

Para a confirmação dos resultados, foram escolhidas duas formulações do delineamento 2^2 e uma formulação controle. Essas formulações foram selecionadas de acordo com os melhores resultados obtidos para firmeza, coesividade e impressão global. Assim essas três formulações foram realizadas em triplicata, totalizando nove formulações.

5.5.1. Análises químicas básicas

Os resultados do teor de umidade, gordura e proteína das amostras, em triplicata de ensaios, são mostrados na Tabela 38.

Verificou-se que o teor de proteína se manteve semelhante em todas as formulações, e a variação encontrada (12,49% a 13,67%) está dentro do valor esperado para este tipo de produto. O teor de gordura final ficou um pouco abaixo

do esperado, podendo estar relacionado com a matéria-prima carne e gordura suína utilizadas.

O teor de umidade apresentou diferenças entre as formulações, devido a diferenças na quantidade de água adicionada, assim, a formulação 1 (F1 - 23,67%) possui maior teor de água adicionada que a formulação 9 (F9 - 20,7%) e esta maior que a formulação 13 (F13 - 11,70%). Através da Tabela 7 pode-se constatar os teores de água adicionada nas formulações.

A amostra controle (F13) apresentou teor de gordura maior que o encontrado no outro delineamento, possivelmente devido às matérias-primas encontradas. Isso foi considerado bom, pois os valores estão mais próximos da proposta inicial (Tabela 7), ou seja, mais próximo de 20%, podendo assim, melhor compará-los quimicamente e sensorialmente.

Tabela 38. Determinação da % de umidade, gordura e proteína do experimento final (validação).

Amostra	Umidade (%)	Gordura (%)	Proteína (%)
F1 A	66,66 ^a	7,76 ^{c,d}	12,59 ^{a,b,c}
F1 B	66,34 ^a	7,69 ^{c,d}	11,63 ^c
F1 C	66,44 ^a	7,30 ^d	12,49 ^{a,b,c}
F9 A	64,41 ^{a,b}	8,81 ^c	11,99 ^{b,c}
F9 B	62,94 ^{b,c}	9,00 ^c	12,30 ^{a,b,c}
F9 C	65,88 ^{a,b}	8,06 ^{c,d}	13,07 ^{a,b,c}
F13 A	59,44 ^d	16,61 ^{a,b}	13,67 ^a
F13 B	59,82 ^{c,d}	17,20 ^a	13,27 ^{a,b}
F13 C	60,85 ^{c,d}	15,75 ^b	12,11 ^{a,b,c}

^{a,b,c,d} médias da mesma coluna com letras iguais não diferem significativamente a $p < 0,05$ (Teste Tukey)

F1A, F1B, F1C: formulação com 0,58% de fibra de trigo e 1,45% de gordura suína

F9A, F9B, F9C: formulação com 0% de fibra de trigo e 5% de gordura suína

F13A, F13B, F13C: formulação sem adição de fibras

5.5.2. Avaliação da estabilidade à oxidação lipídica

A Tabela 39 apresenta os resultados de oxidação lipídica (em mg de TBARS/kg de amostra) para as amostras de mortadela destas avaliações finais. Os resultados obtidos ficaram próximos aos resultados obtidos no experimento anterior (valores inferiores a 0,3mg TBARS/kg de amostra).

Tabela 39. Avaliação da estabilidade à oxidação lipídica (mg de TBARS/kg de amostra) nas mortadelas do experimento final (validação).

Amostra	mg TBARS/kg 0 dia – M (DP)	mg TBARS/kg 30 dias – M (DP)	mg de TBARS/kg 45 dias – M (DP)
F1 A	0,075 (0,021) ^a	0,164 (0,021) ^a	0,139 (0,014) ^a
F1 B	0,134 (0,049) ^a	0,100 (0,028) ^a	0,159 (0,028) ^a
F1 C	0,095 (0,021) ^a	0,105 (0,091) ^a	0,170 (0,035) ^a
F9 A	0,307 (0,151) ^a	0,194 (0,060) ^a	0,174 (0,074) ^a
F9 B	0,099 (0,000) ^a	0,460 (0,212) ^a	0,060 (0,014) ^a
F9 C	0,243 (0,031) ^a	0,233 (0,059) ^a	0,139 (0,042) ^a
F13 A	0,184 (0,007) ^a	0,184 (0,077) ^a	0,124 (0,021) ^a
F13 B	0,184 (0,063) ^a	0,149 (0,070) ^a	0,120 (0,000) ^a
F13 C	0,261 (0,049) ^a	0,080 (0,014) ^a	0,115 (0,007) ^a

M = Média; DP = Desvio Padrão

^{a,b} médias da mesma coluna com letras iguais não diferem significativamente a $p < 0,05$ (Teste Tukey)

F1A, F1B, F1C: formulação com 0,58% de fibra de trigo e 1,45% de gordura suína

F9A, F9B, F9C: formulação com 0% de fibra de trigo e 5% de gordura suína

F13A, F13B, F13C: formulação sem adição de fibras

As variáveis estudadas não afetaram significativamente as amostras para oxidação lipídica, nos níveis estudados, ou seja, pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), não houve diferença significativa entre as amostras.

5.5.3. Avaliação da estabilidade microbiológica

Os resultados da avaliação microbiológica das mortadelas durante estocagem a temperatura ambiente são apresentados na Tabela 40.

As contagens padrão das amostras apresentaram valores altos em 45 dias de estocagem à temperatura ambiente. Isto pode ser considerado um sinal do final da vida útil do produto.

Tabela 40. Avaliação microbiológica das mortadelas do experimento final (validação) durante estocagem.

Ensaio	Contagem padrão			Clostrídios Sulf.			Bactérias		
	(UFC/g)			Red. (UFC/g)			Psicrotróficas		
	10	30	45	0	30	45	0	30	45
F1 A	2,0x10 ¹	1,3x10 ⁵	8,6x10 ⁵	<10	<10	<10	<100	<100	<100
F1 B	<10	1,0x10 ¹	6,3x10 ⁶	<10	<10	<10	<100	<100	<100
F1 C	2,0x10 ¹	9,7x10 ⁴	3,2x10 ⁴	<10	<10	<10	<100	<100	<100
F9 A	5,0x10 ¹	5,1x10 ⁴	1,4x10 ⁵	<10	<10	<10	<100	<100	<100
F9 B	2,1x10 ²	1,2x10 ⁴	4,7x10 ⁶	<10	<10	<10	<100	<100	<100
F9 C	3,5x10 ²	5,0x10 ⁵	5,8x10 ⁶	<10	<10	<10	<100	<100	<100
F13 A	1,0x10 ¹	8,9x10 ³	8,0x10 ³	<10	<10	<10	<100	<100	<100
F13 B	4,5x10 ¹	2,5x10 ³	2,0x10 ⁶	<10	<10	<10	<100	<100	<100
F13 C	3,5x10 ¹	1,8x10 ²	5,9x10 ⁵	<10	<10	<10	<100	<100	<100

F1A, F1B, F1C: formulação com 0,58% de fibra de trigo e 1,45% de gordura suína

F9A, F9B, F9C: formulação com 0% de fibra de trigo e 5% de gordura suína

F13A, F13B, F13C: formulação sem adição de fibras

A Tabela 19 (citada anteriormente) apresenta os padrões microbiológicos para mortadela, estabelecidos pela Resolução RDC 12, de 02/01/2001 – ANVISA. Pode-se observar que os valores encontrados para Clostrídios sulfito redutores estão abaixo dos valores estabelecidos pela legislação.

ANDRÉS et al. (2006) estudou a vida útil de salsichas de frango com baixo teor de gordura, estocadas a temperatura refrigerada, e verificou que em nenhuma

amostra foi detectada contagem de Clostrídio sulfito redutor durante estocagem. A microflora dominante foi composta por bactérias psicotróficas produtoras de ácido láctico, com contagem próximas de 7 log UFC/g de amostra.

As contagens de bactérias psicotróficas resultaram em valores baixos (Tabela 40) devido à temperatura de estocagem não favorecer seu desenvolvimento e, assim, predominar outras bactérias (mesófilas).

ANDRÉS et al. (2006) relatou que o aumento do nível de água adicionada afeta a estabilidade microbiológica destes produtos cárneos, tendendo a diminuir. KEETON (1994) relata que produtos com baixo teor de gordura podem ter diminuição de vida útil.

A Figura 22 apresenta um gráfico da contagem padrão das amostras durante a estocagem.

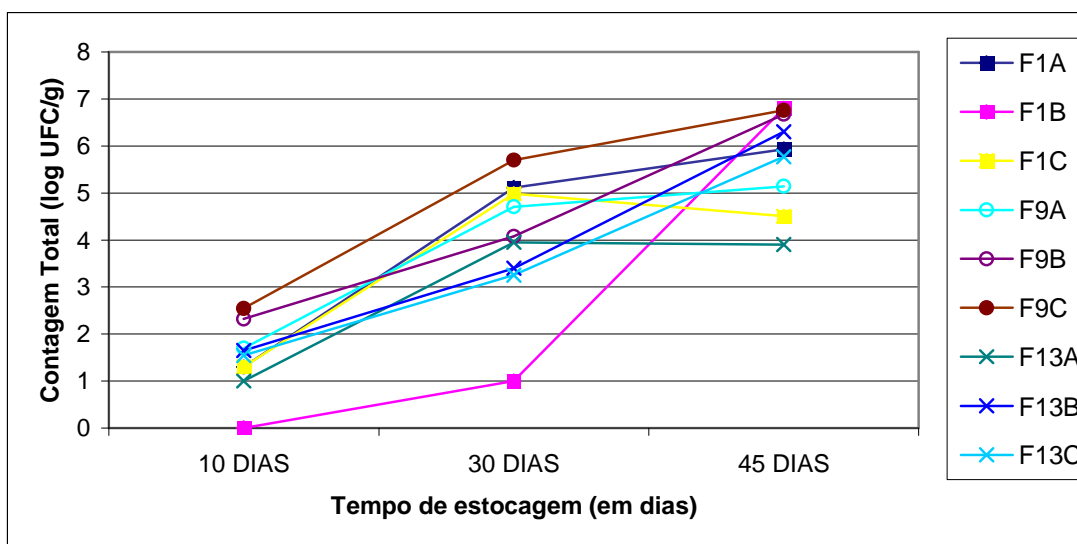


Figura 22. Contagem total (em log UFC/g) durante estocagem (em dias) das amostras de mortadela dos experimentos finais
 F1A, F1B, F1C: formulação com 0,58% de fibra de trigo e 1,45% de gordura suína
 F9A, F9B, F9C: formulação com 0% de fibra de trigo e 5% de gordura suína
 F13A, F13B, F13C: formulação sem adição de fibras

Em 30 dias de estocagem pode-se perceber que as amostras controle possuíram valores um pouco menores que as outras amostras, exceto a amostra F1B que teve valor bem menor. Em 45 dias de estocagem não foi observada diferença entre as amostras. As amostras controle (sem adição de fibras e com adição de gordura próxima de 20%) também deram resultados próximos às outras amostras com baixo teor de gordura. Esses resultados podem indicar que todas as mortadelas estão no final de sua vida útil e que a adição de fibras não influenciou a estabilidade microbiológica dessas mortadelas.

