



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

**REFORMULAÇÃO DO PERFIL LIPÍDICO DE PRODUTO
CÁRNEO EMULSIONADO ADICIONADO DE ÓLEO DE
LINHAÇA E ERVAS E ESPECIARIAS: AVALIAÇÃO DAS
CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E SENSORIAIS.**

Ana Karoline Ferreira Ignácio
Engenheira de Alimentos

Prof.^a Dr.^a. Marise Aparecida Rodrigues Pollonio
Orientadora

**Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos da
Universidade Estadual de Campinas para obtenção do Título de Mestre em
Tecnologia de Alimentos.**

**Campinas-SP
2011**

Ig5r Ignácio, Ana Karoline Ferreira.
Reformulação do perfil lipídico de produto cárneo emulsionado adicionado de óleo de linhaça e ervas e especiarias: avaliação das características físico-químicas e sensoriais / Ana Karoline Ferreira Ignácio. -- Campinas, SP: [s.n], 2011.

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

1. Mortadela. 2. Óleo de linhaça. 3. Ervas. 4. Especiarias. 5. Ácidos graxos. 6. Oxidação lipídica. I. Pollonio, Marise Aparecida Rodrigues. II. Universidade Estadual de Campinas.Faculdade de Engenharia de Alimentos. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em inglês: Reformulation of lipid profile of emulsified meat product added linseed oil and herbs and spices: evaluation of the physico-chemical and sensory characteristics

Palavras-chave em inglês (Keywords): Bologna sausage, Linseed oil, Herbs, Spices
Fatty acids, Lipid oxidation

Área de concentração: Engenharia de Alimentos

Titulação: Mestre em Tecnologia de Alimentos

Banca examinadora:

Marise Aparecida Rodrigues Pollonio [orientador]

Lireny Aparecida Guaraldo Gonçalves

Andrea Carla da Silva Barretto

Data de defesa: 05/08/2011

Programa de Pós Graduação: Tecnologia de Alimentos

Este exemplar corresponde à redação final da dissertação defendida em ___/___/___ por Ana Karoline Ferreira Ignácio aprovado pela comissão julgadora em ___/___/___.

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

Prof^a. Dr^a. Lireny Aparecida Guaraldo Gonçalves
(Membro)

Prof^a.Dr^a. Andrea Carla da Silva Barretto
(Membro)

Dr. Renato Grimaldi
(Membro)

Prof^a. Dr^a. Elizabeth A. F. S. Torres
(Membro)

*A minha família, em especial
aos meus pais, Robinson e Maria e,
ao Bruno , com amor
Dedico*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a luz e sabedoria divinas que sempre nortearam os meus caminhos.

Agradeço à minha amada família pelo carinho, conforto, compreensão e apoio, em especial aos meus pais que são o meu alicerce, a base de tudo. Aos meus avós queridos, especialmente a vó Nicolácia pelo seu doce acolhimento em todos os momentos que necessitei e presença indispensável em minha vida.

Ao meu noivo Bruno, por todo auxílio prestado e nunca negado quando precisei, obrigada por sua extrema bondade e generosidade, aprendemos e amadurecemos juntos.

Agradeço à minha orientadora Prof^{fa} Dr^a Marise Aparecida Rodrigues Pollonio pela confiança depositada, por todos os ensinamentos, incentivo, amizade e por ter me inspirado na vida acadêmica.

Às Professoras Dr^a Lireny Aparecida Guaraldo Gonçalves e Dr^a Andrea Carla da Silva Barretto que contribuíram para o enriquecimento deste estudo.

Ao Dr. Renato Grimaldi por todo o auxílio e colaboração prestados desde o início da realização deste projeto.

À Professora Dr^a. Maria Isabel Rodrigues pelas fundamentais sugestões no planejamento experimental do trabalho.

Ao Departamento de Tecnologia de Alimentos FEA/UNICAMP.

Aos colegas do laboratório de carnes Bibiana, Cláudia, Daiana, Mariana, Paulo, Raquel e Dri pela convivência e pela valiosa troca de experiências. Em especial agradeço ao Edson pela ajuda e apoio.

À Bia, meus sinceros agradecimentos, pelo ótimo desempenho como estagiária, ajudando sempre, e ainda, como companheira e amiga.

À todos do laboratório de carnes, especialmente ao José Roberto por todos os ensinamentos, convívio e amizade.

Aos meus amigos que conquistei em Campinas: Gra, Cecília, Diogo, Simone, Karina e Fabíola. Obrigada por todo o carinho, apoio, companheirismo e auxílio em todas as horas, e por tornar meus dias mais especiais nesta jornada.

Ao Flávio da Vital Âtman pela doação de óleo de linhaça e por ter acreditado neste projeto desde o início.

Às empresas Global Foods, Fuchs, ISP/Germinal, Ibrac, Corn Products e Spel embalagens pela doação de insumos, aditivos e condimentos.

À New Max Industrial por ceder as instalações de sua planta piloto para a realização de parte deste trabalho. Agradeço em especial aos funcionários Kazumi, Manoel, Aline, Bocão e Carlos.

Ao laboratório de óleos e gorduras do departamento por permitir a utilização de sua infra-estrutura para determinação de ácidos graxos, especialmente à Marcela pelo auxílio prestado.

À Miriam e à Simone pelo apoio na realização da análise sensorial.

Agradeço a todos os funcionários do DTA, sempre com carinho para atender.

À Dr^a. Renata Maria dos Santos Celeghini pela ajuda nas análises do laboratório de instrumentação e esclarecimento de dúvidas relacionadas à colorimetria.

Ao CNPQ pela concessão da bolsa de estudos

À todos que auxiliaram de alguma forma para a realização deste trabalho, desde às mais singelas contribuições, igualmente importantes.

*“As pessoas podem ser divididas em três grupos:
Os que fazem as coisas acontecerem;
Os que olham as coisas acontecendo;
e os que ficam se perguntando o que foi que aconteceu.
Nosso caráter é aquilo que fazemos quando achamos que ninguém está
olhando. Nunca deixe de ter dúvidas, quando elas param de existir é porque
você parou em sua caminhada.”*

Antoine de Saint-Exupéry

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	xv
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.....	6
3.1 Produtos cárneos emulsionados.....	6
3.1.1 <i>Aplicação de gorduras e óleos vegetais em emulsões cárneas</i>	10
3.2 Principais propriedades dos ácidos graxos essenciais	13
3.2.1 <i>Ácidos graxos polinsaturados (PUFAs) e seu papel na saúde</i>	17
3.2.2 <i>O óleo de linhaça como fonte de PUFAs ω-3</i>	19
3.3 Reformulação lipídica de produtos cárneos	21
3.4 Oxidação lipídica em produtos cárneos	25
3.5 Importância dos antioxidantes em produtos cárneos	29
3.6 Ervas e especiarias como antioxidantes naturais	31
4 MATERIAIS E MÉTODOS	35
4.1 Etapas do estudo	35
4.2 Matérias-primas e aditivos	36
4.3 Equipamentos utilizados no processamento e nas análises físico-químicas	37

4.4 Avaliação de diferentes níveis de substituição de gordura por óleo de linhaça em produto cárneo emulsionado cozido	38
4.4.1 Caracterização das matérias-primas da mortadela	38
4.4.2 Caracterização do óleo de linhaça utilizado.....	38
4.4.3 Delineamento experimental	38
4.4.4 Processamento	40
4.4.5 Caracterização das mortadelas e seleção do nível de substituição da gordura pelo óleo de linhaça.....	41
4.5 Teste de oxidação acelerada para seleção das ervas e especiarias	42
4.5.1 Descrição das ervas e especiarias utilizadas	42
4.5.2 Processamento	42
4.5.3 Composição dos blends de ervas e especiarias.....	43
4.6 Características físico-químicas e sensoriais da mortadela com perfil lipídico modificado e blends de ervas e especiarias durante a estocagem.....	44
4.6.1 Caracterização das matérias-primas	44
4.6.2 Processamento	44
4.6.3 Avaliação físico-química e sensorial do produto realizada durante a estocagem refrigerada.....	46
4.7 Descrição das análises realizadas	46
4.7.1 Análises de composição centesimal	46
4.7.2 Perfil de ácidos graxos.....	47
4.7.3 Estabilidade de emulsão	47
4.7.4 Avaliação objetiva da cor	48
4.7.5 Perfil instrumental de textura	48
4.7.6 Determinação de TBARS.....	49
4.7.7 Análise sensorial.....	49

4.7.8 <i>Análise estatística</i>	51
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	52
5.1 Avaliação dos níveis de substituição de gordura por óleo de linhaça em mortadela	52
5.1.1 <i>Características das matérias-primas</i>	52
5.1.2 <i>Características do óleo de linhaça utilizado</i>	53
5.1.3 Composição centesimal de mortadelas elaboradas com diferentes níveis de substituição de gordura suína por óleo de linhaça (Etapa 1)	54
5.1.4 <i>Avaliação objetiva da cor</i>	56
5.1.5 <i>Determinação do perfil de textura</i>	60
5.1.6 <i>Análise da estabilidade de emulsão</i>	66
5.1.7 <i>Análise sensorial</i>	71
5.1.8 <i>Considerações relevantes para a escolha do nível de substituição</i>	78
5.2 Avaliação da estabilidade da mortadela com perfil lipídico modificado e ervas e especiarias em teste acelerado de oxidação	79
5.2.1 <i>Composição dos blends de ervas e especiarias</i>	83
5.3 Avaliação das características físico-químicas e sensoriais da mortadela com perfil lipídico modificado adicionado de blends de ervas e especiarias durante a estocagem	84
5.3.1 <i>Características das matérias-primas da mortadela</i>	84
5.3.2 <i>Composição centesimal das mortadelas com perfil lipídico modificado adicionado de blends de ervas e especiarias (Etapa 3)</i>	85
5.3.3 <i>Perfis de ácidos graxos no início e fim da vida útil dos produtos</i>	87
5.3.4 <i>Determinação da estabilidade de emulsão</i>	93
5.3.5 <i>Avaliação da cor objetiva durante o período de estocagem</i>	94
5.3.6 <i>Avaliação da textura instrumental durante a estocagem</i>	98

<i>5.3.7 Avaliação da oxidação lipídica de mortadelas adicionadas de óleo de linhaça e blends de ervas e especiarias durante o período de estocagem ..</i>	<i>103</i>
<i>5.3.8 Análise sensorial.....</i>	<i>106</i>
6 CONCLUSÕES	108
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	110
APÊNDICE 1.....	126
APÊNDICE 2.....	134
ANEXO 1: Parecer do Comitê de ética em pesquisa N° 281/2010	138

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Composição de ácidos graxos de diferentes tipos de óleos e gorduras.	21
Tabela 2: Valores utilizados em cada nível do planejamento fatorial completo	39
Tabela 3: Formulações dos tratamentos do delineamento fatorial completo.....	40
Tabela 4: Formulações de mortadelas com adição de óleo de linhaça e <i>blends</i> de ervas e e especiarias	45
Tabela 5: Composição centesimal das matérias-primas utilizadas.....	52
Tabela 6: Composição em ácidos graxos (%m/m) do óleo de linhaça utilizado. ...	54
Tabela 7: Composição centesimal de mortadelas elaboradas com diferentes níveis de substituição de gordura suína por óleo de linhaça.....	55
Tabela 8: Resultados da avaliação da cor do delineamento fatorial completo	57
Tabela 9: Resultados da determinação do perfil de textura do delineamento fatorial completo	61
Tabela 10: Resultados da análise de estabilidade de emulsão do delineamento fatorial completo	67
Tabela 11: Resultados da análise sensorial do delineamento fatorial completo... ..	72
Tabela 12: Composição centesimal das matérias-primas utilizadas.....	84
Tabela 13: Composição centesimal das mortadelas com perfil lipídico modificado adicionado de <i>blends</i> de ervas e especiarias	86
Tabela 14: Perfil de ácidos graxos das mortadelas adicionadas de óleo de linhaça e blends de ervas e especiarias no tempo inicial.....	88
Tabela 15: Perfil de ácidos graxos das mortadelas adicionadas de óleo de linhaça e blends de ervas e especiarias no tempo final (60 dias)	91
Tabela 16: Teste de estabilidade de emulsão para mortadelas adicionadas de óleo de linhaça e blends de ervas e especiarias	93
Tabela 17: Valores do parâmetro L* para mortadelas adicionadas de óleo de linhaça e blends de ervas e especiarias durante a estocagem refrigerada	94

Tabela 18: Valores do parâmetro a^* para mortadelas adicionadas de óleo de linhaça e blends de ervas e especiarias durante a estocagem refrigerada	96
Tabela 19: Valores do parâmetro b^* para mortadelas adicionadas de óleo de linhaça e blends de ervas e especiarias durante a estocagem refrigerada	97
Tabela 20: Resultados da análise instrumental de textura do parâmetro Firmeza (N).....	100
Tabela 21: Resultados da análise instrumental de textura do parâmetro Mastigabilidade.....	100
Tabela 22: Resultados da análise instrumental de textura do parâmetro Elasticidade	101
Tabela 23: Resultados da análise instrumental de textura do parâmetro Coesividade.....	102
Tabela 24: Resultados de TBARS (mg de malonaldeído/Kg de amostra) em mortadelas durante a estocagem	104
Tabela 25: Médias das notas obtidas na análise sensorial de mortadelas adicionadas de óleo de linhaça e blends de ervas e especiarias	106
Tabela 26: Coeficientes da Regressão (Cor L^*)	126
Tabela 27: Coeficientes da Regressão após eliminação dos termos não significativos (Cor L^*).....	126
Tabela 28: Coeficientes da Regressão (Cor h).....	126
Tabela 29: Coeficientes da Regressão (Cor C^*).....	127
Tabela 30: Coeficientes da Regressão (Firmeza).....	127
Tabela 31: Coeficientes da Regressão após eliminação dos termos não significativos (Firmeza)	127
Tabela 32: Coeficientes da Regressão (Elasticidade)	128
Tabela 33: Coeficientes da Regressão após eliminação dos termos não significativos (Elasticidade).....	128
Tabela 34: Coeficientes da Regressão (Coesividade).....	128
Tabela 35: Coeficientes da Regressão (Mastigabilidade).....	129

Tabela 36: Coeficientes da Regressão após eliminação dos termos não significativos (Mastigabilidade)	129
Tabela 37: Coeficientes da Regressão (Líquido Liberado)	129
Tabela 38: Coeficientes da Regressão após eliminação dos termos não significativos (Líquido liberado).....	130
Tabela 39: Coeficientes da Regressão (Gordura Liberada)	130
Tabela 40: Coeficientes da Regressão após eliminação dos termos não significativos (Gordura liberada)	130
Tabela 41: Coeficientes da Regressão (Cor Sensorial)	131
Tabela 42: Coeficientes da Regressão (Aroma Sensorial)	131
Tabela 43: Coeficientes da Regressão após eliminação dos termos não significativos (Aroma Sensorial).....	131
Tabela 44: Coeficientes da Regressão (Sabor Sensorial)	132
Tabela 45: Coeficientes da Regressão (Textura Sensorial).....	132
Tabela 46: Coeficientes da Regressão após eliminação dos termos não significativos (Textura Sensorial)	132
Tabela 47: Coeficientes da Regressão (Impressão Global).....	133
Tabela 48: Coeficientes da Regressão após eliminação dos termos não significativos (Impressão Global).....	133
Tabela 49: Tabela ANOVA para a resposta cor L*	134
Tabela 50: Tabela ANOVA para a resposta cor h.....	134
Tabela 51: Tabela ANOVA para a resposta cor C*	134
Tabela 52: Tabela ANOVA para a resposta Firmeza.....	134
Tabela 53: Tabela ANOVA para a resposta Elasticidade	135
Tabela 54: Tabela ANOVA para a resposta Coesividade	135
Tabela 55: Tabela ANOVA para a resposta Mastigabilidade.....	135
Tabela 56: Tabela ANOVA para a resposta Líquido Liberado	135
Tabela 57: Tabela ANOVA para a resposta Gordura Liberada.....	136
Tabela 58: Tabela ANOVA para a resposta Cor Sensorial	136
Tabela 59: Tabela ANOVA para a resposta Aroma Sensorial	136

Tabela 60: Tabela ANOVA para a resposta Sabor Sensorial	136
Tabela 61: Tabela ANOVA para a resposta Textura Sensorial.....	137
Tabela 62: Tabela ANOVA para a resposta Impressão Global.....	137

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama esquemático dos principais fatores que afetam a estabilidade da emulsão..	9
Figura 2: Estruturas do ácido oléico (ω -9 ou n-9, monoinsaturado), linoléico (LA- ácido graxo poliinsaturado ω -6 ou n-6) e linolênico (LNA- ácido graxo poliinsaturado ω -3 ou n-3) .	14
Figura 3: Visão geral das reações de alongação e dessaturação dos ácidos graxos ω -3 e ω -6.	15
Figura 4: Fases do mecanismo de auto-oxidação.	27
Figura 5: Bandejas com mortadela na câmara de refrigeração.	43
Figura 6: Ficha da análise sensorial para avaliação das mortadelas	51
Figura 7: Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para o valor de L^* em função do teor de gordura e óleo de linhaça.	58
Figura 8: Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para o parâmetro firmeza do perfil de textura em função do teor de gordura e óleo de linhaça.	62
Figura 9: Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para o parâmetro elasticidade do perfil de textura em função do teor de gordura e óleo de linhaça.	64
Figura 10: Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para o parâmetro mastigabilidade do perfil de textura em função do teor de gordura e óleo de linhaça.	66
Figura 11: Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para a resposta líquido liberado, da análise de estabilidade de emulsão em função do teor de gordura e óleo de linhaça.	69
Figura 12: Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para a resposta gordura liberada, da análise de estabilidade de emulsão em função do teor de gordura e óleo de linhaça.	71

Figura 13: Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para a resposta aroma, da análise sensorial em função do teor de gordura e óleo de linhaça.	74
Figura 14: Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para a resposta textura, da análise sensorial em função do teor de gordura e óleo de linhaça.	77
Figura 15: Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para a resposta impressão global, da análise sensorial em função do teor de gordura e óleo de linhaça.	78
Figura 16: Acompanhamento do Índice de TBARS no teste de oxidação acelerada.	81
Figura 17: Composição dos blends de ervas e especiarias para serem utilizadas em mortadela com substituição de gordura suína por óleo de linhaça	84

RESUMO

O desenvolvimento de produtos alimentícios com propriedades mais saudáveis é uma das tendências mais relevantes na atualidade, favorecido por novas orientações nutricionais e por mudança de hábitos dos consumidores. A reformulação lipídica de produtos cárneos implementada pelo uso de componentes substitutos à gordura saturada, nesse contexto, tem sido tema de muitas pesquisas. Desta forma, o objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos da adição de óleo de linhaça como substituto parcial de gordura suína em produto cárneo tipo mortadela sobre suas características físico-químicas e sensoriais. Inicialmente, foi realizado um delineamento fatorial composto central para determinar os efeitos do teor de gordura (5-20%) e do óleo de linhaça (2,5-12,5%) sobre a estabilidade da emulsão, perfil de textura, cor e aceitação sensorial. O teor de gordura influenciou os atributos firmeza e mastigabilidade em valores acima de 15% nas amostras. Os valores de L^* e b^* foram significativamente maiores ($p < 0,05$) para as formulações contendo óleo de linhaça na maioria dos níveis avaliados. A adição do óleo de linhaça pré-emulsionado com caseinato de sódio contribuiu para a melhora da estabilidade do batter cárneo. Com relação às propriedades sensoriais, a adição de óleo de linhaça influenciou principalmente os atributos aroma, cor e sabor, resultando em notas menores nas formulações com óleo quando comparadas com a formulação controle. Posteriormente, foram estudadas diferentes ervas e especiarias como componentes antioxidantes para serem utilizadas na formulação de melhores resultados da fase anterior. As ervas que apresentaram maior efeito antioxidante foram o coentro, salvia e pimenta branca, segundo as melhores respostas em teste de oxidação lipídica acelerada. Foi também observado um efeito pró-oxidante na salsa. Na última etapa do estudo, uma formulação previamente selecionada na primeira fase com 60% de substituição da gordura suína por óleo de linhaça, adicionada de *blends* de ervas e especiarias com melhores resultados antioxidantes, foi avaliada através das

análises de perfis de ácidos graxos, cor, perfil de textura, estabilidade de emulsão, TBARS e aceitação sensorial. As amostras de uma forma geral apresentaram menores valores para firmeza e mastigabilidade em relação à formulação padrão. Os *blends* de ervas e especiarias influenciaram a cor objetiva com maiores valores de b^* e menores de L^* em relação à formulação padrão com óleo e sem ervas. Os *blends* de ervas e especiarias conferiram proteção antioxidante aos produtos até o 30º dia de armazenamento sob refrigeração. Houve um aumento considerável de PUFA's e uma diminuição na relação ω -6/ ω -3 na formulação estudada quando comparada à formulação controle, além de uma boa aceitação sensorial sem diferenças perceptíveis na textura e com notas semelhantes ao padrão para o sabor e o aroma. As características físico-químicas e sensoriais demonstram que é possível produzir uma mortadela mais saudável com um perfil lipídico favorável sob aspecto nutricional, com até 60% de substituição da gordura suína por óleo de linhaça, rico em ácidos graxos polinsaturados.

Palavras-chave: mortadela, óleo de linhaça, ervas e especiarias, ácidos graxos, oxidação lipídica.

ABSTRACT

The development of food products with healthier properties is one of the more relevant current, favored by new nutritional guidelines for nutrition and changing habits of consumers. The reformulation of lipid meat products implemented by the use of substitute components to saturated fat in this context has been the subject of many investigations. Thus, the aim of this study was to evaluate the effects of addition of linseed oil as a partial replacement of pork fat in bologna sausage on its characteristics physical-chemical and sensory. Initially, was realized a factorial central composite design to determine the effects of fat content (5-20%) and linseed oil (2.5 to 12.5%) on the emulsion stability, texture profile, color and acceptance sensory. The fat content influenced the attributes firmness and chewiness at concentrations above 15% in the samples. The values of L^* and b^* were significantly higher ($p < 0.05$) for formulations containing linseed oil in majority of the level evaluated. The addition of linseed oil pre-emulsified with sodium caseinate contributed to the improved stability of the meat batter. With respect to sensory properties, the addition of linseed oil influenced mainly attributes aroma, color and flavor, resulting in lower scores in the formulations with oil when compared with the control formulation. Later, was studied different herbs and spices as antioxidant compounds for use in the formulation with better results of the previous phase. The herbs with the highest antioxidant effect are coriander, sage and white pepper, referring the best answers to the test of accelerated lipid oxidation. It was observed a pro-oxidant effect in parsley. In the last stage of the study, a formulation previously selected in the first phase with 60% substitution of pork fat in linseed oil, plus blends of herbs and spices with the best results antioxidants, was evaluated by analysis of fatty acid profiles, color, texture profile, emulsion stability, TBARS and sensory acceptance. The samples generally showed lower values for firmness and chewiness than the standard formulation. The blends influenced in the objective color with higher values of b^* and lower L^* compared with standard formulations with oil and without herbs. The blends of herbs and spices conferred antioxidant protection to the products until the 30th day of

refrigerated storage. There was a considerable increase of PUFAs and a decrease in the ratio ω -6/ ω -3 formulation studied when compared to the control formulation, besides good sensorial acceptance without noticeable differences in texture and notes similar to the standard for flavor and aroma. The physico-chemical and sensory characteristics demonstrated that it is possible to produce a healthier bologna sausage with a favorable lipid profile in the nutritional aspect, with up to 60% substitution of pork fat in linseed oil, rich in polyunsaturated fatty acids.

Key words: bologna sausage, linseed oil, herbs and spices, fatty acids, lipid oxidation.

1 INTRODUÇÃO

As tendências de produção e inovação no mercado mundial de alimentos têm sido regidas pelas exigências dos consumidores e pela competição global onde os aspectos relacionados com a saúde são cada vez mais temas recorrentes e necessários na sociedade atual.

Entre as doenças crônicas da atualidade, as doenças cardiovasculares, que representam uma das principais causas de morte e de incapacidade na vida adulta e são responsáveis, no Brasil, por 34% de todas as causas de óbito, estão relacionadas, em grande parte, com a obesidade e com práticas alimentares e estilos de vida inadequados (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2003).

A indústria de carnes, assim como outros setores da área de alimentos, é alvo de importantes transformações, consequência das inovações tecnológicas e das mudanças exigidas pelos consumidores. Uma das principais tendências que marca a evolução do consumo de produtos cárneos surge da preocupação dos consumidores com a saúde, favorecida pelas novas recomendações e orientações nutricionais aconselhadas por diversas instituições. Os produtos cárneos funcionais devem ser vistos como uma oportunidade de diferenciação, diversificação e posicionamento em um mercado em crescimento contínuo (JIMÉNEZ-COLMENERO, 2007).

Recomendações nutricionais que visam redução e controle do consumo de ácidos graxos saturados têm sido propostas por várias autoridades científicas, dentre elas a Organização Mundial de Saúde. Tais recomendações relatam que apenas entre 15 a 30% do total de calorias da dieta devem ser provenientes das gorduras. Além disso, a proporção da ingestão de ácidos graxos deve ser a seguinte: o consumo de ácidos graxos saturados não deve ultrapassar 10%; entre 6 a 10% devem ser provenientes de ácidos graxos polinsaturados (PUFAs); entre 10 a 15% devem provir de ácidos graxos monoinsaturados (MUFAs), e, menos que 1% deve ser de ácidos graxos trans. Também é

recomendado que a ingestão de colesterol esteja abaixo de 300 mg por dia (WHO, 2003).

A reformulação de produtos cárneos baseada em estratégias de processamento é uma das abordagens mais importantes a ser seguida para se alcançar uma melhor composição lipídica. A reformulação prevista para esse fim é geralmente baseada na redução do conteúdo de gordura e/ou na substituição (em menor ou maior proporção) da gordura animal, normalmente presentes nos produtos cárneos, como na mortadela, por outro tipo de gordura, cujas características estejam mais ajustadas com as recomendações de saúde. Ou seja, menor proporção de ácidos graxos saturados e maior proporção de ácidos graxos monoinsaturados e polinsaturados, em especial os PUFAs ω -3 e, se possível sem colesterol. Uma ampla variedade de óleos vegetais (azeite de oliva, canola, linhaça, etc) e, ainda, óleo de peixe e algas têm sido adicionadas aos produtos cárneos como substitutos parciais de gorduras de origem animal como a suína e a bovina (JIMÉNEZ-COLMENERO, 2007).

Do ponto de vista tecnológico, a substituição parcial da gordura animal por óleos vegetais representa um grande desafio, já que a gordura é importante em diversas propriedades e características dos embutidos emulsionados. A gordura desempenha papel importante na estabilização de emulsões, reduzindo as perdas no cozimento, aumentando a capacidade de retenção de água, fornecendo suculência, além de ser essencial nas propriedades estruturais dos produtos cárneos (PIETRASIK e DUDA, 2000; YOO et al., 2007; HUGHES et al., 1997).