5.5.4. Teste de perfil de textura

Os resultados do teste de perfil de textura para as mortadelas deste experimento são apresentados na Tabela 41.

Tabela 41. Valores do teste de perfil de textura das mortadelas do experimento final (validação).

Amostra	Firmeza (N/cm²)	Elasticidade (cm)	Coesividade	Mastigabilidade (N/cm)
F1A	3147,7 ^{a,b}	0,9137 ^a	0,8150 ^b	2323,4 ^a
F1 B	2776,0 ^{a,b}	0,9212 ^a	0,7987 ^c	2009,6 ^{a,b}
F1 C	3155,9 ^{a,b}	0,9187 ^a	0,8087 ^{b,c}	2322,2 ^a
F9 A	2622,9 ^b	0,9000 ^a	0,8012 ^c	1828,5 ^b
F9 B	3347,6 ^a	0,8887 ^a	0,8012 ^c	2301,0 ^{a,b}
F9 C	3124,2 ^{a,b}	0,9162 ^a	0,8125 ^b	2312,5 ^a
F13 A	2646,1 ^b	0,9112 ^a	0,8300 ^a	2018,5 ^{a,b}
F13 B	2571,6 ^b	0,9187 ^a	0,8300 ^a	1974,4 ^{a,b}
F13 C	2573,7 ^b	0,9000 ^a	0,8387 ^a	1953,7 ^{a,b}

^{a,b,c} médias da mesma coluna com letras iguais não diferem significativamente a $p < 0,05$ (Teste Tukey).

F1A, F1B, F1C: formulação com 0,58% de fibra de trigo e 1,45% de gordura suína

F9A, F9B, F9C: formulação com 0% de fibra de trigo e 5% de gordura suína

F13A, F13B, F13C: formulação sem adição de fibras

Os resultados estatísticos do teste de perfil de textura indicam diferença significativa ($p < 0,05$) para firmeza, coesividade e mastigabilidade. Para firmeza, somente a amostra F9B foi considerada diferente (a $p < 0,05$) da amostra F13. Não foi encontrada diferença (a $p < 0,05$) entre as amostras para elasticidade.

Com relação a coesividade, as amostras controle foram mais coesas que as amostras com baixo teor de gordura e com adição de fibras (F9 e F13).

GREGG et al. (1993) cita que o aumento da firmeza e coesividade normalmente estão associados com redução de gordura em produtos cárneos, podendo ser compensado com o aumento da quantidade de água adicionada.

5.5.5. Análise de fibras

Os resultados dos teores de fibras nas mortadelas dos experimentos finais foram realizados inicialmente de acordo com HORWITZ (2000) e PROSKY et al. (1992) e estão expressos na Tabela 42.

Tabela 42. Resultados da análise de fibras das mortadelas do experimento final

Amostra	F.A.I (g/100g)	F.A.S. (g/100g)	F.A.T. (g/100g)
F1	6,97	Não detectado	6,97
F9	4,25	Não detectado	4,25
F13	5,17	Não detectado	5,17

F1: formulação com 0,58% de fibra de trigo e 1,45% de gordura suína

F9: formulação com 0% de fibra de trigo e 5% de gordura suína

F13: formulação sem adição de fibras

Os teores adicionados de fibras para a formulação 1 (F1) são: 5% de inulina, 1% de fibra de aveia e 0,58% de fibra de trigo. Para a formulação 9 (F9) são: 5% de inulina, 1% de fibra de aveia e 0% de fibra de trigo. E para a formulação 13 (F13), não houve adição de fibra. Contudo, embora os embutidos

tivessem sido adicionados de fibras vegetais, a metodologia não se mostrou adequada para a determinação destes componentes em produtos de base cárnea. Provavelmente ocorreu uma interferência da fibra da carne, a qual não é totalmente hidrolisada pela alcalase e precipita junto com a fibra, adicionando peso ao resíduo na etapa de filtração.

A Tabela 43 apresenta o resultado do teor de inulina, realizado pela metodologia com procedimento enzimático para determinação de frutano, conforme relatado por McCLEARY & ROSSITER (2004).

Tabela 43. Determinação de inulina das mortadelas do experimento final (validação).

Amostra	Inulina (g/100g) M (DP)
F1	4,63 (0,13)
F9	4,59 (0,07)
F13	Não analisado

F1: formulação com 0,58% de fibra de trigo e 1,45% de gordura suína

F9: formulação com 0% de fibra de trigo e 5% de gordura suína

F13: formulação sem adição de fibras

Com esta metodologia foi possível determinar a quantidade de inulina presente nas mortadelas. Esses resultados foram coerentes, pois o teor adicionado foi 5%, mas o teor de inulina nas amostras de Raftline HPX está próximo de 92% (PAK, 2006).

Diante disso, faz-se necessário pesquisar e validar outras metodologias, ou modificar as disponíveis para quantificar os teores de fibras insolúveis e de fibras totais em produtos cárneos,

5.5.6. Análise Sensorial

Os resultados da análise sensorial para as mortadelas deste experimento são mostrados na Tabela 44.

Pode-se verificar que não foram encontradas diferenças significativas entre as amostras (a $p < 0,05$) para os atributos cor e textura. Para sabor, foi encontrada diferença entre uma das amostras da formulação 9 (F9B) e uma das amostras da formulação 13 (F13B). As outras duas amostras das mesmas formulações não foram encontradas diferença significativa (a $p < 0,05$). Pode-se considerar as amostras similares nestes atributos sensoriais.

Tabela 44. Médias das notas obtidas com a análise sensorial, do experimento final (validação).

	Cor	Sabor	Textura	Impressão Global
F1A	7,10 ^a	7,22 ^{a,b}	6,64 ^a	7,00 ^{a,b}
F1 B	7,08 ^a	6,84 ^{a,b}	6,54 ^a	6,76 ^b
F1 C	7,42 ^a	7,14 ^{a,b}	6,86 ^a	6,98 ^{a,b}
F9 A	7,10 ^a	7,12 ^{a,b}	6,82 ^a	7,10 ^{a,b}
F9 B	7,06 ^a	6,64 ^b	6,42 ^a	6,72 ^b
F9 C	7,50 ^a	7,20 ^{a,b}	6,66 ^a	7,02 ^{a,b}
F13 A	7,06 ^a	6,98 ^{a,b}	6,84 ^a	6,96 ^{a,b}
F13 B	7,44 ^a	7,52 ^a	7,20 ^a	7,48 ^a
F13 C	7,44 ^a	7,08 ^{a,b}	6,98 ^a	7,22 ^{a,b}
DMS	0,61	0,78	0,81	0,70

DMS – Diferença mínima significativa

^{a,b} Médias na mesma coluna, seguida de letras diferentes, diferem entre si ($p < 0,05$ – Teste de Tukey)

F1A, F1B, F1C: formulação com 0,58% de fibra de trigo e 1,45% de gordura suína

F9A, F9B, F9C: formulação com 0% de fibra de trigo e 5% de gordura suína

F13A, F13B, F13C: formulação sem adição de fibras

Quanto à impressão global, foi encontrada diferença significativa entre uma das amostras da formulação 1 (F1B) e uma das amostras da formulação 9 (F9B) com uma das amostras da formulação 13 (F13B). O restante das amostras não foi encontrado diferença significativa ($p < 0,05$). Então podemos considerar que as amostras não diferem ($p < 0,05$) neste atributo.

Pode-se dizer que sensorialmente as mortadelas deste último experimento são consideradas com boa aceitação sensorial, com notas variando entre 6 (gostei ligeiramente) e 7 (gostei moderadamente).

Os gráficos de distribuição de notas dasdas para as amostras F1, F9 e F13 são apresentados respectivamente nas Figuras 27, 28 e 29 (Anexo III).

5.5.7. Microscopia Eletrônica

Pela análise das micrografias das mortadelas das formulações um, nove e treze (mortadela controle), pode-se verificar o efeito de cada variável sobre a microestrutura do produto.

As Figuras 23, 24 e 25 correspondem à microestrutura das formulações F1, F9 e F13, respectivamente e são apresentadas a seguir.

Apesar de CARROL & LEE (1981) relatarem que o procedimento tradicional (fixação inicial com tetróxido de ósmio) resulta em glóbulos de gordura com aparência desuniforme e presença de muitos buracos, não foi o observado nas micrografias realizadas, através das Figuras 23, 24 e 25.

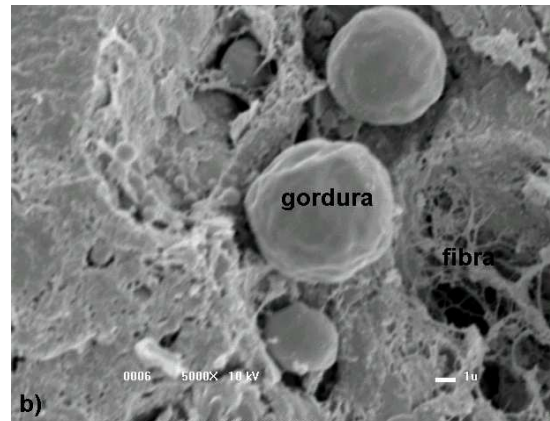
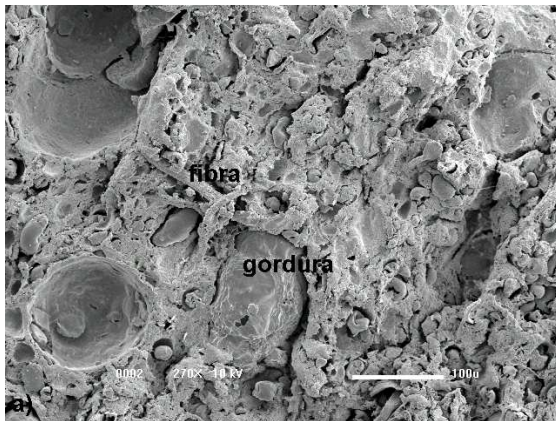


Figura 23. Microscopia da formulação F1: (a) com aumento de 270 vezes e (b) com aumento de 5000 vezes.