Diversos estudos têm investigado os possíveis efeitos da reformulação lipídica nas propriedades reológicas, físico-químicas, nutricionais e sensoriais dos produtos cárneos (ANSORENA e ASTIASARÁN, 2004; MUGUERZA et al., 2001; VALENCIA et al., 2006). Em uma pesquisa conduzida por Valência et al., (2008), o potencial do óleo de linhaça como ingrediente funcional foi explorado com sucesso e resultados positivos foram obtidos quando 15% da gordura suína foi substituída

por óleo de linhaça em salsichas, aumentando o teor de ácido α -linolênico de aproximadamente 1,3% na formulação controle para até 11,2% na formulação com óleo e antioxidantes naturais. Ambrosiadis et al. (1996) relataram que salsichas elaboradas com óleo de soja, algodão, milho e com uma gordura derivada do óleo de rícino ou mamona tiveram boa estabilidade de emulsão, porém a firmeza, a luminosidade da cor interna do produto e a intensidade do sabor foram reduzidas.

Os ácidos graxos monoinsaturados (MUFAs) e os polinsaturados (PUFAs), presentes em alguns óleos vegetais, são capazes de auxiliar na diminuição da lipoproteína de baixa densidade no plasma (LDL). Além disso, níveis maiores de ácidos graxos poliinsaturados podem promover um aumento da lipoproteína de alta densidade (HDL) que auxilia na redução da incidência de doenças coronarianas (MOZAFFARIAN et al., 2005). Os óleos das sementes oleaginosas, particularmente o óleo de linhaça tem se destacado por serem ricos em ácido α -linolênico, um ácido graxo essencial (ANSORENA e ASTIASARÁN, 2004).

Devido ao fato dos PUFAs serem particularmente propensos à oxidação ou ao ataque de radicais livres (MORRISSEY et al., 1998), com o aumento destes ácidos na reformulação de produtos cárneos, há um aumento concomitante na suscetibilidade à deterioração oxidativa destes produtos, levando à perda nas características tanto da qualidade como do valor nutricional (VALÊNCIA et al., 2008).

A oxidação lipídica é uma das principais causas de deterioração da qualidade de produtos cárneos, tais como o desenvolvimento de ranço e *off-flavour*, defeitos na textura, alterações de cor, efeitos adversos no sabor e no valor nutricional, tornando-os impróprios para o consumo (MORRISSEY et al., 1998). Diferentes estratégias podem ser adotadas para que se evite e reduza ao máximo a oxidação lipídica, como por exemplo, o uso de antioxidantes (EL-ALIM et al., 1999).

O uso de antioxidantes sintéticos têm sido criticado em produtos cárneos em função das questões relativas à segurança, ou seja, à toxicidade destes compostos, além das restrições regulatórias. Dessa forma, antioxidantes naturais têm recebido especial atenção em estudos e pesquisas como uma opção para retardar a oxidação lipídica.

As propriedades antioxidantes dos membros da família *Lamiaceae* como as espécies de alecrim (*Rosmarinus sp.*), sálvia (*Salvia sp.*), orégano (*Origanum sp.*), tomilho (*Thymus sp.*) e manjerona (*Marjorana sp.*), dentre outras, têm sido estudadas como uma forma de inibir a oxidação lipídica e ao mesmo tempo intensificar aromas em produtos cárneos (KARPINSKA et al., 2001; HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ et al., 2009; EL-ALIM et al., 1999).

A adição de ervas e especiarias e do óleo de linhaça em embutidos emulsionados como a mortadela, justifica-se como um estudo oportuno para a pesquisa, já que visa melhorar os aspectos nutricionais e de segurança de um produto extremamente apreciado pelo consumidor brasileiro. O objetivo é aliar a funcionalidade de um óleo rico em PUFA ω -3 com o poder antioxidante de ervas e especiarias, já investigadas em várias pesquisas, em um produto popular, de grande impacto no consumo nacional.

Diante de tais considerações, este estudo visa avaliar os efeitos da substituição da gordura suína por óleo de linhaça acrescido de ervas e especiarias em mortadela analisando suas propriedades físico-químicas, aceitação sensorial e estabilidade oxidativa.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivos Gerais

Estudar os efeitos da adição de óleo de linhaça como substituto parcial de gordura suína sobre as propriedades tecnológicas, características físico-químicas e sensoriais em um produto cárneo emulsionado tipo mortadela.

Otimizar uma formulação de mortadela com os maiores níveis possíveis de PUFA ω -3 e *blends* de ervas e especiarias garantindo-se a estabilidade à oxidação lipídica.

2.2 Objetivos Específicos

Avaliar o efeito de diferentes níveis de óleo de linhaça e gordura suína em mortadela sobre as propriedades de textura, cor, estabilidade de emulsão e análise sensorial.

Selecionar ervas e especiarias com propriedades antioxidantes para uso em mortadela com alto teor de ácidos graxos polinsaturados.

Avaliar a estabilidade à oxidação lipídica em mortadelas elaboradas com adição de óleo de linhaça e ervas e especiarias ao longo de um prazo de 60 dias, sob refrigeração.

Determinar o perfil de ácidos graxos de mortadela acrescida de óleo de linhaça no início e após 60 dias de estocagem sob refrigeração.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Produtos cárneos emulsionados

Os produtos cárneos cominuídos, tradicionalmente, são compostos de tecido muscular, tecido adiposo, água e sal. Durante o processo de trituração ou cominuição, as membranas das células musculares são rompidas, expondo as miofibrilas, o que permite a extração das proteínas solúveis em soluções salinas, concomitante à redução de tamanho das partículas de carne e gordura (ABERLE et al., 2001). As emulsões cárneas, por não possuírem propriedades clássicas, como o tamanho da fase dispersa (10 a 50 μ), ou seja, o tamanho dos glóbulos de gordura, não são consideradas emulsões verdadeiras. De acordo com Olivo e Shimokomaki (2006), a emulsão cárnea é uma suspensão coloidal complexa, não totalmente homogênea e com partículas dispersas maiores do que é descrito na definição clássica de emulsão. Nesta definição clássica a emulsão é considerada uma mistura de líquidos imiscíveis, um dos quais, é disperso na forma de pequenos glóbulos (0,1 a 5,0 μ) em outro líquido (FORREST et al., 1979).

Ainda segundo Gordon e Barbut (1992) a emulsão cárnea, também chamada de "*batter cárneo*", pode ser descrita como a mistura finamente fragmentada de proteínas musculares, partículas de gordura, água, sal e outros aditivos que resultam em massa homogênea após desnaturação térmica das proteínas. Dentro deste contexto, o regulamento técnico de identidade e qualidade define mortadela, um produto cárneo emulsionado, da seguinte forma: 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).

A proteína funcional que desempenha um dos papéis mais importantes para as carnes e para os produtos cárneos é a miosina, ou, seu complexo, actina e actomiosina. Isto se deve à sua estrutura bem equilibrada com partes hidrofóbicas e hidrofílicas, além de uma grande e longa estrutura fibrosa. A miosina é capaz de formar géis altamente elásticos e coesos em uma matriz protéica, e ainda, uma membrana firme ao redor dos glóbulos de gordura em *batters* cárneos (SNIRIVASAN e XIONG, 1997). As proteínas miofibrilares requerem uma força iônica mínima de 0,5 M para sua solubilização, porém, esta condição é usualmente encontrada em produtos cárneos processados (RUUSUNEM e PUOLANNE, 2005).

O cloreto de sódio é fundamental para solubilização de proteínas miofibrilares, já que após a desnaturação e agregação das mesmas, auxiliará na capacidade de retenção de água e nas características desejáveis dos géis cárneos, como elasticidade e rigidez (GORDON e BARBUT, 1992). Uma das teorias que explica a relação entre o cloreto de sódio e a melhoria da capacidade de retenção de água dos produtos cárneos foi comentada por Ruusunem e Puolanne (2005), e descreve como principal responsável por esta relação o intumescimento das proteínas miofibrilares, que podem dobrar de tamanho dependendo da concentração de cloreto de sódio. Os íons cloreto tendem a se ligar aos filamentos de proteína da carne, ocorrendo desta forma, um aumento das forças repulsivas fazendo com que a matriz protéica se desdobre e ocorra o intumescimento da molécula. Os íons de sódio formam uma nuvem de cargas em torno dos filamentos, o que resulta em diferenças de concentração, levando a um aumento da pressão osmótica dentro das miofibrilas, fazendo com que os filamentos laterais também inchem. Este inchaço ou intumescimento, proporciona um maior número de cadeias laterais para se ligar com água, o que irá aumentar a capacidade de retenção de água na carne e nos produtos cárneos.

Segundo Aberle et al. (2001) a formação da emulsão cárnea típica consiste de duas transformações relacionadas: (1) intumescimento das proteínas

e formação da matriz viscosa, e (2) emulsificação das proteínas solubilizadas, glóbulos de gordura e água. A formação de uma matriz viscosa na emulsão cárnea, provocada pelo intumescimento das proteínas, estabiliza a gordura e a estrutura dos produtos acabados pela imobilização da água livre, o que previne a perda de umidade durante o tratamento térmico. A matriz também ajuda a estabilizar as partículas de gordura formadas durante a trituração contra a coalescência pela imobilização da gordura (SHIONG e KENNEY, 1999). Duas teorias explicam os mecanismos de estabilização dos produtos cárneos emulsionados: a da emulsão, na qual as massas são basicamente descritas como emulsões de óleo em água, e a do aprisionamento físico, na qual as partículas de gordura não se separam devido à formação de uma rede protéica que retém essas partículas, juntamente com a água (GORDON e BARBUT, 1992).

A estabilidade final de um *batter* cárneo se constitui como o principal fator de qualidade de um produto cárneo emulsionado. A estabilidade está relacionada com a retenção de água e gordura e a obtenção da textura final desejada. Numerosas energias de ligação e outras forças físicas são essenciais para manter a estabilidade, e integridade da suspensão coloidal antes, durante e após o tratamento térmico (OLIVO e SHIMOKOMAKI, 2006).

Diversos fatores podem influenciar na estabilidade do *batter* cárneo: tipo e condições do equipamento utilizado, temperatura durante o processo de emulsificação, tempo de emulsificação, tipo e tamanho das partículas de gordura, pH, quantidade e tipo de proteína solúvel, força iônica, viscosidade da massa, entre outros (ALVAREZ et al., 2007). Como mostra a Figura 1, os fatores que afetam a estabilidade da emulsão cárnea influenciam decisivamente na qualidade e rendimento final do produto cárneo.

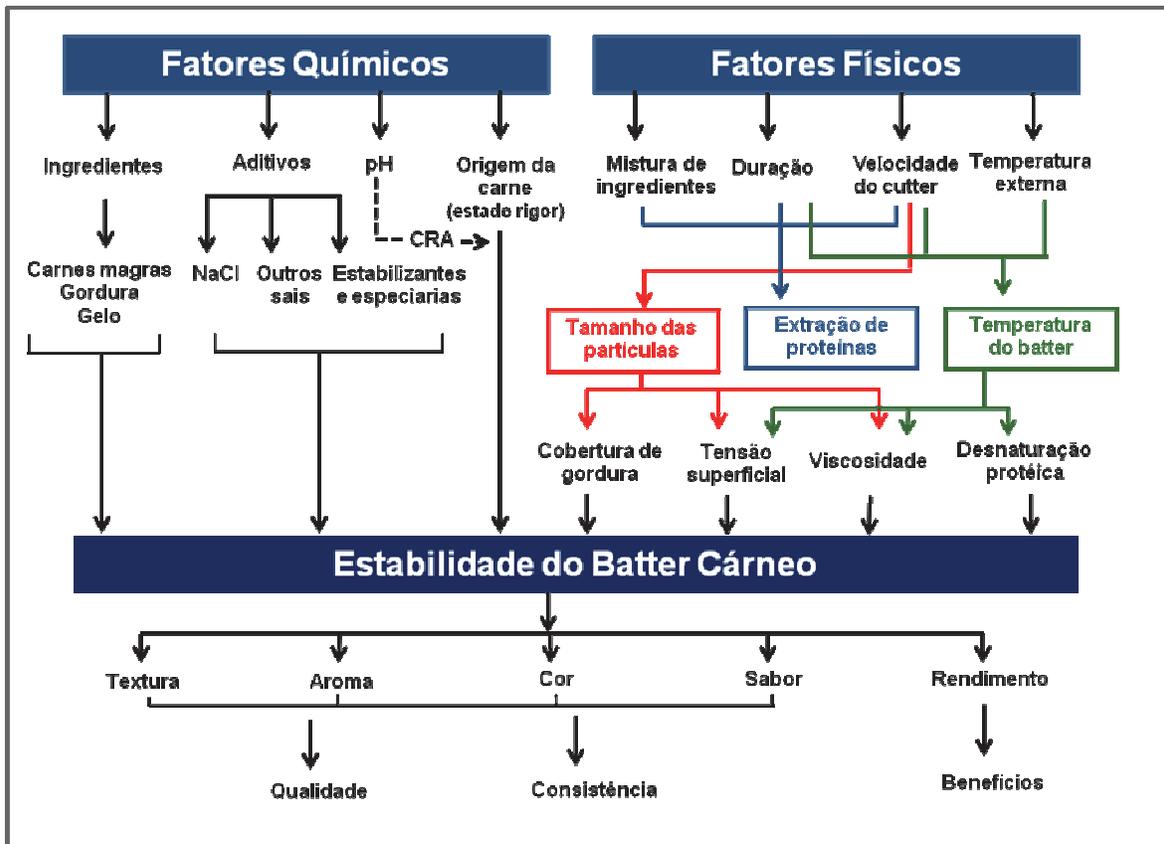


Figura 1: Diagrama esquemático dos principais fatores que afetam a estabilidade da emulsão. Fonte: Adaptado de Alvarez et al., 2007.

Além dos diversos fatores citados que influenciam a qualidade da emulsificação, deve-se destacar a etapa de cozimento dos produtos, já que esta possui como principal objetivo estabilizar o sistema multifásico em que se constitui o *batter* cárneo para atingir as propriedades sensoriais finais (ALLAIS, 2010).