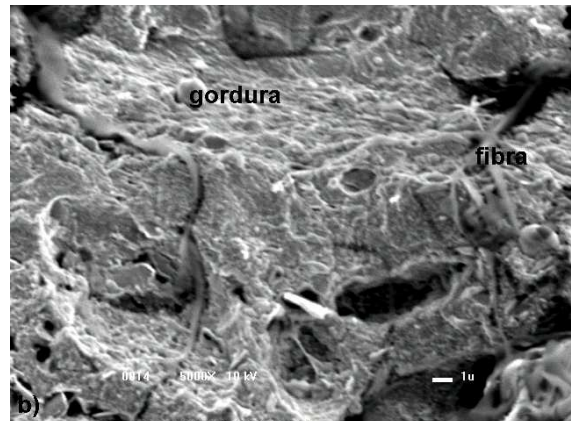
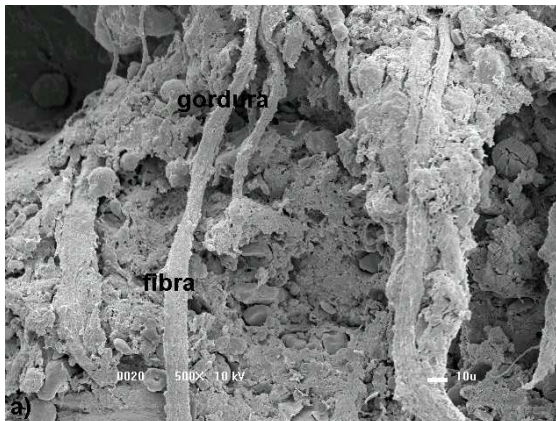


Figura 24. Microscopia da formulação F9: (a) com aumento de 500 vezes e (b) com aumento de 5000 vezes.

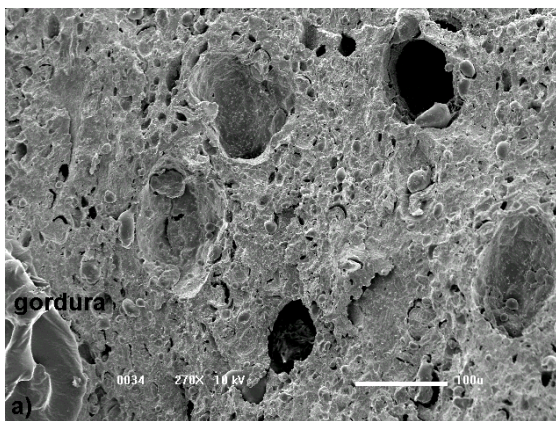


Figura 25. Microscopia da formulação F13: (a) com aumento de 270 vezes e (b) com aumento de 5000 vezes.

Houve uniformidade nos glóbulos de gordura, com desuniformidade de tamanho, caracterizada pela etapa de trituração. Também se percebeu que a matriz protéica ficou homogênea. Na Figura 24, a matriz protéica se caracterizou homogênea e houve maior presença de glóbulos de gordura.

A presença de fibras insolúveis (de trigo e/ou de aveia) pode ser percebida nas Figuras 23 e 24, com a presença de enraizações. Elas estão distribuídas na matriz e podem ser vistas com o aumento de 270, 500 e 5000 vezes. É provável que a fibra solúvel tenha se dispersado na matriz, não podendo caracterizá-la na microestrutura no produto final.

Além disso, acredita-se que a fibra utilizada possa contribuir para a estabilidade da emulsão, podendo auxiliar no aprisionamento da gordura junto com a matriz protéica. Apesar de não ter sido correlacionado o efeito das fibras na estabilidade da emulsão nas análises anteriores, observou-se significância na análise dos efeitos da fibra de trigo e de aveia sobre a estabilidade da emulsão. Ficou evidente a participação das fibras insolúveis na formação do filme interfacial que englobou a gordura. A fibra ao longo do perímetro do glóbulo de gordura é apresentada na Figura 26.

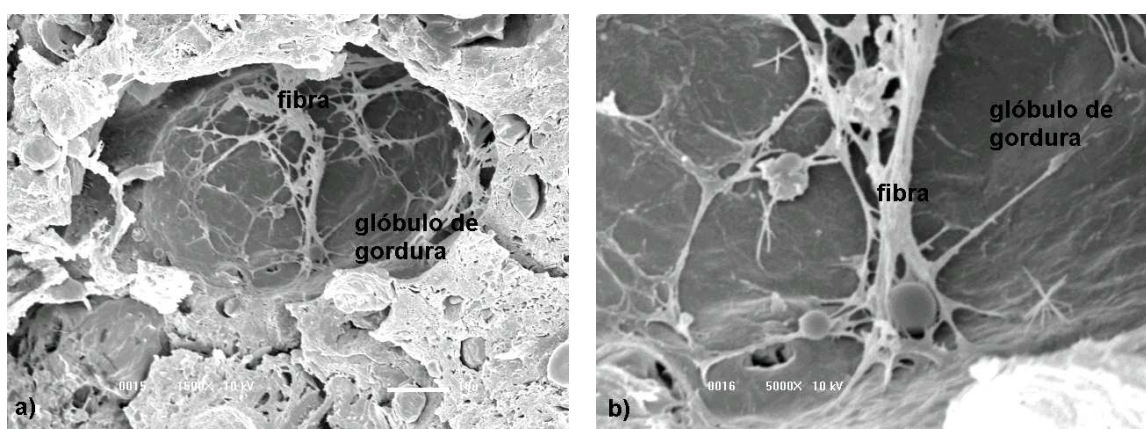


Figura 26. Microscopia da formulação F9: (a) com aumento de 1500 vezes e (b) com aumento de 5000 vezes (na mesma imagem).

CONCLUSÕES

A fibra de trigo Vitacel® WF 200 apresentou boa capacidade de retenção de água evidenciando bom potencial de aplicação em produtos cárneos.

Na substituição total da gordura pelas fibras, na medida em que se aumentou o nível de adição, houve diminuição na aceitação sensorial para os atributos sabor, textura e impressão global. Também ocorreu um aumento da firmeza e mastigabilidade e diminuição da elasticidade e coesividade indicados pelo teste de perfil de textura. Com relação à cor, a fração de inulina contribuiu para o aumento da luminosidade. Inulina e fibra de aveia utilizada em conjunto resultaram num aumento do valor b*. A fibra de aveia contribuiu para o aumento do croma.

Quando houve a substituição parcial da gordura nas mortadelas, a fibra de trigo contribuiu para o aumento da firmeza, nos níveis estudados. Tanto a fibra de trigo quanto a gordura suína contribuíram para a diminuição da coesividade. A fibra de trigo contribuiu para a diminuição das notas para impressão global. Até 0,58% de adição de fibra de trigo, o produto não foi comprometido sensorialmente.

As formulações selecionadas com 6% de fibras (5% de inulina e 1% de fibra de aveia) e 5% de gordura suína (aproximadamente 10% de gordura final) e a formulação com 6,58% de fibras (5% de inulina, 1% de fibra de aveia e 0,58% de fibra de trigo) e 1,45% de gordura suína (aproximadamente 6,5% de gordura final) e a formulação controle (sem fibras e com 20% de gordura) foram aceitas sensorialmente com bons resultados para cor, sabor, textura e impressão global.

Este trabalho permitiu a elaboração de uma mortadela funcional, prebiótica, fonte de fibras, com teor reduzido de gordura (de 50 a 75%) com boa

aceitação sensorial pelos provadores, não diferindo ($p < 0,05$) da mortadela controle, elaborado sem adição de fibras e com 20% de gordura suína.

Será necessário pesquisar e validar outras metodologias, ou modificar as disponíveis para quantificar os teores de fibras insolúveis e de fibras totais em produtos cárneos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIA. Relatório interno. Estabelecimentos com SIF. São Paulo, 2006.

AKOH, C.C. Fat replacers. **Food Technology**, Chicago, v. 52, n.3, p.47-53, 1998.

ANDRÉS, S.C. ; GARCÍA, M.E.; ZARITZKY, N.E.; CALIFANO, A.N. Storage stability of low-fat chicken sausages. **Journal of Food Engineering**, Amsterdam, v.72, p. 311-319, 2006.

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

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis**. 14 ed. HORWITS, W. (Ed.). Washington, DC, 1141p. 1984.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis**. 12 ed. HORWITS, W. (Ed.). Washington, DC, 1975, p. 927-928.

BLIGH, E.G.; DYER, W.J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Can. J. Biochem. Physiol.**, Ottawa, v. 37, p. 911-914, 1959.

BORCH. E.; KANT-MUERMANS, M.L.; BLIXT, Y. Bacterial spoilage of meat and cured meat products. **Int. J. Food Microbiology**, Amsterdam, v.33, p. 103-120, 1996.

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

BRASIL (1998). Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Portaria nº 27, de 13 de janeiro de 1998**. Regulamento técnico referente à informação nutricional complementar. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br>>. Acesso em: 13 nov. 2006

BRASIL (1999). Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Portaria nº 398, de 30 de abril de 1999**. Regulamento técnico que estabelece as diretrizes básicas para análise e comprovação de propriedades funcionais e ou de saúde alegadas em rotulagem de alimentos. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br>>. Acesso em: 12 abr. 2007

BRASIL (2000). Ministério da Agricultura e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 04, de 05 de abril de 2000**. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Mortadela. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/sislegis>> . Acesso em 13 nov. 2006

BRASIL (2001). Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Resolução nº 12 de 02 de janeiro de 2001**: regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/12_rdc.htm> Acesso em 19 set. 2006

BRASIL (2001). Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Resolução nº 40 de 21 de março de 2001**: regulamento técnico para rotulagem nutricional obrigatória para alimentos e bebidas embalados. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/40_01rdc.htm> Acesso em 19 set. 2006

BRASIL (2003). Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Resolução nº 360** : de 21 de dezembro de 2003. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/2003/rdc360_03rde.htm> Acesso em 19 set. 2006

CÁCERES, E.; GARCÍA, M.L.; TORO, J.; SELGAS, M.D. The effect of fructooligosaccharides on the sensory characteristics of cooked sausages. **Meat Science**, Barking, v.68, p.87-96, 2004.

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

CARROLL, R.J.; LEE, C.M. Meat emulsions – fine structure relationships and stability. **Scanning Electron Microscopy**, Chicago, n.3, p.447-452, 1981.

CENGIZ, E.; GOKOGLU, N. Changes in energy and cholesterol contents of frankfurter – type sausages with fat reduction and fat replacers addition. **Food Chemistry**, Barking, v.91, p.443 - 447, 2005.

CHANG, H.C.; CARPENTER, J.A. Optimizing quality of frankfurters containing oat bran and added water. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 62, n. 1, p. 194-197 e 202, 1997.

CLAUS, J.R.; HUNT, M.C.; KASTNER, C.L.; KROPF, D.H. Low-fat, high-added water bologna: effects of massaging, preblending, and time of addition of water and fat on physical and sensory characteristics. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 55, n. 2, p. 338-341 e 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. **Journal of Muscle Foods**, US, 1:1, 1989.

CYRINO, N.A.; BARRETTO, A.C.S. O que a Vitacel pode fazer aos seus embutidos. **Revista nacional da carne**, São Paulo, n.352, p.110-111, 2006.

DEVATKAL, S.; MENDIRATTA, S.K.; KONDAIAK, N. Quality characteristics of loaves from buffalo meat, liver and vegetables. **Meat Science**, Barking, v.67, p.377-383, 2004.

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

FLORES, M.; GINER, E.; FISZMAN, S.M.; SALVADOR, A.; FLORES, J. Effect of a new emulsifier containing sodium stearoyl-2-lactylate and carrageenan on the functionality of meat emulsion systems. **Meat Science**, Barking, 2006. In press.

GIESE, J. Fats, oils, and fat replacers. **Food Technology**, Chicago, v. 50, p.78-84, 1996.

GLICKSMAN, M. Hydrocolloids and the research for the "oil grail". **Food Technology**, Chicago, v.10, p. 94-96, 1991.

GREGG, L.L.; CLAUS, J.R.; HACKNEY, C.R.; MARRIOTT, N.G. Low fat, high added water bologna from massaged, minced batter. **Journal Food Science**, Chicago, v.58, n.2, p.259-264, 1993.

GUILLON, F.; CHAMP, M.; THIBAUT, J.F. Dietary Fibre functional products. In: **Functional Foods: concept to product**. Edited by GIBSON, G.R.; WILLIAMS, C.M. CRC Press, Boca Raton, FL, 2000.

HAPPKE, K.; ROSA, M.N.; KUBOTA, E.H.; TERRA, N.N. Controle da oxidação lipídica na mortadela. **Revista Nacional da Carne**, São Paulo, n.206, p. 67-72, 1994.

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., 354p, 1994.

HORWITZ, W. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 17thed. Gaithersburg, Maryland:v.2, p.7-10, 2000.

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.

HUIDOBRO, F.R.; MIGUEL, E.; BLÁZQUEZ, B.; ONEGA, E. A comparison between two methods (Warner-Bratzler and texture profile analysis) for testing either raw meat or cooked meat. **Meat Science**, Barking, v.69, p. 527-536, 2005.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Métodos físico-químicos para análise de alimentos, ed.4, Brasília, 2005.

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

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

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

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

JONES, K.W., MANDIGO, R.W. Effects of chopping temperature on the microstructure of meat emulsions. **Food Microstructure**, n.4, p. 63-72, 1982.

KATAN, M.B.; ROOS, N.M. Promises and problems of functional foods. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.44, p. 369-377, 2004

KEETON, J.T. Low-fat meat products – technological problems with processing. **Meat Science**, Barking, v.36, p. 261-276, 1994.

MACFIE, H.J., BRATCHELL, N., GREENHOFF, K., VALLIS, L.V. Designs to balance the effect of order of presentation and first-order carry-over effects in hall tests. **Journal of Sensory Studies**, US, n.4, p.129-148, 1989.

MANSOUR, E.H., KHALIL, A.H. Characteristics of low-fat beefburgers as influenced by various types of wheat fibres. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, n.79, p. 493-498, 1999.

MCCLEARY, B.V., ROSSITER, P. Measurement of novel dietary fibers. **Journal of AOAC International**, v. 87, n.3, 707-717, 2004.

MEILGAARD, M., CIVILLE, G.V., CARR, B.T. **Sensory evolution techniques**. 3.ed. Boca Raton: CRC Press, Inc. 1999. 387p.

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

OLIVO, R. **Uso do colágeno em emulsões cárneas**. São Paulo, 1995. 120 p.
[Dissertação de Mestrado. Faculdade de Ciências farmacêuticas da USP].

PAK, N. Inulina e fructooligosacáridos: propiedades nutricionales y funcionales. In: LAJOLO, F.M.; MENEZES, E.W. **Carboidratos em alimentos regionales iberoamericanos**. São Paulo: Edusp, 2006. cap.14. p.335-356.

PARKS, L.L.; CARPENTER, J.A. Functionality of six non meat proteins in meat emulsion systems. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 52, n. 2, p. 271-274 e 278, 1987.

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

POLLONIO, M.A.R. **Estudo das propriedades funcionais das proteínas miofibrilares e oxidação lipídica de carne de frango mecanicamente desossada**. 1994. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Unicamp, Campinas, 1994.

PROSKY, L. What is dietary fiber? A new look at the definition. In B.V. McCleary, & L. Prosky (Eds.), **Advanced Dietary Fiber Technology** (p. 63-76). Oxford: Blackwell Science Ltd. 2001.

PROSKY, L.; ASP, N-G.; SCHWEIZER, T.F.; DEVRIES, J.W.; FURDA, I. Determination of insoluble and soluble dietary fibers in foods and food products. **J. of A.O.A.C. Int.**, v.75, n.2, p. 360-367, 1992.

RODRIGUES, M.I.; IEMMA, A.F. **Planejamento de experimentos e otimização de processos**. Editora Casa do Pão, Campinas, 1 ed., 2005.

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

ROLLER, S., JONES, S.A. **Handbook of fat replacers**. CRC Press, Boca Raton, FL, 1996.

RUUSUNEN, M.; PUOLANNE, E. Reducing sodium intake from meat products. **Meat Science**, Barking , v.70, n.3, p. 531-541, 2005.

SAMPAIO, G.R.; CASTELUCCI, C.M.N.; PINTO E SILVA, M.E.M.; TORRES, E.A.F.S. Effect of fat replacers on the nutritive value and acceptability of beef frankfurters. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 17, p. 469-474, 2004.

SÁNCHEZ-ALONSO, I.; HAJI-MALEKI, R.; BORDERIAS, A.J. Wheat fiber as a functional ingredient in restructured fish products. **Food Chemistry**, Barking, v.100, p.1037-1043, 2007.

SAS. User's guide. V.6.12. Statistical analysis systems Institute. Inc., Cary, NC. USA. 1996.

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

SGARBIERI, V.C.; PACHECO, M.T.B. Alimentos funcionais fisiológicos. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v.2, p. 7-19, 1999.

SHAND, J.P.; SCHMIDT, G.R.; MANDIGO, R.W.; CLAUS, J.R. New technology for low-fat meat products. **Reciprocal Meat Conference Proceedings**, v.43, p.37-46, 1990.

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

SMITH, C.G.; JUHN, H.; CARPENTER, Z.L.; MATTIL, K.F.; CATER, C.M. Efficacy of protein additives as emulsion stabilizers in frankfurters. **J. Food Sci.**, Chicago, v.38, n.5, p.849-855, 1973.

SOUZA, W. **Técnicas básicas de microscopia eletrônica aplicada às ciências biológicas**. Sociedade Brasileira de Microscopia, 1998.

TARLADGIS, B.G.; WATTS, B.M.; YOUNATHAN, M.T. A distillation method for the quantitative determination of malonaldehyde in rancid foods. **J.Am.Oil Chem. Soc.**, Champain, v.37, p.44-48, 1960.

TORRES, E.; PEARSON, A.M.; GRAY, J.I.; KU, P.K.; SHIMOKOMAKI, M. Lipid oxidation in charqui. **Food Chemistry**, Barking, v.32, p. 257-268, 1989.

TORRE, J.C.M.D. **Efeitos do uso de carne bovina pré “rigor-mortis” e fosfato nas características físicas, químicas e sensoriais de embutidos tipo emulsão**. Campinas, 1991. [Dissertação de mestrado. Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas], Campinas, 1991.

ULLOA, D.F.M. **Substituição de gordura em sistema modelo de emulsões de carne. Efeitos nos parâmetros físicos, químicos e sensoriais**. 1999. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Unicamp, Campinas, 1999.

VANDERZANT, C.; SPLISTTOESSER, D.F. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. Washington: American Public Health Association, 1992. 1219p.

ZIPSER, M.W.; WATTS, B.M. A modified 2-thiobarbituric acid (TBA) method for the determination of malonaldehyde in cured meats. **Food Technology**, Chicago, v.16, n.7, p.102-104, 1962.

ANEXO I

TABELA 45. Análise de efeitos para estabilidade da emulsão do delineamento 2³.

	Efeito	Erro padrão	t(8)	p – valor	Cnf.Limt -95%	Cnf.Limt +95%
Média	96,69730	0,521938	185,2659	0,000000	95,49371	97,90089
I (L)	1,15129	0,566083	2,0338	0,076408	-0,15410	2,45668
I (Q)	0,58584	0,588809	0,9950	0,348893	-0,77195	1,94364
FT (L)	1,56753	0,566083	2,7691	0,024331	0,26214	2,87292
FT (Q)	0,84555	0,588809	1,4360	0,188918	-0,51225	2,20335
FA (L)	1,68572	0,566083	2,9779	0,017658	0,38033	2,99111
FA (Q)	0,13941	0,588809	0,2368	0,818784	-1,21838	1,49721
I por FT	-0,14650	0,739297	-0,1982	0,847862	-1,85132	1,55832
I por FA	0,81650	0,739297	1,1044	0,301515	-0,88832	2,52132
FT por FA	-0,86350	0,739297	-1,1680	0,276434	-2,56832	0,84132

TABELA 46. Análise de efeitos para o valor L* do delineamento 2³.