A textura dos produtos cárneos cozidos é consequência, principalmente, de uma rede de gel formada pelas proteínas das fibras musculares. Os atributos de textura estão relacionados com as propriedades destas fibras e condições de processamento. A formação de uma rede de proteínas é um processo complexo, induzido pelo calor e envolve a desnaturação das proteínas seguida por sua agregação. Durante o aquecimento, a miosina, que é a mais abundante das proteínas miofibrilares, sofre várias mudanças

conformacionais como consequência da dissociação de partes não covalentes e de suas subunidades e miofilamentos (SMYTH et al., 1996). O grau de desnaturação necessário para a agregação depende das condições de aquecimento, assim como da força iônica do meio, pH e fatores intrínsecos da proteína (TORNBERG, 2005).

3.1.1 Aplicação de gorduras e óleos vegetais em emulsões cárneas

A gordura desempenha papel importante na estabilização de emulsões, reduzindo as perdas no cozimento, aumentando a capacidade de retenção de água, fornecendo suculência, além de ter papel crucial nas propriedades reológicas e estruturais dos produtos cárneos (PIETRASIK e DUDA, 2000; YOO et al., 2007; HUGHES, et al., 1997). Um produto estável pode ser caracterizado pela mínima separação de água e gordura. A estabilização da gordura durante a cominuição é tanto devido a formação de uma película interfacial em torno dos glóbulos de gordura quanto ao aprisionamento físico destes glóbulos dentro da matriz protéica (SHIMOKOMAKI, et al., 2006).

Em produtos cárneos cominuídos, como a mortadela, as gorduras são ingredientes muito importantes (formulações possuem em torno de 20-30%) e são essenciais para a textura, sabor, *flavor* e estabilidade físico-química. Tradicionalmente, as gorduras são retiradas de tecidos adiposos dos animais e diretamente incorporadas em *batter* cárneos como ingredientes. Óleos vegetais e outras gorduras pré-emulsionadas também têm sido utilizadas atualmente. Os quatro fatores principais que influenciam a firmeza dos tecidos adiposos são o conteúdo de água e lipídios, a quantidade de tecido conjuntivo presente e a composição de ácidos graxos. Em especial, a natureza dos ácidos graxos presentes possui um papel de destaque na determinação da consistência destes tecidos, sendo que o ponto de fusão dos ácidos graxos é uma função do seu grau de insaturação (LEBRET et al., 1996).

Recentemente, várias pesquisas têm direcionado esforços para melhorar a razão entre ácidos graxos ω -6/ ω -3 em produtos cárneos como uma forma de proporcionar mais uma opção de consumo que vise atender às recomendações nutricionais. Porém, tais reformulações trazem consequências sob os aspectos tecnológicos como, por exemplo, a redução da temperatura de fusão principalmente devido à presença de uma quantidade maior de ácidos graxos insaturados em óleos vegetais, o impacto causado na textura da gordura na carne, em casos de modificação do perfil lipídico através de dietas diferenciadas para os animais, além do aumento à propensão a oxidação (WOOD et al., 2003). Outro fato relevante sob o aspecto tecnológico é que durante a cominuição ocorre um aumento da temperatura e os ácidos graxos altamente insaturados podem se fundir, migrar para a superfície, formando uma camada de gordura no produto que o torna visualmente desagradável (CARR et al., 2005).

Uma alternativa para melhorar os aspectos tecnológicos de produtos cárneos com adição de ácidos graxos insaturados, como os óleos vegetais é a realização de uma pré-emulsão com o óleo e proteínas não-cárneas melhorando assim, a estabilidade do sistema, uma vez que os óleos podem ser imobilizados em uma matriz protéica, reduzindo as chances do óleo se separar fisicamente da estrutura do produto a fim de manter sua estabilidade ao longo do processamento, armazenamento e consumo (FORELL et al., 2010).

Paneras et al. (1998) utilizaram caseinato de sódio para pré-emulsionar óleos vegetais, já Mugerza et al. (2001) em outro estudo utilizaram a proteína isolada de soja, demonstrando que tais métodos se constituem em uma boa alternativa tecnológica para se incorporar óleos vegetais como ingredientes em produtos cárneos. De acordo com Jiménez-Colmenero (2007) em sua revisão de literatura sobre substituição de gorduras de origem animal por outras em produtos cárneos, foi observado em estudos realizados na Espanha e na Grécia, que o caseinato de sódio tem sido utilizado como agente emulsionante em produtos

cárneos emulsionados, já a proteína isolada de soja tem sido utilizada em produtos fermentados.

Ao se tratar especificamente de estudos relacionados aos aspectos de estabilidade de emulsões cárneas, alguns estudos encontraram problemas com a substituição da gordura animal por óleos vegetais (MARQUEZ et al., 1989; BLOUKAS e PANERAS, 1993). Yossef e Barbut (2009) relataram uma redução na estabilidade da emulsão quando os níveis de proteína atingiram 14% em salsichas produzidas com 25% de óleo de canola, porém este resultado não se repetiu quando gordura animal foi utilizada. De acordo com este estudo, micrografias revelaram que os níveis crescentes de proteína levaram a uma maior agregação e uma matriz protéica menos homogênea. Além disso, quando o óleo de canola foi utilizado na quantidade citada acima, não houve, possivelmente, proteínas suficientes para recobrir a superfície dos glóbulos de gordura, que inclusive, eram menores, se comparados aos de gordura animal. Estes resultados demonstram que grandes diferenças podem ocorrer nos mecanismos que envolvem as ligações de lipídeos quando gordura animal ou óleos vegetais são usados, especialmente com altos níveis de proteína.

Outros autores, no entanto, reportam resultados favoráveis à substituição da gordura animal por óleos vegetais em relação aos estudos de estabilidade de emulsões. Tan et al. (2006) não encontraram diferenças significativas na estabilidade de emulsão em todos os *batters* cárneos avaliados (10% de proteína) com a substituição de gordura suína por óleo de palma e estearina de palma em salsichas tipo frankfurters de frango.

Delgado-Pando et al. (2010) avaliaram a influência de uma combinação de azeite de oliva, peixe e linhaça pré-emulsionados com proteínas não-cárneas nas propriedades tecnológicas e sensoriais de salsichas tipo frankfurters, com níveis protéicos entre 17,8% a 19,39%. Estes autores relatam que os produtos elaborados tiveram boas propriedades de ligação de água e gordura o que refletiu em sua boa estabilidade no armazenamento, com valores de purga relativamente

baixos, ou seja, menos valores de líquido exsudado provenientes do produto. Ambrosiadis et al. (1996) também reportam bons resultados de estabilidade de emulsão, com níveis protéicos entre 10,8% a 13,3% em frankfurters com óleos vegetais em sua composição.

3.2 Principais propriedades dos ácidos graxos essenciais

Ácidos Graxos (AG) são ácidos carboxílicos compostos, na maioria das vezes, por uma cadeia hidrocarbônica longa, não ramificada e com número par de átomos de carbono. Os ácidos graxos podem ser saturados ou conter uma ou mais duplas ligações (insaturações) e são classificados como AG de cadeia curta (2 a 4 carbonos), média (6 a 10 carbonos) e longa (acima de doze carbonos). Há três tipos de ácidos graxos: os saturados (SFAs), onde todos os átomos de carbono da cadeia são unidos por ligações simples, os monoinsaturados (MUFAs), com uma única dupla ligação e os polinsaturados (PUFAs), com duas ou mais duplas ligações (BOBBIO e BOBBIO, 2001).

Os ácidos graxos polinsaturados (PUFAs) se classificam, nas séries ômega 6 (ω -6) e ômega 3 (ω -3), e, são assim denominados pela posição da primeira dupla ligação a partir do grupo metílico terminal da cadeia do ácido graxo. Além disso, há também a série, ômega 9 (ω -9), onde o principal ácido graxo é o ácido oléico (Figura 2) (ROSE e CONNOLLY, 1999). Os ácidos graxos ω -3 são encontrados principalmente em peixes (EPA: ácido eicosapentaenóico e DHA: ácido docosaexaenóico), além de se encontrar ácido α -linolênico, outro representante da série ômega 3, em óleo de canola e linhaça. O ácido linoléico é um dos principais representantes da série ômega 6, e podem ser encontrados principalmente em óleos vegetais e sementes, como milho, girassol e soja (RATNAYAKE e GALLI, 2009).

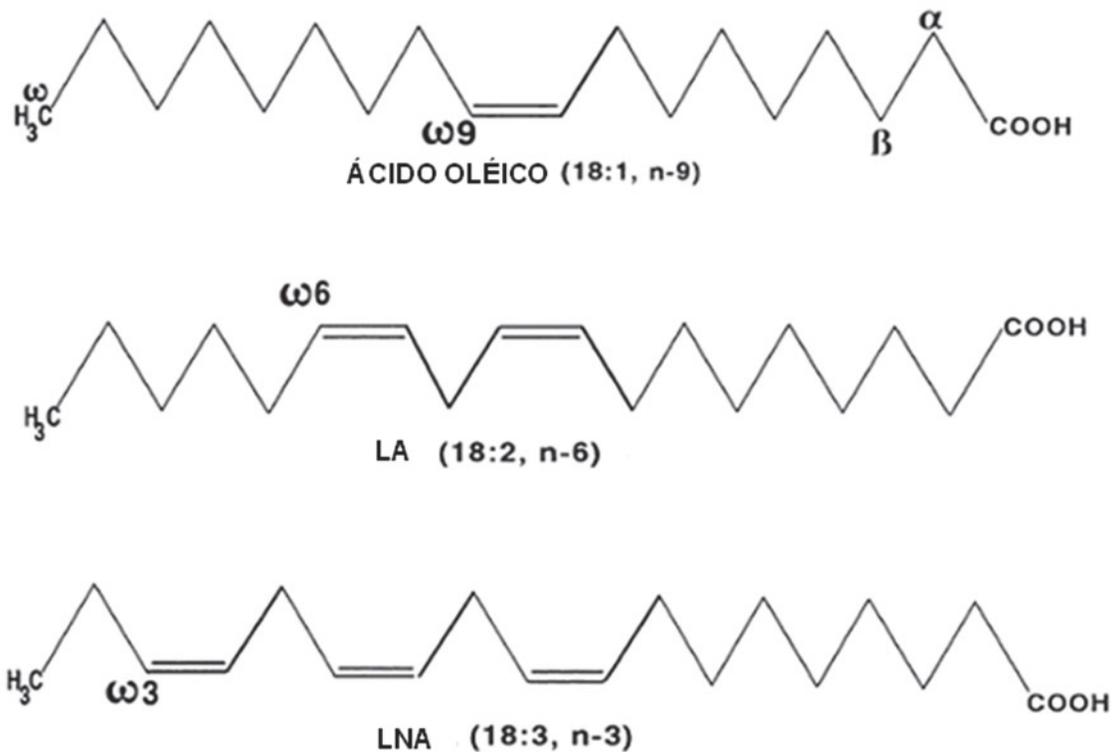


Figura 2: Estruturas do ácido oléico (ω -9 ou n-9, monoinsaturado), linoléico (LA- ácido graxo poliinsaturado ω -6 ou n-6) e linolênico (LNA- ácido graxo poliinsaturado ω -3 ou n-3) Fonte: Rose e Connolly, 1999.

Diversos estudos *in vivo* e *in vitro* têm indicado que os ácidos graxos ω -3 e ω -6 utilizam as mesmas enzimas para o seu alongamento e dessaturação, portanto, níveis de ácido α -linolênico e linoléico podem influenciar o resultado metabólico um do outro (HOLMAN, 1998). Esta competição metabólica é demonstrada na Figura 3, além disso, utilizando esta visão geral descrita nesta mesma figura pode-se observar que o ácido α -linolênico pode ser convertido pelas células animais em outros da série ω -3, entre eles EPA (ácido eicosapentaenóico 20:5 ω -3) e DHA (ácido docosaheptaenóico 22:6 ω -3); por uma série de reações similares, o ácido linoléico pode ser convertido em α -linolênico (18:3 ω -6), dihomo-

α -linolênico (20:3 ω -6) e ácido araquidônico (20:4 ω -6) (CALDER, 1998; BARCELLÓ-COBLIJN e MURPHY, 2009). Assim, o excesso na ingestão de um destes ácidos graxos, causará uma diminuição na conversão do outro, o que deixa claro a necessidade de equilíbrio na ingestão destes dois ácidos graxos na dieta.

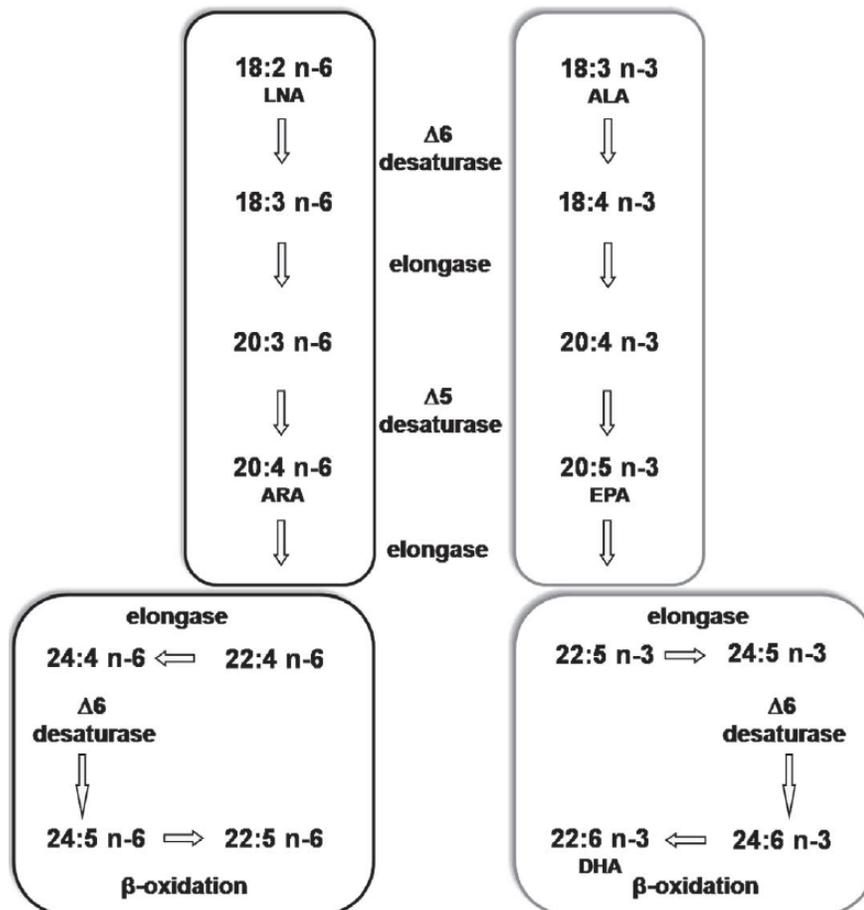


Figura 3: Visão geral das reações de alongação e dessaturação dos ácidos graxos ω -3 e ω -6. Fonte: Barcelló-Cobljin e Murphy, 2009.