	Efeito	Erro padrão	t(8)	p – valor	Cnf.Limt -95%	Cnf.Limt +95%
Média	56,20820	0,303086	185,4528	0,000000	55,24365	57,17276
I (L)	1,95201	0,328721	5,9382	0,009547	0,90587	2,99815
I (Q)	-0,71069	0,341918	-2,0785	0,129182	-1,79883	0,37744
FT (L)	0,14877	0,328721	0,4526	0,681572	-0,89736	1,19491
FT (Q)	0,26720	0,341918	0,7815	0,491524	-0,82093	1,35534
FA (L)	-0,11436	0,328721	-0,3479	0,750902	-1,16050	0,93178
FA (Q)	0,04221	0,341918	0,1235	0,909547	-1,04592	1,13035
I por FT	-0,31875	0,429305	-0,7425	0,511648	-1,68499	1,04749
I por FA	0,21875	0,429305	0,5095	0,645488	-1,14749	1,58499
FT por FA	-1,07125	0,429305	-2,4953	0,088070	-2,43749	0,29499

TABELA 47. Análise de efeitos para o valor a* do delineamento 2³.

	Efeito	Erro padrão	t(8)	p – valor	Cnf.Limt -95%	Cnf.Limt +95%
Média	15,37522	0,116199	132,3179	0,000000	15,10727	15,64318
I (L)	-0,43293	0,126027	-3,4352	0,008887	-0,72355	-0,14231
I (Q)	-0,07430	0,131087	-0,5668	0,586398	-0,37659	0,22799
FT (L)	-0,26360	0,126027	-2,0916	0,069841	-0,55422	0,02702
FT (Q)	-0,01584	0,131087	-0,1208	0,906808	-0,31812	0,28645
FA (L)	-0,15138	0,126027	-1,2012	0,264027	-0,44200	0,13924
FA (Q)	-0,11859	0,131087	-0,9047	0,392077	-0,42087	0,18370
I por FT	-0,13000	0,164590	-0,7898	0,452393	-0,50954	0,24954
I por FA	-0,42500	0,164590	-2,5822	0,032506	-0,80454	-0,04546
FT por FA	0,17250	0,164590	1,0481	0,325239	-0,20704	0,55204

TABELA 48. Análise de efeitos para o valor b* do delineamento 2³.

	Efeito	Erro padrão	t(8)	p – valor	Cnf.Limt -95%	Cnf.Limt +95%
Média	14,03299	0,129333	108,5026	0,000000	13,73474	14,33123
I (L)	0,52234	0,140272	3,7237	0,005840	0,19887	0,84580
I (Q)	-0,39679	0,145903	-2,7195	0,026268	-0,73324	-0,06034
FT (L)	0,42727	0,140272	3,0460	0,015917	0,10380	0,75074
FT (Q)	-0,02122	0,145903	-0,1455	0,887947	-0,35768	0,31523
FA (L)	0,65550	0,140272	4,6731	0,001596	0,33203	0,97897
FA (Q)	-0,15466	0,145903	-1,0600	0,320102	-0,49111	0,18180
I por FT	-0,04167	0,183193	-0,2275	0,825748	-0,46412	0,38077
I por FA	-0,29167	0,183193	-1,5922	0,150012	-0,71412	0,13077
FT por FA	-0,05997	0,183193	-0,3274	0,751778	-0,48242	0,36247

TABELA 49. Análise de efeitos para coroa do delineamento 2³.

	Efeito	Erro padrão	t(8)	p – valor	Cnf.Limt -95%	Cnf.Limt +95%
Média	20,81699	0,067435	308,6992	0,000000	20,66148	20,97249
I (L)	0,02571	0,073138	0,3515	0,734304	-0,14295	0,19436
I (Q)	-0,31369	0,076074	-4,1234	0,003328	-0,48911	-0,13826
FT (L)	0,08751	0,073138	1,1965	0,265747	-0,08115	0,25617
FT (Q)	-0,02299	0,076074	-0,3022	0,770242	-0,19841	0,15244
FA (L)	0,32460	0,073138	4,4381	0,002173	0,15594	0,49325
FA (Q)	-0,18761	0,076074	-2,4661	0,038946	-0,36304	-0,01218
I por FT	-0,10972	0,095517	-1,1486	0,283885	-0,32998	0,11055
I por FA	-0,49611	0,095517	-5,1940	0,000828	-0,71638	-0,27585
FT por FA	0,10517	0,095517	1,1011	0,302889	-0,11509	0,32543

TABELA 50. Análise de efeitos para firmeza do delineamento 2³.

	Efeito	Erro padrão	t(8)	p – valor	Cnf.Limt -95%	Cnf.Limt +95%
Média	4255,413	85,2224	49,93306	0,000000	4058,890	4451,936
I (L)	1500,457	92,4304	16,23336	0,000000	1287,312	1713,602
I (Q)	-239,464	96,1411	-2,49076	0,037478	-461,166	-17,762
FT (L)	1267,489	92,4304	13,71290	0,000001	1054,344	1480,634
FT (Q)	-203,927	96,1411	-2,12112	0,066709	-425,629	17,775
FA (L)	1444,587	92,4304	15,62891	0,000000	1231,442	1657,732
FA (Q)	113,179	96,1411	1,17722	0,272943	-108,523	334,881
I por FT	-60,425	120,7129	-0,50057	0,630154	-338,789	217,939
I por FA	182,225	120,7129	1,50957	0,169591	-96,139	460,589
FT por FA	192,325	120,7129	1,59324	0,149771	-86,039	470,689

TABELA 51. Análise de efeitos para elasticidade do delineamento 2³.

	Efeito	Erro padrão	t(8)	p – valor	Cnf.Limt -95%	Cnf.Limt +95%
Média	0,90580	0,004082	221,9248	0,000000	0,896391	0,915215
I (L)	-0,04828	0,004427	-10,9063	0,000004	-0,058488	-0,038072
I (Q)	-0,01665	0,004605	-3,6167	0,006815	-0,027271	-0,006035
FT (L)	-0,02084	0,004427	-4,7084	0,001525	-0,031051	-0,010635
FT (Q)	-0,00191	0,004605	-0,4157	0,688569	-0,012532	0,008704
FA (L)	-0,01329	0,004427	-3,0017	0,017027	-0,023496	-0,003080
FA (Q)	-0,00075	0,004605	-0,1618	0,875511	-0,011363	0,009873
I por FT	0,00060	0,005781	0,1038	0,919897	-0,012732	0,013932
I por FA	0,00460	0,005781	0,7957	0,449189	-0,008732	0,017932
FT por FA	-0,00180	0,005781	-0,3113	0,763496	-0,015132	0,011532

TABELA 52. Análise de efeitos para coesividade do delineamento 2³.

	Efeito	Erro padrão	t(8)	p – valor	Cnf.Limt -95%	Cnf.Limt +95%
Média	0,76746	0,006147	124,8607	0,000000	0,753283	0,781631
I (L)	-0,06784	0,006666	-10,1761	0,000007	-0,083210	-0,052465
I (Q)	-0,00183	0,006934	-0,2639	0,798515	-0,017820	0,014160
FT (L)	-0,02739	0,006666	-4,1090	0,003395	-0,042765	-0,012019
FT (Q)	-0,00002	0,006934	-0,0033	0,997431	-0,016013	0,015967
FA (L)	-0,02227	0,006666	-3,3401	0,010229	-0,037639	-0,006894
FA (Q)	0,00012	0,006934	0,0171	0,986762	-0,015871	0,016109
I por FT	0,00010	0,008706	0,0115	0,991117	-0,019977	0,020177
I por FA	0,00065	0,008706	0,0747	0,942319	-0,019427	0,020727
FT por FA	0,01290	0,008706	1,4817	0,176698	-0,007177	0,032977

TABELA 53. Análise de efeitos para mastigabilidade do delineamento 2³.

	Efeito	Erro padrão	t(8)	p – valor	Cnf.Limt -95%	Cnf.Limt +95%
Média	2895,580	68,00186	42,58089	0,000000	2738,767	3052,392
I (L)	619,051	73,75343	8,39352	0,000031	448,975	789,126
I (Q)	-244,764	76,71429	-3,19060	0,012792	-421,668	-67,861
FT (L)	741,772	73,75343	10,05746	0,000008	571,697	911,848
FT (Q)	-130,393	76,71429	-1,69973	0,127605	-307,297	46,510
FA (L)	869,258	73,75343	11,78601	0,000002	699,183	1039,334
FA (Q)	104,017	76,71429	1,35590	0,212161	-72,887	280,920
I por FT	-48,825	96,32096	-0,50690	0,625899	-270,942	173,292
I por FA	7,875	96,32096	0,08176	0,936848	-214,242	229,992
FT por FA	191,225	96,32096	1,98529	0,082372	-30,892	413,342

TABELA 54. Análise de efeitos para o atributo cor do delineamento 2³.

	Efeito	Erro padrão	t(8)	p – valor	Cnf.Limt -95%	Cnf.Limt +95%
Média	6,84891	0,077893	87,92657	0,000000	6,669283	7,02853
I (L)	-0,33888	0,084482	-4,01133	0,003888	-0,53370	-0,14407
I (Q)	0,00950	0,087873	0,10816	0,916536	-0,19313	0,21214
FT (L)	0,03401	0,084482	0,40252	0,697842	-0,16081	0,22882
FT (Q)	0,00950	0,087873	0,10816	0,916536	-0,19313	0,21214
FA (L)	-0,07857	0,084482	-0,92996	0,379597	-0,27338	0,11625
FA (Q)	0,11580	0,087873	1,31777	0,224065	-0,08684	0,31843
I por FT	-0,15000	0,110332	-1,35953	0,211056	-0,40443	0,10443
I por FA	0,20000	0,110332	1,81271	0,107444	-0,05443	0,45443
FT por FA	-0,20000	0,110332	-1,81271	0,107444	-0,45443	0,05443

TABELA 55. Análise de efeitos para o atributo sabor do delineamento 2³.

	Efeito	Erro padrão	t(8)	p – valor	Cnf.Limt -95%	Cnf.Limt +95%
Média	6,32701	0,159005	39,79121	0,000000	5,96034	6,69367
I (L)	-0,74519	0,172454	-4,32112	0,002542	-1,14287	-0,34751
I (Q)	-0,35402	0,179377	-1,97359	0,083876	-0,76766	0,05963
FT (L)	-0,49425	0,172454	-2,86601	0,020957	-0,89193	-0,09658
FT (Q)	0,03572	0,179377	0,19915	0,847116	-0,37792	0,44937
FA (L)	-0,51888	0,172454	-3,00880	0,016844	-0,91656	-0,12120
FA (Q)	0,07115	0,179377	0,39667	0,701983	-0,34249	0,48480
I por FT	0,12500	0,225222	0,55501	0,594063	-0,39436	0,64436
I por FA	-0,27500	0,225222	-1,22102	0,256842	-0,79436	0,24436
FT por FA	0,07500	0,225222	0,33300	0,747690	-0,44436	0,59436

TABELA 56. Análise de efeitos para o atributo textura do delineamento 2³.

	Efeito	Erro padrão	t(8)	p – valor	Cnf.Limt -95%	Cnf.Limt +95%
Média	5,62821	0,105843	53,17502	0,000000	5,38414	5,87229
I (L)	-1,06825	0,114795	-9,30566	0,000014	-1,33296	-0,80353
I (Q)	0,02524	0,119404	0,21142	0,837845	-0,25010	0,30059
FT (L)	-0,85718	0,114795	-7,46700	0,000071	-1,12189	-0,59246
FT (Q)	0,41498	0,119404	3,47547	0,008375	0,13964	0,69033
FA (L)	-0,94043	0,114795	-8,19225	0,000037	-1,20515	-0,67571
FA (Q)	-0,04562	0,119404	-0,38204	0,712380	-0,32096	0,22973
I por FT	-0,15000	0,149921	-1,00053	0,346354	-0,49572	0,19572
I por FA	-0,15000	0,149921	-1,00053	0,346354	-0,49572	0,19572
FT por FA	-0,10000	0,149921	-0,66702	0,523530	-0,44572	0,24572

TABELA 57. Análise de efeitos para impressão global do delineamento 2³.

	Efeito	Erro padrão	t(8)	p – valor	Cnf.Limt -95%	Cnf.Limt +95%
Média	6,17810	0,102078	60,52317	0,000000	5,94271	6,41350
I (L)	-0,78917	0,110712	-7,12809	0,000099	-1,04447	-0,53386
I (Q)	-0,11554	0,115157	-1,00335	0,345073	-0,38109	0,15001
FT (L)	-0,61210	0,110712	-5,52877	0,000555	-0,86740	-0,35680
FT (Q)	0,09704	0,115157	0,84271	0,423870	-0,16851	0,36260
FA (L)	-0,55816	0,110712	-5,04156	0,001000	-0,81346	-0,30286
FA (Q)	0,06161	0,115157	0,53503	0,607176	-0,20394	0,32716
I por FT	0,10000	0,144588	0,69162	0,508747	-0,23342	0,43342
I por FA	-0,15000	0,144588	-1,03743	0,329874	-0,48342	0,18342
FT por FA	0,00000	0,144588	0,00000	1,000000	-0,33342	0,33342

TABELA 58. Análise de efeitos para estabilidade da emulsão do delineamento 2².

	Efeito	Erro padrão	t(6)	p – valor	Cnf.Limt -95%	Cnf.Limt +95%
Média	96,88789	0,685587	141,3211	0,000000	95,21032	98,56546
FT (L)	1,96226	0,971020	2,0208	0,089798	-0,41374	4,33826
FT (Q)	0,86635	1,088546	0,7959	0,456426	-1,79722	3,52993
G (L)	1,41990	0,971020	1,4623	0,193984	-0,95610	3,79590
G (Q)	-1,22610	1,088546	-1,1264	0,303036	-3,88967	1,43748
FT por G	-3,41500	1,371186	-2,4905	0,047127	-6,77017	-0,05983

TABELA 59. Análise de efeitos para o valor L* do delineamento 2².

	Efeito	Erro padrão	t(6)	p – valor	Cnf.Limt -95%	Cnf.Limt +95%
Média	63,42026	0,581355	109,0905	0,000000	61,99773	64,84278
FT (L)	0,79143	0,823393	0,9612	0,373579	-1,22334	2,80620
FT (Q)	-0,06877	0,923051	-0,0745	0,943031	-2,32739	2,18985
G (L)	1,30059	0,823393	1,5796	0,165289	-0,71418	3,31536
G (Q)	-0,45105	0,923051	-0,4886	0,642438	-2,70967	1,80758
FT por G	-0,67500	1,162720	-0,5805	0,582685	-3,52007	2,17007

TABELA 60. Análise de efeitos para o valor a* do delineamento 2².

	Efeito	Erro padrão	t(6)	p – valor	Cnf.Limt -95%	Cnf.Limt +95%
Média	12,59481	0,187021	67,34426	0,000000	12,13719	13,05244
FT (L)	-0,82546	0,264885	-3,11628	0,020683	-1,47361	-0,17731
FT (Q)	-0,06371	0,296945	-0,21455	0,837221	-0,79031	0,66289
G (L)	-0,79930	0,264885	-3,01755	0,023471	-1,44745	-0,15115
G (Q)	-0,02850	0,296945	-0,09598	0,926660	-0,75510	0,69810
FT por G	0,27000	0,374046	0,72184	0,497549	-0,64526	1,18526

TABELA 61. Análise de efeitos para o valor b* do delineamento 2².

	Efeito	Erro padrão	t(6)	p – valor	Cnf.Limt -95%	Cnf.Limt +95%
Média	13,63117	0,192288	70,88927	0,000000	13,16066	14,10168
FT (L)	0,26193	0,272344	0,96176	0,373312	-0,40447	0,92833
FT (Q)	-0,37007	0,305307	-1,21213	0,271024	-1,11713	0,37699
G (L)	0,47358	0,272344	1,73892	0,132709	-0,19282	1,13999
G (Q)	0,27879	0,305307	0,91314	0,396376	-0,46827	1,02585
FT por G	0,25000	0,384580	0,65006	0,539730	-0,69103	1,19103

TABELA 62. Análise de efeitos para coroma do delineamento 2².

	Efeito	Erro padrão	t(6)	p – valor	Cnf.Limt -95%	Cnf.Limt +95%
Média	18,56405	0,165758	111,9950	0,000000	18,15846	18,96965
FT (L)	-0,37493	0,234769	-1,5970	0,161378	-0,94939	0,19953
FT (Q)	-0,31696	0,263184	-1,2043	0,273805	-0,96095	0,32702
G (L)	-0,18865	0,234769	-0,8036	0,452305	-0,76311	0,38581
G (Q)	0,19609	0,263184	0,7451	0,484383	-0,44790	0,84008
FT por G	0,38335	0,331519	1,1563	0,291498	-0,42785	1,19455

TABELA 63. Análise de efeitos para firmeza do delineamento 2².

	Efeito	Erro padrão	t(6)	p – valor	Cnf.Limt -95%	Cnf.Limt +95%
Média	3518,655	160,9195	21,86594	0,000001	3124,90	3912,411
FT (L)	885,496	227,9158	3,88519	0,008122	327,81	1443,186
FT (Q)	276,279	255,5012	1,08132	0,321089	-348,91	901,468
G (L)	421,351	227,9158	1,84871	0,113993	-136,34	979,041
G (Q)	148,669	255,5012	0,58187	0,581839	-476,52	773,858
FT por G	-557,500	321,8418	-1,73222	0,133944	-1345,02	230,019

TABELA 64. Análise de efeitos para elasticidade do delineamento 2².

	Efeito	Erro padrão	t(6)	p – valor	Cnf.Limt -95%	Cnf.Limt +95%
Média	0,88812	0,005411	164,1395	0,000000	0,874882	0,90136
FT (L)	-0,01992	0,007663	-2,5989	0,040721	-0,038669	-0,00117
FT (Q)	0,00729	0,008591	0,8485	0,428714	-0,013732	0,02831
G (L)	-0,01895	0,007663	-2,4732	0,048245	-0,037705	-0,00020
G (Q)	0,00724	0,008591	0,8426	0,431736	-0,013782	0,02826
FT por G	0,00080	0,010822	0,0739	0,943472	-0,025680	0,02728

TABELA 65. Análise de efeitos para coesividade do delineamento 2².

	Efeito	Erro padrão	t(6)	p – valor	Cnf.Limt -95%	Cnf.Limt +95%
Média	0,782013	0,004896	159,7141	0,000000	0,770033	0,79399
FT (L)	-0,03308	0,006935	-4,7695	0,003096	-0,050044	-0,01611
FT (Q)	0,01190	0,007774	1,5305	0,176768	-0,007124	0,03092
G (L)	-0,01722	0,006935	-2,4836	0,047572	-0,034192	-0,00026
G (Q)	-0,00203	0,007774	-0,2617	0,802308	-0,021057	0,01699
FT por G	0,00270	0,009793	0,2757	0,792017	-0,021262	0,02666

TABELA 66. Análise de efeitos para mastigabilidade do delineamento 2².

	Efeito	Erro padrão	t(6)	p – valor	Cnf.Limt -95%	Cnf.Limt +95%
Média	2447,823	118,9006	20,58714	0,000001	2156,884	2738,762
FT (L)	460,490	168,4030	2,73445	0,033985	48,423	872,558
FT (Q)	237,184	188,7854	1,25637	0,255683	-224,757	699,125
G (L)	190,324	168,4030	1,13017	0,301551	-221,744	602,391
G (Q)	102,281	188,7854	0,54179	0,607482	-359,660	564,223
FT por G	-403,950	237,8033	-1,69867	0,140296	-985,834	177,934

TABELA 67. Análise de efeitos para o atributo cor do delineamento 2².

	Efeito	Erro padrão	t(6)	p – valor	Cnf.Limt -95%	Cnf.Limt +95%
Média	6,925977	0,170560	40,60718	0,000000	6,508631	7,343324
FT (L)	-0,37697	0,241571	-1,56050	0,169661	-0,968073	0,214130
FT (Q)	0,110434	0,270809	0,40779	0,697576	-0,552211	0,773079
G (L)	-0,09586	0,241571	-0,39682	0,705229	-0,686962	0,495242
G (Q)	-0,10585	0,270809	-0,39088	0,709391	-0,768498	0,556793
FT por G	-0,07000	0,341124	-0,20520	0,844197	-0,904700	0,764700

TABELA 68. Análise de efeitos para o atributo sabor do delineamento 2².

	Efeito	Erro padrão	t(6)	p – valor	Cnf.Limt -95%	Cnf.Limt +95%
Média	6,649742	0,112005	59,37007	0,000000	6,375675	6,923808
FT (L)	-0,33023	0,158636	-2,08169	0,082541	-0,718402	0,057937
FT (Q)	0,144538	0,177837	0,81275	0,447400	-0,290613	0,579689
G (L)	0,038113	0,158636	0,24026	0,818130	-0,350056	0,426283
G (Q)	0,164657	0,177837	0,92589	0,390225	-0,270494	0,599808
FT por G	-0,06500	0,224012	-0,29016	0,781459	-0,613137	0,483137

TABELA 69. Análise de efeitos para o atributo textura do delineamento 2².