Em um período anterior à industrialização, acredita-se que a proporção de ácidos graxos ω -6/ ω -3 presente nas dietas da população estava em torno de 1:1 a 2:1, certamente, devido a um maior consumo de alimentos de origem marinha, fontes de ω -3. Porém, com o advento da industrialização houve um

aumento progressivo no consumo de ácidos graxos ω -6, devido principalmente à crescente produção de óleos refinados oriundos de espécies oleaginosas com alto teor de ácido linoléico, e pela diminuição da ingestão de hortaliças, resultando em dietas com quantidades inadequadas de ácido α -linolênico (SIMOPOULOS, 2004).

Desta forma, uma alta proporção da relação ω -6/ ω -3 é encontrada atualmente na alimentação ocidental, o que é prejudicial ao organismo, pois o equilíbrio entre estes ácidos graxos é muito importante para a homeostase e o desenvolvimento normal do organismo (SIMOPOULOS, 2004), já que estas duas classes de ácidos graxos poliinsaturados possuem funções fisiológicas opostas (SCHMITZ e ECKER, 2008). Além disso, um balanço favorável entre tais ácidos graxos auxilia na melhora da biodisponibilidade e incorporação de fosfolipídios na membrana, desta maneira, alguns autores sugerem que a relação entre tais ácidos graxos não deve exceder 4-1 (VOLKER e GARG, 1996; WOOD et al., 2003).

Os ácidos graxos pertencentes à família ω -6 e ω -3 são de grande importância para o funcionamento do organismo e não podem ser biosintetizados em animais, incluindo o homem, sendo por isso, chamados essenciais. O organismo humano não consegue sintetizar estes ácidos graxos devido à ausência das enzimas dessaturases Δ -15 e Δ -12, as quais são responsáveis pela síntese destes ácidos graxos poliinsaturados e, portanto devem ser fornecidos pela dieta (CALDER, 1998).

3.2.1 Ácidos graxos polinsaturados (PUFAs) e seu papel na saúde

Os PUFAs são componentes chaves da dieta exercendo importante papel como precursores de compostos chamados eicosanóides que desempenham funções reguladoras tanto na fisiologia como nas condições patológicas. Os eicosanóides são compostos derivados especialmente dos ácidos graxos araquidônico, dihomo- γ -linolênico e eicosapentaenóico. Estes funcionam como mediadores na ligação entre ácidos graxos e várias funções biológicas, como manutenção da pressão sanguínea, função cardíaca, secreção gástrica, contração vascular, agregação plaquetária, respostas inflamatórias e imunes (CALDER, 2001).

Nos últimos anos tem havido muito interesse nos efeitos benéficos dos ácidos graxos polinsaturados de cadeia longa, em especial os da família ω -3, EPA e DHA, incluindo efeitos anti-aterogênicos (ROSE e CONNOLLY, 1999), por estarem diretamente envolvidos na redução de fatores de riscos associados a doenças cardiovasculares (MOZAFFARIAN et al., 2003), diabetes (YAMAKAZI, 2010), efeitos imunomodulador e antiinflamatório (CALDER, 1998), psoríase (ZIBOH et al., 2000), além da importância para o desenvolvimento e funcionamento normal da retina e do cérebro (CONNOR, 2000). Porém, apesar de todos os potenciais benefícios promovidos pela suplementação de PUFAs na alimentação, um fato importante que deve ser considerado segundo Meydani (1996) é que um aumento na ingestão destes ácidos graxos sem proteção antioxidante adequada pode resultar em um aumento na formação de radicais livres e peroxidação lipídica levando a uma redução de funções de células importantes para o organismo.

Os efeitos da suplementação de dietas com PUFAs ω -3 sobre doenças coronarianas, por exemplo, têm sido demonstrados em muitos experimentos em animais, seres humanos, estudos de cultura em tecidos e ensaios clínicos, apontando a forte evidência da relação inversa entre consumo de PUFAs e a

ocorrência de doenças cardiovasculares e suas complicações (CONNOR, 2000). Hu et al. (2002) ao analisarem a frequência do consumo de peixe, constataram que, comparando mulheres que raramente consumiam peixe (menos de uma vez por mês) com outras que consumiam de 1 a 3 vezes por mês, 1 vez por semana, 2 a 4 vezes por semana e mais do que 5 vezes na semana, o risco de morte precoce por doenças cardiovasculares diminuía significativamente entre estas últimas.

Em outro estudo, Rallidis et al. (2003) analisaram a suplementação da dieta de pacientes dislipidêmicos (pacientes com níveis elevados de lipídios no sangue) com óleo de linhaça e girassol durante três meses e, foi possível observar um efeito anti-inflamatório responsável pela prevenção primária e secundária de doenças arteriais coronarianas.

Há também pesquisas epidemiológicas e experimentais que indicam que os tipos de gorduras consumidas, bem como as quantidades ingeridas, podem influenciar no desenvolvimento e progressão de vários tipos de câncer como mama, próstata e cólon (ROSE, 1997). Em um estudo desenvolvido por Fritsche e Johnston (1990) ratos foram alimentados com dietas contendo 10% de óleo de milho, óleo de linhaça ou uma mistura de óleo de peixe e de milho por 3 a 8 semanas antes de receberem injeções subcutâneas com células de tumores mamários. Os resultados demonstraram que, embora o óleo de peixe tenha produzido uma diminuição no crescimento do tumor e na metástase, a dieta com óleo de linhaça foi mais eficaz nestes efeitos inibitórios.

Além disso, os ácidos graxos ω -3, em especial o DHA, é extremamente importante para as funções do sistema nervoso central. Em revisão realizada por Haag (2003) são relatadas evidências crescentes de que o equilíbrio correto entre ω -3 e ácidos graxos ω -6 nas membranas celulares do cérebro é importante para a saúde mental. Este trabalho analisou alguns evidências clínicas de que doses mais elevadas de ácidos graxos ω -3 (2 a 4 g por dia) podem melhorar os sintomas de problemas psiquiátricos diversos.

3.2.2 O óleo de linhaça como fonte de PUFA ω -3

A linhaça é uma semente oleaginosa originada do linho (*Linum usitatissimum*), planta herbácea pertencente à família das Lináceas, com flores azuis que produz pequenas sementes chatas que variam da cor dourada ao marrom e podem ser comumente encontradas na forma de sementes inteiras, moídas (pó ou farinha) além do óleo (BLOEDON e SZAPARY, 2004). Evidências do seu cultivo como fonte de alimentos na Europa e na Ásia datam de 5000 a 8000 anos antes de Cristo, além da utilização de suas fibras para produção de tecidos (CARTER, 1993). Já o óleo de linhaça tem seu uso tradicionalmente relacionado a aplicações industriais como tintas e vernizes devido suas propriedades de rápida oxidação (DAUN et al., 2003).

A linhaça é cultivada em mais de 47 países diferentes e sua produção mundial tem sido em média de 2,5 milhões de toneladas nos últimos cinco anos, o que representa menos de 1% do total da produção de oleaginosas. O Canadá é o maior produtor, representando cerca de um terço da produção mundial e a maioria do comércio de exportação, seguido por China e Estados Unidos, juntos, estes três países correspondem a aproximadamente 64% do total desta produção (SMITH e JIMMERSON, 2005; DAUN et al., 2003). Em 2009, o Canadá produziu 0,93 milhões de toneladas de sementes de linhaça em uma área com cerca de 692 mil hectares (STATISTICS CANADA, 2010).

Os principais componentes da semente de linhaça, expressa em base seca, são proteínas (21%), fibra alimentar (28%), e gordura (41%). O perfil de aminoácidos da linhaça assemelha-se ao da soja e a fração de fibra alimentar inclui tanto as fibras solúveis como as insolúveis (MORRIS, 2001). Esta semente é particularmente rica em potássio, fornecendo cerca de sete vezes mais que a banana (MORRIS, 2007).

Na atual sociedade ocidental, o uso da linhaça na dieta humana está crescendo por causa de seus benefícios de saúde relatados. Prova disto, é que

em 2005, cerca de 200 novos alimentos e produtos para cuidados pessoais contendo ingredientes com linhaça foram introduzidos nos Estados Unidos (MORRIS, 2007), o que sugere um grande potencial de crescimento na indústria de alimentos funcionais.

A linhaça tem ocupado papel de destaque como alimento funcional devido ao seu perfil único de nutrientes já que é uma das principais fontes de ácidos graxos ω -3 e compostos fenólicos, conhecidos como lignanas (OOMAH, 2001). Diversos estudos têm sido relatados, evidenciando a capacidade da linhaça em diminuir o risco de desenvolvimento de doenças cardiovasculares e alguns tipos de câncer proporcionando ao organismo desta forma, muitos benefícios para a saúde (FRITSCHÉ e JOHNSTON, 1990; RALLIDIS et al., 2003). Entre os óleos vegetais, o de linhaça tem uma das maiores concentrações de ácidos graxos ω -3, especificamente de ácidos α -linolênico, com valores entre 50-60%, conforme demonstra a Tabela 1. O segundo e o terceiro ácidos graxo dominantes no óleo de linhaça são o ácido oléico e o ácido linoléico, com 11 a 29% e 9 a 21%, respectivamente (VELASCO e GOFFMAN, 2000). Tanto o teor de óleo encontrado como a composição de ácidos graxos da linhaça dependem de fatores como as condições ambientais e de cultivo além da localização. Os lipídios da linhaça consistem de mais de 90% de triacilgliceróis, sendo o percentual restante pertencente aos ácidos graxos livres, fosfolipídios, esteróis e ésteres de esteróis (DAUN et al., 2003).

Tabela 1: Composição de ácidos graxos de diferentes tipos de óleos e gorduras.

Tipo de fonte	Composição percentual de ácidos graxos (%)			
	Saturados	Monoinsaturados	Polinsaturados	
			Ácido linoléico (ω -6)	Ácido linolênico (ω -3)
Óleo de Linhaça	9	18	16	57
Óleo de Canola	7	61	21	11
Óleo de Girassol	12	16	71	1
Óleo de Milho	13	29	57	1
Azeite de Oliva	15	75	9	1
Óleo de Soja	15	23	54	8
Óleo de Amendoim	19	48	33	---
Gordura Suína	43	47	9	1
Gordura Bovina	48	49	2	1
Óleo de Palma	51	39	10	---
Manteiga	68	28	3	1

Fonte: Adaptado de Morris (2007).

A qualidade do óleo de linhaça depende de fatores que vão além das condições climáticas e de cultivo, pois dependem também do procedimento de extração, que, para este óleo deve ser realizado a frio a fim de se preservar todos os componentes importantes do mesmo. O processo de extração a frio é um dos mais reconhecidos pelos consumidores preocupados com a saúde, já que se trata de um extração sob condições mais brandas que preservam as características do produto. Sistemas de prensas contínuas são utilizadas para a extração mecânica do óleo (OOMAH, 2003).

3.3 Reformulação lipídica de produtos cárneos

Produtos cárneos e carnes são geralmente reconhecidos como importantes fontes de proteínas de alto valor biológico, vitaminas do complexo B, minerais e outros compostos bioativos, desempenhando um papel nutricional

significativo. No entanto, frequentemente uma imagem negativa é atribuída aos produtos cárneos, devido ao fato destes serem fontes de gordura, como ácidos graxos saturados, além de colesterol, sódio e outras substâncias que, em quantidades inadequadas podem produzir efeitos fisiológicos negativos (COFRADES et al., 2008). Vários pesquisadores têm trabalhado para otimizar a composição dos produtos cárneos a fim de se alcançar uma composição que seja mais adequada às recomendações nutricionais atuais.

Exemplo deste fato é o crescente número de estudos nos últimos anos que reportam a modificação do perfil de ácidos graxos em produtos cárneos (HUR et al., 2008; JIMÉNEZ-COLMENERO, 2007; HOZ et al., 2004; ANSORENA e ASTIASARÁN, 2004), já que as quantidades de gordura saturada tradicionalmente presentes nestes produtos contribui para a associação com doenças especialmente comuns na vida moderna, como doenças coronárias e vários tipos de câncer (WOOD et al., 2003). A suplementação de dietas com ácidos graxos polinsaturados (PUFAs) ω -3 tem demonstrado efeitos benéficos na saúde humana, como efeitos cardioprotetivos, devido às suas propriedades (HARRIS et al., 2008), além da proteção contra alguns tipos de câncer como cólon e próstata (ROSE e CONOLLY, 1999).