	Efeito	Erro padrão	t(6)	p – valor	Cnf.Limt -95%	Cnf.Limt +95%
Média	6,477795	0,133463	48,53630	0,000000	6,15122	6,804367
FT (L)	-0,54838	0,189028	-2,90106	0,027297	-1,01092	-0,08585
FT (Q)	-0,27907	0,211907	-1,31696	0,235914	-0,79759	0,239445
G (L)	-0,25601	0,189028	-1,35436	0,224402	-0,71855	0,206524
G (Q)	-0,07787	0,211907	-0,36750	0,725863	-0,59639	0,440642
FT por G	0,200000	0,266928	0,74927	0,482029	-0,45315	0,853150

TABELA 70. Análise de efeitos para o atributo impressão global do delineamento 2².

	Efeito	Erro padrão	t(6)	p – valor	Cnf.Limt -95%	Cnf.Limt +95%
Média	6,692327	0,103558	64,62374	0,000000	6,438929	6,945725
FT (L)	-0,53660	0,146673	-3,65845	0,010599	-0,895493	-0,17770
FT (Q)	-0,09379	0,164426	-0,57037	0,589129	-0,496119	0,308551
G (L)	-0,21840	0,146673	-1,48902	0,187057	-0,577296	0,140497
G (Q)	-0,08372	0,164426	-0,50919	0,628796	-0,486059	0,318611
FT por G	0,065000	0,207119	0,31383	0,764275	-0,441801	0,571801

ANEXO II

TABELA 71. Análise de variância do modelo matemático para estabilidade da emulsão do delineamento 2^3 .

Fonte de variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F _{calc.}	F _{tab.}
Regressão	28,31076	9	3,14564	2,88	3,39
Resíduos	8,74496	8	1,09312		
Total	37,05572	17			

% variação explicada (R^2) = 76,40 ; $F_{9, 8, 0,05} = 3,39$

TABELA 72. Análise de variância do modelo matemático para o valor de L^* do delineamento 2^3 .

Fonte de variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F _{calc.}	F _{tab.}
Regressão	20,54476	9	2,2827511	16,51	3,39
Resíduos	1,10582	8	0,1382275		
Total	21,65058	17			

% variação explicada (R^2) = 82,77 ; $F_{9, 8, 0,05} = 3,39$

TABELA 73. Análise de variância do modelo matemático para o valor de a^* do delineamento 2^3 .

Fonte de variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F _{calc.}	F _{tab.}
Regressão	1,462592	9	0,1625102	3,00	3,39
Resíduos	0,433436	8	0,0541795		
Total	1,896028	17			

% variação explicada (R^2) = 77,14 ; $F_{9, 8, 0,05} = 3,39$

TABELA 74. Análise de variância do modelo matemático para o valor de b^* do delineamento 2^3 .

Fonte de variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F _{calc.}	F _{tab.}
Regressão	3,732019	9	0,4146687	6,18	3,39
Resíduos	0,536958	8	0,0671197		
Total	4,268977	17			

% variação explicada (R^2) = 87,42 ; $F_{9, 8, 0,05} = 3,39$

TABELA 75. Análise de variância do modelo matemático para cora do delineamento 2^3 .

Fonte de variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F _{calc.}	F _{tab.}
Regressão	1,299428	9	0,1443808	7,91	3,39
Resíduos	0,145977	8	0,0182471		
Total	1,445405	17			

% variação explicada (R^2) = 89,90 ; $F_{9, 8, 0,05} = 3,39$

TABELA 76. Análise de variância do modelo matemático para firmeza delineamento 2^3 .

Fonte de variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F _{calc.}	F _{tab.}
Regressão	20807524	9	2311947,1	79,33	3,39
Resíduos	233145	8	29143,125		
Total	21040669	17			

% variação explicada (R^2) = 98,89; $F_{9, 8, 0,05} = 3,39$

TABELA 77. Análise de variância do modelo matemático para elasticidade do delineamento 2^3 .

Fonte de variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F _{calc.}	F _{tab.}
Regressão	0,010988	9	0,0012208	18,27	3,39
Resíduos	0,000535	8	0,0000668		
Total	0,011523	17			

% variação explicada (R^2) = 95,36 ; $F_{9, 8, 0,05} = 3,39$

TABELA 78. Análise de variância do modelo matemático para coesividade do delineamento 2^3 .

Fonte de variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F _{calc.}	F _{tab.}
Regressão	0,020294	9	0,0022548	14,87	3,39
Resíduos	0,001213	8	0,0001516		
Total	0,021507	17			

% variação explicada (R^2) = 94,36; $F_{9, 8, 0,05} = 3,39$

TABELA 79. Análise de variância do modelo matemático para mastigabilidade do delineamento 2^3 .

Fonte de variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F _{calc.}	F _{tab.}
Regressão	6146110	9	682901,11	36,80	3,39
Resíduos	148444	8	18555,55		
Total	6294554	17			

% variação explicada (R^2) = 97,64 ; $F_{9, 8, 0,05} = 3,39$

TABELA 80. Análise de variância do modelo matemático para o atributo cor do delineamento 2^3 .

Fonte de variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F _{calc.}	F _{tab.}
Regressão	0,66523	9	0,0739144	3,04	2,56
Resíduos	0,194770	8	0,0243462		
Total	0,860	17			

% variação explicada (R^2) = 77,35 ; $F_{9, 8, 0,10} = 2,56$

TABELA 81. Análise de variância do modelo matemático para o atributo sabor do delineamento 2^3 .

Fonte de variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F _{calc.}	F _{tab.}
Regressão	4,3284	9	0,4809333	4,74	2,56
Resíduos	0,81160	8	0,10145		
Total	5,140	17			

% variação explicada (R^2) = 84,21 ; $F_{9, 8, 0,10} = 2,56$

TABELA 82. Análise de variância do modelo matemático para o atributo textura do delineamento 2^3 .

Fonte de variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F _{calc.}	F _{tab.}
Regressão	10,13149	9	1,1257211	25,04	2,56
Resíduos	0,35962	8	0,0449525		
Total	10,49111	17			

% variação explicada (R^2) = 96,57 ; $F_{9, 8, 0,10} = 2,56$

TABELA 83. Análise de variância do modelo matemático para impressão global do delineamento 2³.

Fonte de variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F _{calc.}	F _{tab.}
Regressão	4,634951	9	0,514995	12,44	2,56
Resíduos	0,334493	8	0,041812		
Total	4,969444	17			

% variação explicada (R^2) = 93,27 ; $F_{9, 8, 0,10} = 2,56$

TABELA 84. Análise de variância do modelo matemático para estabilidade da emulsão do delineamento 2².

Fonte de variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F _{calc.}	F _{tab.}
Regressão	27,77267	5	5,554534	2,95	4,39
Resíduos	11,28090	6	1,88015		
Total	39,05357	11			

% variação explicada (R^2) = 71,11; $F_{5, 6, 0,05} = 4,39$

TABELA 85. Análise de variância do modelo matemático para o valor L* do delineamento 2².

Fonte de variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F _{calc.}	F _{tab.}
Regressão	5,40112	5	1,080224	0,80	4,39
Resíduos	8,11151	6	1,351918		
Total	13,51263	11			

% variação explicada (R^2) = 39,97; $F_{5, 6, 0,05} = 4,39$

TABELA 86. Análise de variância do modelo matemático para o valor a* do delineamento 2².

Fonte de variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F _{calc.}	F _{tab.}
Regressão	2,71243	5	0,542486	3,88	4,39
Resíduos	0,839462	6	0,139910		
Total	3,551892	11			

% variação explicada (R^2) = 76,37 ; $F_{5, 6, 0,05} = 4,39$

TABELA 87. Análise de variância do modelo matemático para o valor b* do delineamento 2².

Fonte de variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F _{calc.}	F _{tab.}
Regressão	1,068082	5	0,2136164	1,44	4,39
Resíduos	0,887410	6	0,147902		
Total	1,955492	11			

% variação explicada (R²) = 54,62; F_{5, 6, 0,05} = 4,39

TABELA 88. Análise de variância do modelo matemático para coroa do delineamento 2².

Fonte de variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F _{calc.}	F _{tab.}
Regressão	0,76801	5	0,153602	1,39	4,39
Resíduos	0,659428	6	0,109905		
Total	1,427438	11			

% variação explicada (R²) = 53,80; F_{5, 6, 0,05} = 4,39

TABELA 89. Análise de variância do modelo matemático para firmeza do delineamento 2².

Fonte de variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F _{calc.}	F _{tab.}
Regressão	2364130	5	472826	4,56	4,39
Resíduos	621493	6	103582,2		
Total	2985623	11			

% variação explicada (R²) = 79,18 ; F_{5, 6, 0,05} = 4,39

TABELA 90. Análise de variância do modelo matemático para elasticidade do delineamento 2².

Fonte de variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F _{calc.}	F _{tab.}
Regressão	0,001648	5	0,0003296	2,81	4,39
Resíduos	0,000703	6	0,0001171		
Total	0,002351	11			

% variação explicada (R²) = 70,11 ; F_{5, 6, 0,05} = 4,39

TABELA 91. Análise de variância do modelo matemático para coesividade do delineamento 2².

Fonte de variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F _{calc.}	F _{tab.}
Regressão	0,003037	5	0,0006074	6,34	4,39
Resíduos	0,000575	6	0,0000958		
Total	0,003612	11			

% variação explicada (R^2) = 84,07 ; $F_{5,6,0,05} = 4,39$

TABELA 92. Análise de variância do modelo matemático para mastigabilidade do delineamento 2².

Fonte de variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F _{calc.}	F _{tab.}
Regressão	752601	5	150520,2	2,66	4,39
Resíduos	339302	6	56550,33		
Total	1091903	11			

% variação explicada (R^2) = 68,93 ; $F_{5,6,0,05} = 4,39$

TABELA 93. Análise de variância do modelo matemático para o atributo cor do delineamento 2².

Fonte de variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F _{calc.}	F _{tab.}
Regressão	0,352832	5	0,0705664	0,61	3,11
Resíduos	0,698193	6	0,116365		
Total	1,051025	11			

% variação explicada (R^2) = 33,57 ; $F_{5,6,0,10} = 3,11$

TABELA 94. Análise de variância do modelo matemático para o atributo sabor do delineamento 2².

Fonte de variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F _{calc.}	F _{tab.}
Regressão	0,288337	5	0,0576674	1,15	3,11
Resíduos	0,301088	6	0,050181		
Total	0,589425	11			

% variação explicada (R^2) = 48,92 ; $F_{5,6,0,10} = 3,11$

TABELA 95. Análise de variância do modelo matemático para o atributo textura do delineamento 2².

Fonte de variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F _{calc.}	F _{tab.}
Regressão	0,894788	5	0,1789576	2,51	3,11
Resíduos	0,427504	6	0,071251		
Total	1,322292	11			

% variação explicada (R^2) = 60,13 ; $F_{5,6,0,10} = 3,11$

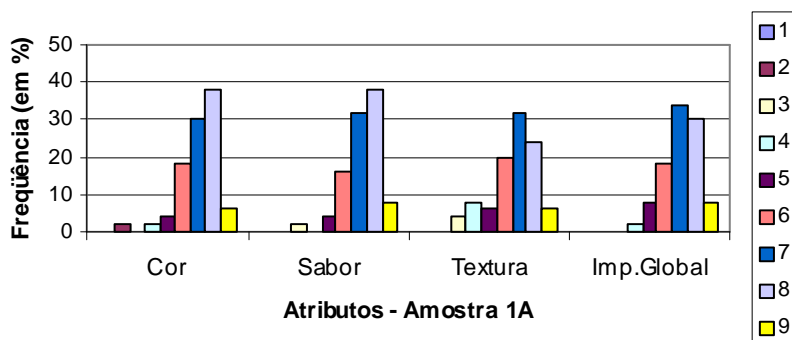
TABELA 96. Análise de variância do modelo matemático para o atributo impressão global do delineamento 2².

Fonte de variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F _{calc.}	F _{tab.}
Regressão	0,694479	5	0,1388958	3,24	3,11
Resíduos	0,257388	6	0,042898		
Total	0,951867	11			

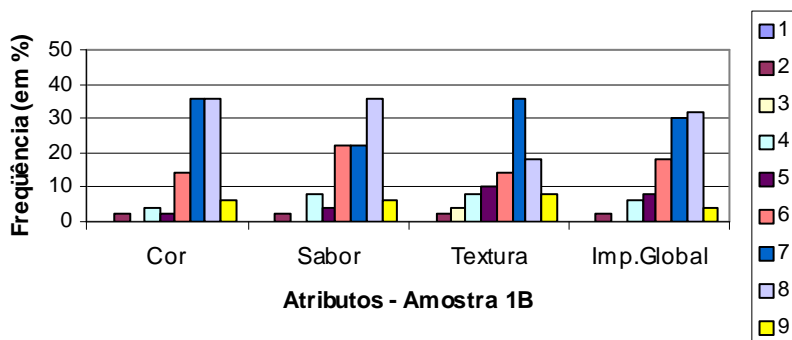
% variação explicada (R^2) = 72,96 ; $F_{5,6,0,10} = 3,11$

ANEXO III

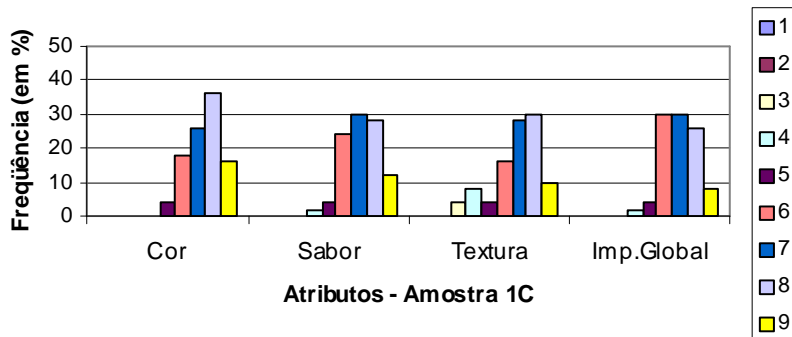
As Figuras 27, 28 e 29 mostram a distribuição dos conceitos atribuídos às mortadelas na avaliação sensorial em relação aos atributos cor, sabor, textura e impressão global, para as amostras F1, F9 e F13, respectivamente.



(a)

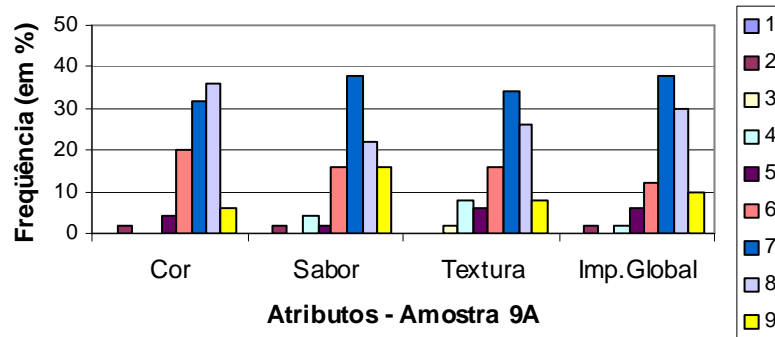


(b)

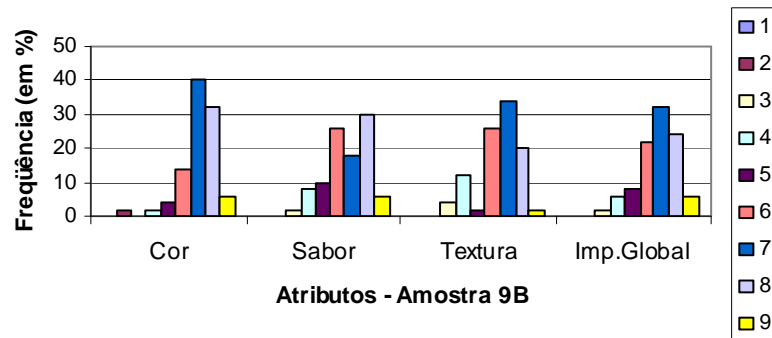


(c)

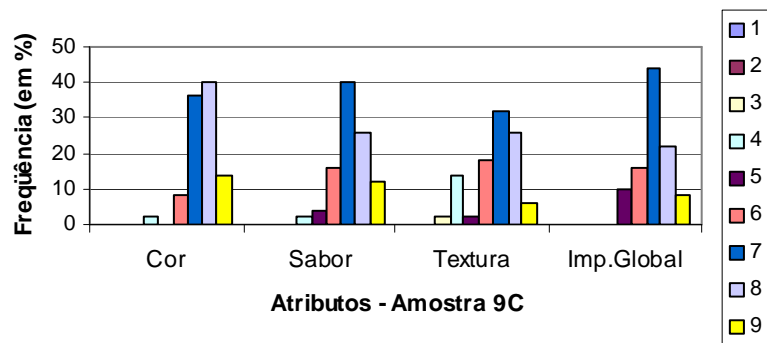
Figura 27. Distribuição dos conceitos atribuídos às mortadelas na avaliação sensorial em relação aos atributos cor, sabor, textura e impressão global, para as amostras 1A (a), 1B (b) e 1C (c).



(a)

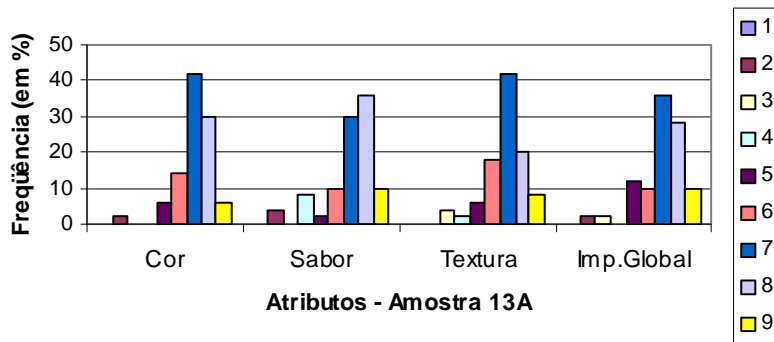


(b)

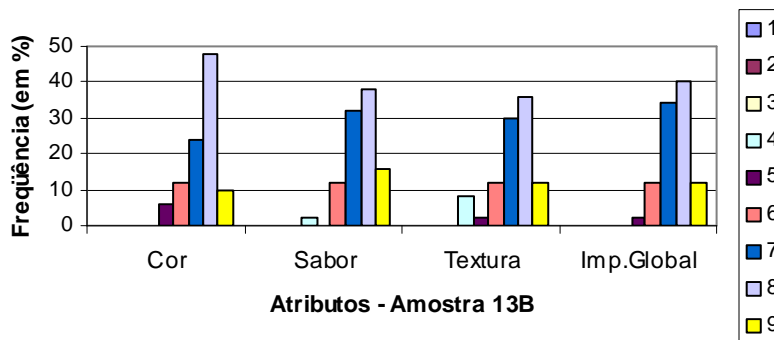


(c)

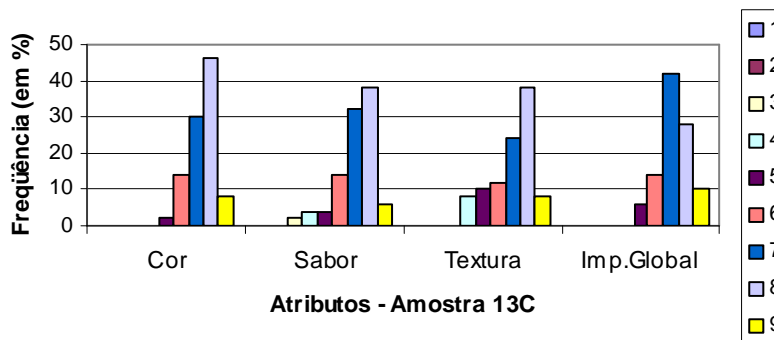
Figura 28. Distribuição dos conceitos atribuídos às mortadelas na avaliação sensorial em relação aos atributos cor, sabor, textura e impressão global, para as amostras 9A (a), 9B (b) e 9C (c).



(a)



(b)



(c)

Figura 29. Distribuição dos conceitos atribuídos às mortadelas na avaliação sensorial em relação aos atributos cor, sabor, textura e impressão global, para as amostras 13A (a), 13B (b) e 13C (c).