Porém, de acordo com Simopoulos (2004) características marcantes da dieta ocidental são: a deficiência em ácidos graxos ω -3 e as quantidades excessivas de PUFAs ω -6, o que eleva a proporção entre ω -6/ ω -3 para a faixa de 15 a 20, o que difere bastante do recomendado, ou seja, na faixa de 1 a 4. Por esta razão, uma suplementação de produtos alimentícios com PUFAs ω -3, especialmente os PUFAs de cadeia longa como o ácido eicopentaenóico (EPA) e docosahexaenóico (DHA) tem sido sugerida como uma forma de substituir e/ou compensar principalmente os ácidos graxos saturados nos alimentos (JIMÉNEZ-COLMENERO, 2007).

Alterações nos perfis de ácidos graxos da carne e produtos cárneos podem ser obtidas através da alimentação de animais com dietas ricas em

PUFAs, como a suplementação de rações com óleo de peixe e óleo de linhaça (RAES et al., 2004; LU et al., 2008) ou, pela incorporação destes óleos como ingredientes no processamento dos produtos cárneos (ANSORENA e ASTIASÁRAN, 2004).

Inúmeros óleos vegetais têm sido pesquisados, onde cada tipo de óleo irá afetar o perfil de ácidos graxos do produto cárneo reformulado de uma forma diferente dependendo do que for utilizado. Os óleos vegetais são ricas fontes de MUFAs e PUFAs e são livres de colesterol (JIMÉNEZ-COLMENERO, 2007). Vários trabalhos reportam a utilização de azeite de oliva (MUGUERZA et al., 2002; LURUEÑA-MARTÍNEZ et al., 2004), além do óleo de canola (PELSER et al., 2007), óleo de linhaça (CIRIANO et al., 2010), óleo de palma (TAN et al., 2006), óleo de girassol (FORELL et al., 2010), dentre outros.

A substituição da gordura animal por óleos vegetais tem sido realizada pelos pesquisadores de várias formas, já que estes novos ingredientes possuem características físico-químicas diferentes, demonstrando a necessidade de ajustes no processamento para que se atinjam os atributos de qualidade desejáveis nos produtos reformulados. Os procedimentos utilizados para incorporar estas novas fontes lipídicas variam da adição direta de óleo na forma líquida ou sólida (óleos interesterificados) até a incorporação de óleos encapsulados ou pré-emulsionados com proteínas não-cárneas. Porém, o uso de cada uma destas tecnologias irá depender do tipo de produto que será reformulado (JIMÉNEZ-COLMENERO, 2007).

Pelser et al (2007) avaliaram várias tecnologias diferentes para incorporação de óleos vegetais em embutidos fermentados. O óleo de linhaça utilizado para substituir a gordura foi pré-emulsionado com caseinato de sódio e proteína isolada de soja, já para o óleo de canola apenas a proteína isolada de soja foi utilizada para se fazer a pré-emulsão. Além disso, foram utilizados óleo de linhaça e peixe encapsulados. A razão entre PUFAs/SFAs aumentou de 0,30 na formulação controle para 0,42 a 0,48 para embutidos com óleo de canola e para

0,49 a 0,71 para os que possuíam óleo de linhaça em sua formulação. A adição de óleo de canola e linhaça encapsulada resultou em uma vida útil semelhante ao controle em termos de oxidação lipídica.

A adição de óleos vegetais na forma líquida também tem sido reportados por vários autores. Ferreira et al (2003) adicionou óleo de girassol diretamente no *batter* cárneo de salsicha viena ao final do processo de cominuição, assim como Lurueña-Martínez et al (2004), que utilizaram azeite de oliva em salsichas frankfurters. Yossef e Barbut (2009) também utilizaram óleo de canola líquido em seus *batters* cárneos avaliados. Porém, Bloukas et al (1997) reportaram que a incorporação de azeite de oliva em embutidos fermentados resultaram em produtos com uma aparência insatisfatória e textura muito macia.

Ozvural e Vural (2008) avaliaram salsichas tipo frankfurters com substituição da gordura animal em vários níveis por óleos interesterificados (óleo de palma, estearina de palma, algodão e óleo de avelã) e *blends* destes óleos. A adição dos óleos interesterificados e seus *blends* afetaram o teor de umidade, gordura e pH, assim como aumentou os valores de L* das amostras. A razão entre PUFAs/SFAs também aumentou. Além disso, estes produtos tiveram boa aceitação sensorial.

Em outro estudo, Jiménez-Colmenero et al. (2010) avaliaram os efeitos da substituição da gordura por azeite de oliva pré-emulsionado com vários sistemas protéicos em salsichas tipo frankfurters. As pré-emulsões foram estabilizadas com caseinato de sódio, proteína isolada de soja, proteína cárnea e transglutaminase e apresentaram excelentes propriedades de ligação de água e gordura, assim como os produtos finais. Além disso, as salsichas apresentaram estruturas fortes, demonstradas pelas análises realizadas e aceitação sensorial comparável a formulação controle.

Yilmaz et al (2002) estudaram o efeito da substituição da gordura animal por sete formulações diferentes em salsichas, dentre elas, uma com óleo de girassol. A salsicha produzida com óleo de girassol obteve resultados positivos

em relação ao conteúdo de ácidos graxos insaturados e em relação às características sensoriais. Cáceres et al. (2008) incorporaram óleo de peixe pré-emulsionado com caseinato de sódio em mortadelas obtendo também boa aceitação sensorial e um aumento nos níveis de PUFA ω -3 nos produtos.

Além das tecnologias citadas acima para a incorporação de óleos vegetais em produtos cárneos reformulados, outros ingredientes não-cárneos podem ser acrescentados nas formulações para auxiliar na melhoria das propriedades físico-químicas dos produtos. Como exemplo disto, pode-se citar o trabalho desenvolvido por Choi et al. (2009) cujos efeitos de cinco óleos vegetais (azeite de oliva, milho, canola, soja e semente de uva) pré-emulsionados e fibras de arroz foram avaliados na composição e propriedades reológicas de *batters* cárneos e menores perdas no cozimento e melhor estabilidade de emulsão foram obtidas.

3.4 Oxidação lipídica em produtos cárneos

A oxidação lipídica é um dos mais importantes mecanismos pelo qual ocorre perda de qualidade da carne e seus produtos, depois da deterioração microbiana. É um fator determinante na vida útil do produto cárneo à medida que gera alterações indesejáveis principalmente do ponto de vista sensorial, como no sabor, odor e na cor. Em carnes cozidas e estocadas estas reações causam *off-flavors*, como o sabor de requentado, denominado, de acordo com o termo em inglês, de *Warmed over flavour* (WOF) (GRAY et al., 1996). Além disso, provoca a degradação de vitaminas lipossolúveis e de ácidos graxos essenciais, assim como interfere na integridade e segurança do alimento, por meio da formação de compostos tóxicos, como o malonaldeído e óxidos de colesterol (AGUIRREZÁBAL et al., 2000).

Os produtos cárneos, devido à sua composição química (umidade, proteínas, gorduras e outros nutrientes) são produtos bastante susceptíveis a alterações de ordem físico-química e microbiológica. Dentre estas alterações, a

oxidação lipídica e a oxidação da cor são difíceis de serem controladas, principalmente devido a sua complexidade e variabilidade (SHIMOKOMAKI et al., 2006). Além disso, a reformulação lipídica de produtos cárneos contribui para o aumento dos processos oxidativos em decorrência da grande susceptibilidade dos PUFAs à oxidação.

Desta forma, as reações de oxidação lipídica estão relacionadas principalmente aos ácidos graxos insaturados, constituintes fundamentais da estrutura e responsáveis pela garantia da integridade funcional das membranas biológicas. Os fatores que influenciam na oxidação das matérias graxas são a quantidade e a disponibilidade de oxigênio presente, fatores ambientais (umidade, temperatura, luz), o grau de insaturação dos ácidos graxos, a presença de metais, enzimas, pigmentos, ativadores e substâncias pró-oxidantes em geral. No entanto, é difícil avaliar o efeito de um fator específico no processo de oxidação visto que estes fatores agem simultaneamente (ARAÚJO, 2004, GRAY et al., 1996).

A oxidação de lipídios insaturados depende da ativação do oxigênio ($X\cdot$) através de três diferentes mecanismos. O primeiro, que ocorre mesmo sem a presença de luz, é conhecido como auto-oxidação onde ocorre a formação de radicais livres intermediários (radicais de hidroperóxidos $ROO\cdot$). O segundo mecanismo é realizado pelas lipoxigenases que são enzimas que catalisam a liberação de íons ferro não hemínicos através da desoxigenação de ácidos graxos insaturados e estão amplamente dispersas no reino animal e vegetal. A terceira forma é a foto-oxidação que ocorre na presença de luz, os ácidos graxos insaturados podem formar hidroperóxidos pela reação com um oxigênio singlete, que é originado pela oxidação de moléculas fotossensíveis (RAHARJO e SOFOS, 1993; MORRISSEY et al., 1998).

O processo de auto-oxidação clássico nos alimentos ocorre segundo um mecanismo de reação em cadeia de radicais livres e divide-se em três fases: iniciação, propagação e terminação, conforme demonstrado na Figura 4. Na fase de iniciação, o ácido graxo insaturado forma um radical livre, através da abstração

de um átomo de hidrogênio de sua molécula, que reage rapidamente com o oxigênio tripleto ($^3\text{O}_2$) formando um radical peróxido. A fase de propagação envolve a continuação e a aceleração desta reação em cadeia. A terminação é o estágio onde os radicais livres começam a reagir entre si formando espécies não-radicaais estáveis. A oxidação pode ocorrer também na presença de oxigênio singleto ($^1\text{O}_2$), onde o ácido graxo insaturado irá formar um hidroperóxido pela introdução direta de $^1\text{O}_2$ em um dos carbonos da ligação dupla do ácido graxo (RAHARJO e SOFOS, 1993).



Figura 4: Fases do mecanismo de auto-oxidação. Fonte: Raharjo e Sofos, 1993.

Os radicais livres são moléculas que contêm um elétron não pareado, são espécies instáveis e reagem com diversos compostos. Os radicais livres de importância biológica inclui óxido nítrico, dióxigênio, superóxido e radicais hidroperóxido dos lipídeos e sua principal função deletéria em alimentos é promover a oxidação de ácidos graxos e colesterol (MORRISSEY et al., 1998).

Dentre os produtos secundários da deterioração oxidativa dos ácidos graxos, destacam-se os aldeídos (aldeído malônico, 4-hidroxinonenal e acroleína)

e óxidos de colesterol, onde existem indícios de que haja associação com efeitos mutagênicos, cancerígenos e propriedades citotóxicas no organismo (JIMÉNEZ-COLMENERO et al., 2001; MADHUJITH e SHAHIDI, 2005)

Os hidroperóxidos formados durante o processo de oxidação lipídica são essencialmente inodoros, contudo, eles se decompõem em uma grande variedade de compostos secundários voláteis e não voláteis. Dentre estes, os aldeídos são os que mais contribuem para perda do aroma natural das carnes devido à alta velocidade de formação durante o processo de oxidação lipídica (GRAY et al., 1996).

A susceptibilidade dos produtos cárneos às reações oxidativas é consequência de seu alto teor de catalisadores (ferro, mioglobina) e da natureza e composição dos seus lipídios além de fatores relacionados ao animal, tais como a espécie, sexo, idade e dieta (KIM et al, 2002).

De acordo com Araújo (2004) durante certas operações de processamento da carne, a deterioração oxidativa é acelerada pela ruptura das membranas celulares do músculo. As operações de processamento que promovem a ruptura do equilíbrio oxidativo incluem:

- 1) Redução do tamanho das partículas, ocasionando além da mistura de catalisadores da oxidação com a fração lipídica, a incorporação do oxigênio. A desintegração da carne libera ácidos graxos insaturados dos fosfolipídeos (membrana) e íons Fe^{++} da mioglobina.

- 2) Cozimento, que além de promover o rompimento da organização celular dos tecidos, provoca a desnaturação de proteínas, resultando na perda da atividade das enzimas antioxidantes, e a liberação de ferro anteriormente ligado às proteínas.

- 3) Adição de sal, considerado um pró-oxidante, que aumenta a atividade catalítica do ferro e reduz a atividade das enzimas antioxidantes.

Portanto, a estabilidade oxidativa dos alimentos é dependente da composição e concentração do substrato e a presença de pró-oxidantes. A remoção do oxigênio, inativação de enzimas, proteção contra luz e íons metálicos são importantes para evitar ou minimizar a oxidação lipídica (KRING e BERGER, 2001). Assim, diante da complexidade dos mecanismos de oxidação lipídica e sua importância na qualidade da carne e produtos cárneos, inúmeras pesquisas e estudos buscam desenvolver meios que aumentem a vida útil destes produtos sendo que uma das alternativas mais comuns é a utilização de antioxidantes.

3.5 Importância dos antioxidantes em produtos cárneos

O termo antioxidante pode ser definido como qualquer substância que, quando presente em baixas concentrações, comparada com outros em substratos oxidáveis, retarda ou previne significativamente a oxidação deste substrato (HALLIWELL, 1995). Os principais antioxidantes lipossolúveis atualmente utilizados em alimentos são os fenóis polihídricos e monohídricos. O mecanismo de ação dos antioxidantes está bem elucidado, ou seja, uma substância é eficiente na redução das reações de auto-oxidação se inibir a formação de radicais livres na iniciação (antioxidante primário) na cadeia de oxidação ou se interromper a propagação (antioxidante secundário) da cadeia de radicais livres (FENNEMA, 1993).

De um modo geral, um antioxidante pode ter ação nas membranas das células e/ou alimentos através dos seguintes mecanismos: sequestrar radicais livres, inibindo o início do processo de oxidação; inativar íons metálicos; remover espécies reativas ao oxigênio; sequestrar oxigênio singlete; destruir peróxidos e prevenir a formação de radicais; e remover e/ou diminuir a concentração do oxigênio local (ARAÚJO, 2004).

Embora a inibição completa da oxidação lipídica até agora não tenha sido obtida, o uso de antioxidantes tem conseguido retardar esse processo por

períodos longos, de modo a permitir o consumo dos lipídios ou dos alimentos que os contêm, mesmo após seu armazenamento por muitos meses (BOBBIO e BOBBIO, 2001).

A principal justificativa para o uso de antioxidantes é estender a vida útil de produtos alimentícios e reduzir perdas através da inibição e retardamento do processo de oxidação e conseqüentemente aumento da estabilidade de cor e integridade do produto (DECKER, 1998).

Na seleção de antioxidantes, são desejáveis as seguintes propriedades: eficácia em baixas concentrações; ausência de efeitos indesejáveis na cor, odor e sabor e fácil aplicação; estabilidade nas condições de processo e armazenamento e o composto e seus produtos de oxidação não podem ser tóxicos, mesmo em doses muito maiores das que normalmente seriam ingeridas no alimento, além destes fatores, outros devem ser considerados, incluindo legislação, custo e a preferência do consumidor por produtos naturais (RAMALHO e JORGE, 2006).

Os antioxidantes sintéticos são bastante utilizados nas indústrias de alimentos devido ao baixo custo, alta estabilidade e eficácia. Os principais antioxidantes sintéticos são: butilhidroxi-anisol (BHA), butil-hidroxi-tolueno (BHT), tercio-butil-hidroxiquinona (TBHQ), e propilgalato (PG). Entretanto, estudos toxicológicos com animais têm demonstrado a possibilidade de antioxidantes sintéticos apresentarem efeito carcinogênico (BOTTERWECK et al., 2000).

Dentre os antioxidantes mais utilizados em produtos cárneos, estão o eritorbato e ascorbato de sódio, nitrito de sódio, essencial também como conservante e polifosfatos. Por serem compostos sintéticos e devido à toxicidade apresentada, diversos estudos têm focado na substituição destes por extratos vegetais naturais. Dentre os extratos vegetais que apresentam atividade antioxidante pode-se citar o extrato de alecrim, já amplamente estudado, além de ervas e especiarias da mesma família do alecrim, como manjerona e orégano (BRASIL, 1998; GEORGANTELIS et al., 2007; EL-ALIM et al., 1999).

3.6 Ervas e especiarias como antioxidantes naturais

Ervas e especiarias são compostos comuns em alimentos utilizados como flavorizantes, temperos, agentes de cor e, por vezes, como conservantes em todo o mundo durante milhares de anos, especialmente na Índia, China e muitos outros países do sudeste asiático (SRINIVASAN, 2005). Geralmente, as folhas de uma planta utilizadas na culinária podem ser denominadas como ervas aromáticas, bem como qualquer outra parte da planta geralmente seca, como uma especiaria. As especiarias podem ser os brotos (cravo), casca (canela), raízes (gengibre), frutos (grãos de pimenta), sementes aromáticas (cominho), e mesmo o estigma de uma flor (açafraão). Muitas vezes, um mesmo produto pode ser classificado como erva e especiaria dependendo da parte da planta a que se refere. Um exemplo comum é o coentro, onde as folhas são consideradas ervas, e as sementes secas como uma especiaria (HEMPHILL e COBIAC, 2006).

As ervas e especiarias são pertencentes a grandes famílias botânicas, tais como Lamiaceae, também chamadas *Labiatae*, (por exemplo, alecrim, orégano e sálvia), *Lauraceae* (por exemplo, canela), *Peperaceae* (por exemplo, pimenta preta), *Myrtaceae* (por exemplo, cravo), *Umbelliferae* (por exemplo, cominho), etc. A maioria das plantas aromáticas está distribuída em áreas tropicais e temperadas (TAINTER e GRENIS, 2001).

Ervas aromáticas e especiarias caracterizam-se por apresentarem altos teores de compostos fenólicos tais como ácidos fenólicos, flavonóides e compostos aromáticos. Vários estudos têm demonstrado que estes extratos vegetais apresentam uma ampla gama de efeitos biológicos, incluindo propriedades antioxidantes e antibacterianas. A utilização de tais especiarias e ervas podem prolongar a vida útil de carnes e produtos derivados, fornecendo barreiras adicionais contra o crescimento de patógenos, agindo como antioxidantes e estabilizantes de cor, enquanto acrescentam sabores

característicos para a carne e produtos cárneos (SHAN et al., 2009; SHAN et al., 2005).

A atividade antioxidante destas especiarias é atribuída principalmente à presença de compostos fenólicos. Compostos fenólicos englobam moléculas simples até outras com alto grau de polimerização e sua capacidade antioxidante deve-se principalmente às suas propriedades redutoras e estrutura química. Antioxidantes fenólicos atuam como seqüestradores ou redutores de radicais livres e algumas vezes com quelantes de metais agindo tanto na etapa de iniciação como na propagação do processo oxidativo (SHAHIDI et al., 1992).

Somando-se a isto, estudos têm demonstrado que polifenóis naturais possuem efeitos significativos na redução do câncer, e evidências epidemiológicas demonstram correlação inversa entre doenças cardiovasculares e consumo de alimentos fonte de substâncias fenólicas, possivelmente por suas propriedades antioxidantes (KARAKAYA, 2004; YOUNG e WOODSIDE, 2001). À medida que novas evidências científicas revelem o papel dos antioxidantes em muitas doenças degenerativas associadas ao envelhecimento, ervas e especiarias poderão ocupar um lugar ainda mais destacado como uma importante fonte de antioxidantes na dieta (FAZIO e INGE, 2006).

Nas últimas décadas, muitas substâncias fenólicas foram isoladas a partir de várias especiarias, incluindo os ácidos fenólicos (por exemplo, ácido gálico, ácido cafeico, etc), flavonóides (por exemplo, quercetina, rutina, miricetina e luteolina), diterpenos fenólicos e óleos voláteis (EXARCHOU et al., 2002; ZHENG e WANG, 2001).

As especiarias são investigadas por suas propriedades antioxidantes há pelo menos 50 anos. Em 1952, várias espécies já estavam sendo estudadas e 32 foram efetivas para retardar a oxidação da banha de porco (SRINIVASAN, 2005). Muitas pesquisas indicam que o alecrim, sálvia, orégano, e tomilho, todos da família *Lamiaceae*, demonstram elevada atividade antioxidante (ZHENG e WANG, 2001; EL-ALIM et al., 1999).

Hernández-Hernández et al. (2009) estudaram a concentração de carnosol, ácidos rosmarinico e carnosinico em alecrim (*Rosmarinus officinalis L.*) e folhas de orégano (*Origanum vulgare L.*), e seu efeito sobre a oxidação e cor em um sistema modelo de emulsão cárnea suína. Os extratos de alecrim apresentaram maior atividade antioxidante dentre os compostos avaliados. Além disso, extratos etanólicos de orégano foram eficientes para impedir a descoloração.

Hambúrgueres de frango cru e após cocção, avaliados por El- Alim e colaboradores (1999), pré-tratados com cloreto de sódio e com adição de extrato etanólico de tomilho, sálvia, manjericão e gengibre, apresentaram teores significativamente menores de peróxidos e TBARS em relação a um controle sem adições de antioxidantes, tanto durante a estocagem refrigerada, quanto durante a estocagem congelada.

Dwivedi et al. (2006) investigaram as características sensoriais e propriedades antioxidantes da canela, cravo, erva-doce, pimenta e anis estrelado em bolo de carne, onde o menor nível eficaz para a atividade antioxidante do cravo foi de 0,1% e 0,5% para as outras especiarias. Além disso, os autores concluíram que todas as misturas de especiarias reduziram o sabor e odor de ranço e aumentaram o *flavor* do bolo de carne.

Valência et al. (2008) dentre outros aspectos, avaliaram a estabilidade oxidativa e o perfil de ácidos graxos de embutidos de carne suína adicionados de óleo de linhaça, óleo de peixe e antioxidantes naturais. Um percentual de 15% de gordura suína foi substituído por óleo de linhaça e óleo de peixe, além disso, foram adicionados 200 mg/Kg de catequinas de chá verde e café. Houve um aumento nos teores de ácidos graxos polinsaturados e uma melhora na estabilidade oxidativa dos produtos avaliados.

Apesar das inúmeras pesquisas citadas que avaliam a atividade antioxidante de ervas e especiarias em produtos cárneos, há na literatura uma deficiência quanto à análise deste potencial antioxidante em produtos com perfil

lipídico modificado. A partir das necessidades de reformulação de produtos cárneos com apelos para saúde e segurança, destaca-se a grande importância de se aliar esta tendência de enriquecimento de produtos com ácidos graxos essenciais ao poder de estabilidade oxidativa que as ervas e especiarias podem proporcionar.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Etapas do estudo

O presente estudo foi realizado em três etapas descritas a seguir:

Etapa 1: Avaliação de diferentes níveis de substituição de gordura por óleo de linhaça em produto cárneo emulsionado cozido

A primeira etapa consistiu em avaliar diferentes níveis de substituição da gordura suína pelo óleo de linhaça em um produto cárneo emulsionado tipo mortadela, levando-se em consideração as características físico-químicas e sensoriais dos produtos utilizando como ferramenta um delineamento fatorial completo. O objetivo dessa etapa foi selecionar os melhores níveis de adição de óleo de linhaça para as próximas etapas.

Etapa 2: Seleção de ervas e especiarias com propriedades antioxidantes

Na segunda etapa, já com o nível de substituição da gordura por óleo de linhaça definido na etapa 1, foi realizado um teste de oxidação acelerada para avaliação das propriedades antioxidantes de diferentes ervas e especiarias. Esse estudo consistiu na exposição dos produtos durante 5 dias em câmara de refrigeração (7°C) com iluminação fria constante, onde bandejas com as mortadelas fatiadas de diferentes formulações cobertas com plástico permeável ao oxigênio foram expostas. Amostras foram coletadas a cada 24 horas para posterior análise de TBARS (substâncias reativas ao ácido Tiobarbitúrico)

Etapa 3: Avaliação sensorial e físico-química da mortadela com ervas e óleo de linhaça durante sua vida útil

Na terceira etapa foram elaboradas formulações com blends de ervas e especiarias com melhor desempenho antioxidante na segunda etapa. Assim, a vida útil das mortadelas foi avaliada através de análises físico-químicas e sensorial.

4.2 Matérias-primas e aditivos

- Foram utilizadas como matérias-primas a paleta suína, o dianteiro e o patinho bovino, ambos congelados, obtidos de fornecedores do comércio local de Campinas, SP, onde aspectos de qualidade e segurança foram observados, além da data de produção, que deveria ser recente, próxima à data de processamento
- O óleo de linhaça (extraído a frio) foi cedido pela empresa Vital Âtman, Uchoa, São Paulo.
- O caseinato de sódio foi doado pela Global Foods, São Paulo, Brasil. Os aditivos descritos na formulação (Tabela 3 e 4) foram fornecidos pela ISP Germinal, São Paulo e o extensor, amido (fécula de mandioca) pela Corn Products Brasil, Mogi Guaçu, SP.
- Alho e cebola em pó foram fornecidos pela Ibrac Aditivos e Condimentos, Rio Claro, SP.
- Tripas plásticas impermeáveis de material polimérico com 70-75 mm de diâmetro, cedidas pela Spel Embalagens, São Paulo.
- As ervas e especiarias utilizadas na etapa 2 foram: alecrim, coentro, manjerona, orégano, pimenta jamaica, pimenta branca, salsa, sálvia e tomilho doadas pela FUCHS GEWÜRZE DO BRASIL , Itupeva, SP.

4.3 Equipamentos utilizados no processamento e nas análises físico-químicas

- Para elaboração das mortadelas foram utilizados os seguintes equipamentos: balança analítica Mettler Toledo, AB204, Suíça; ultra turrax IKA T25 digital; moedor C.A.F, 225TB, Rio Claro,SP; cutter, modelo linha Sire, São Paulo (etapa 2); cutter, MADO, MTK 661, Alemanha (etapa 3); embutideira Mainca, modelo EC-12, Espanha; tanque de cozimento em aço inox, Brusinox, Brusque, SC; grampeadeira Clipack, SCD6012, Taboão da Serra, SP; máquina de vácuo, Selovac, Mod CV60, São Paulo; câmara fria, alvenaria (1,5m x 3,0m) com dois circuladores de ar McQuay, construída por Instala Frio, Pinhais, PR.
- Para determinação do perfil de ácidos graxos foi utilizado um Cromatógrafo gasoso capilar Agilent 6850 Series GC System. Na determinação da estabilidade de emulsão e TBARS, foi utilizada a centrífuga Excelsa II, modelo 206 BL, Fanem, São Paulo, SP. As medições de cor foram feitas com o espectrofotômetro Colorquest II Hunterlab (Hunter Associates Laboratory, Reston, VA, EUA) e a análise do perfil de textura foi realizada com o analisador de textura TA-xT2i (Texture Technologies Corp., Scarsdale, NY).

4.4 Avaliação de diferentes níveis de substituição de gordura por óleo de linhaça em produto cárneo emulsionado cozido

4.4.1 Caracterização das matérias-primas da mortadela

Amostras representativas das carnes foram retiradas de forma aleatória de três partes diferentes das embalagens com cerca de 4 a 5 kg cada uma. As matérias-primas foram moídas em disco de 3,5 mm e congeladas para posterior análise de composição centesimal (proteínas, umidade, lipídios e cinzas).

4.4.2 Caracterização do óleo de linhaça utilizado

A composição de ácidos graxos (%m/m) do óleo foi determinada por cromatografia gasosa (item 4.7).

4.4.3 Delineamento experimental

Nesta etapa, os efeitos da gordura suína e do óleo de linhaça nos parâmetros de avaliação da cor objetiva, análise instrumental de textura, estabilidade de emulsão e propriedades sensoriais da mortadela foram investigados através da metodologia de superfície de resposta em um delineamento fatorial completo. Os níveis do delineamento experimental das duas variáveis independentes como valores codificados e reais são apresentados na Tabela 2. Estes níveis foram definidos através da realização de testes preliminares e também fundamentados no que tem sido relatado na literatura científica.

Tabela 2: Valores utilizados em cada nível do planejamento fatorial completo

Variáveis	Símbolo	Níveis das variáveis codificadas				
		- α (-1,41)	-1	0	1	+ α (1,41)
Gordura (%)	x1	5	7,18	12,5	17,82	20
Óleo de linhaça (%)	x2	2,5	3,95	7,5	11,05	12,5

O delineamento composto central rotacional resultou em 11 ensaios, incluindo 4 pontos fatoriais, 4 axiais e 3 repetições no ponto central. Paralelamente, aos ensaios realizados do planejamento, foram produzidas mortadelas com a formulação padrão, sem adição de óleo de linhaça, com 20% de gordura suína, para que fosse possível uma comparação de suas propriedades, totalizando desta maneira, 12 tratamentos. As formulações destes tratamentos são descritas na Tabela 3. Os seguintes ingredientes também foram adicionados em percentual (%) em cada um dos tratamentos: cloreto de sódio, 2%; nitrito de sódio, 0,015%; eritorbato de sódio, 0,05%; tripolifosfato de sódio, 0,2%; glutamato monossódico, 0,085%; cebola em pó, 0,085%; alho em pó, 0,085%; corante carmin de colchonilha, 1%; caseinato de sódio, 2%; e amido (fécula de mandioca), 3,38%.

As variáveis respostas foram: os parâmetros L*, C* e h em relação à avaliação da cor objetiva; firmeza, elasticidade, coesividade e mastigabilidade em relação à avaliação instrumental da textura; avaliação global, cor, aroma, sabor e textura em relação à aceitação dos produtos e liberação de líquido e gordura em relação ao teste de estabilidade de emulsão. As variáveis respostas foram correlacionadas com as independentes, de acordo com o seguinte modelo matemático (Eq. 1):

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_{12} x_1 x_2 + \beta_{11} x_1^2 + \beta_{22} x_2^2 \quad (1)$$

Os coeficientes de regressão são representados por β_n , y é a variável dependente e x1 e x2 são as variáveis independentes. A análise dos dados obtidos no delineamento e ANOVA foi realizada com o auxílio do software

Statistica 7 (Statsoft, USA, 2004). Além disso, todos os resultados das análises foram submetidos ao Teste de Tukey utilizando o programa estatístico SAS (Statistical Analysis System, USA, 1999).

Tabela 3: Formulações dos tratamentos do delineamento fatorial completo.

Ingredientes	Tratamentos (%)									
	1	2	3	4	5,6,7	8	9	10	11	Padrão
Dianteiro bovino	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0
Paleta suína	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0
Gordura	7,18	17,82	7,18	17,82	12,5	5,0	20,0	12,5	12,5	20,0
Óleo de linhaça	3,95	3,95	11,05	11,05	7,5	7,5	7,5	2,5	12,5	-
Gelo	26,87	16,23	19,77	9,13	18,0	25,5	10,5	23	13	18

4.4.4 Processamento

O óleo de linhaça foi pré-emulsionado no dia anterior ao processamento, de acordo com o procedimento descrito por Paneras et al. (1998), onde oito partes de água morna (37°C) foram misturadas com uma parte de caseinato de sódio até que se dissolvesse, esta mistura foi emulsionada em ultra turrax com dez partes de óleo por 2 a 3 minutos, a emulsão foi estocada a 4°C até o momento da utilização. O processamento das mortadelas ocorreu na planta piloto da empresa New Max Industrial situada em Americana, São Paulo.

Inicialmente, as carnes tiveram a gordura e as aponeuroses aparentes retiradas e em seguida, as mesmas foram moídas em disco de 3,5 mm, assim como a gordura suína utilizada.

As carnes moídas, parcialmente descongeladas (0 a 2°C) foram transferidas para o cutter juntamente com o cloreto de sódio e metade do gelo

para a extração das proteínas miofibrilares; depois de aproximadamente 2 minutos de cominuição, foram acrescentados o tripolifosfato de sódio, o nitrito de sódio e os condimentos descritos na Tabela 3. Em seguida foram adicionados os outros ingredientes e aditivos, sendo que, o restante do gelo com a gordura e o óleo pré-emulsionado foi adicionado quando o *batter* atingiu 8° C. A cominuição prosseguiu até que o *batter* cárneo estivesse bem homogêneo e a temperatura máxima final atingida foi de 15° C.

Após a homogeneização, o *batter* foi embutido em envoltório impermeável com aproximadamente 500g de produto, e em seguida, as peças foram cozidas em tanque de cozimento em banho-maria. As peças de mortadela foram mantidas no banho até que o seu centro geométrico atingisse 72°C e foram resfriadas em banho de gelo por 30 minutos. As mortadelas foram armazenadas a 4°C até o momento das análises.

4.4.5 Caracterização das mortadelas e seleção do nível de substituição da gordura pelo óleo de linhaça

No dia do processamento após a etapa de cominuição, cerca de 150 g dos *batters* cárneos de cada formulação foram colocados em tubos plásticos e mantidos em temperatura de refrigeração para posterior análise de estabilidade de emulsão, que foi realizada no mesmo dia. Dois dias após a fabricação dos produtos, foram selecionadas duas peças de cada formulação para caracterização quanto à composição centesimal (proteínas, umidade, lipídios e cinzas), avaliação objetiva da cor e análise instrumental de textura. Foi realizada uma análise sensorial após 15 dias de processamento. Todas as análises realizadas estão descritas no item 4.7.

4.5 Teste de oxidação acelerada para seleção das ervas e especiarias

4.5.1 Descrição das ervas e especiarias utilizadas

Diversos estudos têm demonstrado o potencial antioxidante de ervas e especiarias *in vitro* e também aplicadas em produtos cárneos (HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ et al., 2009; EL-ALIM et al., 1999; SHAN et al., 2005). Desta forma, com base nestes estudos, além de se observar o que é geralmente utilizado nas indústrias em mortadelas, nove ervas e especiarias foram selecionadas para esta etapa:

- Alecrim, Coentro, Manjerona, Orégano, Pimenta Jamaica, Pimenta Branca, Salsa, Sálvia e Tomilho.

4.5.2 Processamento

Após o término da primeira etapa, foi selecionada uma formulação que apresentou os melhores resultados considerando como parâmetro crítico de análise, o maior teor de óleo de linhaça possível.

Foi elaborado um *batter* cárneo com esta formulação selecionada para cada erva e especiaria (alecrim, coentro, manjerona, orégano, pimenta Jamaica e branca, salsa, tomilho e sálvia) no cutter, de aproximadamente 1 Kg cada um, além do padrão sem ervas com toucinho e outro com óleo de linhaça, totalizando 11 formulações. A concentração utilizada de ervas e especiarias nesta etapa foi de 1%, já que os produtos seriam submetidos a condições extremas de um teste de oxidação acelerada, como abusos de exposição à luz e ao oxigênio.

O embutimento foi realizado em tripas plásticas impermeáveis, sendo cada embalagem preenchida com aproximadamente 500g. O cozimento foi

realizado em um tacho de cozimento respeitando os seguintes tempos e temperaturas:

-20 minutos a 50°C;

-20 minutos a 60°C;

-10 minutos a 70°C;

-20 minutos a 80°C ou até que a temperatura interna do produto atingisse 72°C.

Após o resfriamento, as mortadelas foram fatiadas e colocadas em bandejas planas de poliestireno expandido (em triplicata para cada amostra) cobertas com embalagem permeável ao oxigênio em câmara fria (7°C) e com iluminação fria constante de 3000 a 3500 LUX (Figura 5). Foram coletadas amostras durante 5 dias, a cada 24 horas e, congeladas para posterior análise de TBARS, descrita no item 4.7.



Figura 5: Bandejas com mortadela na câmara de refrigeração

4.5.3 Composição dos blends de ervas e especiarias

De acordo com os resultados obtidos do teste de oxidação acelerada foram elaboradas as composições dos *blends* que iriam constituir as formulações da 3ª etapa. Os *blends* foram formados por aquelas ervas e especiarias com

resultados de oxidação mais baixos, além de ser considerada uma combinação adequada de sabores e aromas, totalizando 5 *blends* diferentes.

Desta forma, os critérios utilizados para a formação dos *blends* foram: selecionar as ervas que mais conferiram proteção antioxidante ao produto, considerando também como critério as que são mais utilizadas nas indústrias cárneas; nos *blends* seguintes (2, 3 e 4) seriam acrescentados mais uma erva ou especiaria que teve bons resultados como antioxidante, mas seu uso não é comum em mortadelas; o último *blend* (5) constaria da combinação de todas as ervas e especiarias selecionadas.

4.6 Características físico-químicas e sensoriais da mortadela com perfil lipídico modificado e blends de ervas e especiarias durante a estocagem

4.6.1 Caracterização das matérias-primas

Idem ao item 4.4.1.

4.6.2 Processamento

O óleo de linhaça foi pré-emulsionado no dia anterior do processamento, da mesma forma que na primeira etapa, de acordo com o procedimento descrito por Paneras et al. (1998) e estocada a 4°C até o momento da utilização. As formulações referentes à 3ª etapa do estudo são apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4: Formulações de mortadelas com adição de óleo de linhaça e *blends* de ervas e especiarias

Ingredientes	Tratamentos (%)						7-Padrão c/óleo
	Blend 1	Blend 2	Blend 3	Blend 4	Blend 5	6-Padrão	
Patinho	27	27	27	27	27	27	27
Paleta suína	27	27	27	27	27	27	27
Gordura suína	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	20	7,2
Óleo de linhaça	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	0	10,8
Gelo	19,58	19,58	19,58	19,58	19,58	18,08	20,08
Amido	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3
Caseinato de Sódio	2	2	2	2	2	2	2
Corante carmin	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Alho em pó	0,085	0,085	0,085	0,085	0,085	0,085	0,085
Cebola em pó	0,085	0,085	0,085	0,085	0,085	0,085	0,085
Glutamato monossódico	0,085	0,085	0,085	0,085	0,085	0,085	0,085
Alecrim	0,125	0,1	0,1	0,1	0,071	0	0
Coentro	0,125	0,1	0,1	0,1	0,072	0	0
Pimenta branca	0,125	0,1	0,1	0,1	0,072	0	0
Pimenta Jamaica	0,125	0,1	0,1	0,1	0,072	0	0
Manjerona	0	0,1	0	0	0,071	0	0
Salvia	0	0	0,1	0	0,071	0	0
Tomilho	0	0	0	0,1	0,071	0	0
Nitrito de sódio	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
Tripolifosfato de sódio	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Sal	2	2	2	2	2	2	2
Eritorbato de sódio	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Total	100	100	100	100	100	100	100

As mortadelas foram processadas conforme descrito no item 4.4.4.

4.6.3 Avaliação físico-química e sensorial do produto realizada durante a estocagem refrigerada

As análises físico-químicas compreenderam composição centesimal, determinação de TBARS, avaliação objetiva da cor, perfil instrumental de textura, estabilidade de emulsão e perfil de ácidos graxos. Além da realização da análise sensorial. Todas as análises feitas estão descritas no item 4.7. O tempo e a frequência de cada análise ao longo do período de estocagem são citados abaixo:

- Composição centesimal básica: tempo 0;
- Perfil de ácidos graxos: tempo 0 e 60 dias;
- Estabilidade de emulsão: tempo 0;
- Avaliação objetiva da cor: tempo 0, 15, 30,45 e 60 dias;
- Perfil instrumental de textura: tempo 0, 15, 30,45 e 60 dias;
- Determinação de TBARS: tempo 0, 15, 30,45 e 60 dias;
- Análise Sensorial: tempo 15 dias.

4.7 Descrição das análises realizadas

4.7.1 Análises de composição centesimal

Foram realizadas as análises de composição centesimal em amostras representativas de cada tratamento e também das carnes utilizadas. A determinação da umidade, proteína e cinzas foi realizada de acordo com a metodologia descrita pela Association of Official Analytical Chemists (1997). O teor de lipídios foi quantificado pelo método descrito por Bligh e Dyer (1959). Todas as determinações foram realizadas em triplicata.

4.7.2 Perfil de ácidos graxos

Os lipídios totais das mortadelas foram extraídos pelo método de Bligh e Dyer (1959). A composição em ácidos graxos foi determinada por cromatografia em fase gasosa, em duplicata, segundo normas da AOCS (2004). Foi empregado um Cromatógrafo Gasoso Capilar CGC Agilent 6850 Series GC System, dotado de coluna capilar DB-23 AGILENT (50% cyanopropyl- methylpoysiloxane), dimensões 60 m, Ø int: 0,25 mm, 0,25 µm filme. As condições de operação do cromatógrafo foram: fluxo coluna = 1,00 mL/min.; velocidade linear = 24 cm/seg; temperatura do detector: 280°C; temperatura do injetor: 250°C; temperatura do forno: 110°C – 5 minutos, 110 – 215°C (5°C/min), 215°C – 34 minutos; gás de arraste: Hélio; volume injetado: 1,0 µL; split: 1:50. A composição qualitativa foi determinada por comparação dos tempos de retenção dos picos com os dos respectivos padrões de ácidos graxos.

4.7.3 Estabilidade de emulsão

O procedimento para se medir a estabilidade de uma emulsão foi baseado no método proposto por Hughes et al. (1997), com algumas modificações. Aproximadamente 25 g do *batter* cárneo cru de cada formulação foi colocado em tubos plásticos e centrifugados por 1 minuto a 3600 rpm. Logo após, as amostras foram aquecidas em banho por 30 minutos a 70° C e então, centrifugadas novamente por 3 minutos a 3600 rpm. Béqueres de 50 mL tarados foram utilizados para medir o líquido sobrenadante removido das amostras. Em seguida, estes foram secos em estufa a 100°C durante aproximadamente 14 horas. Todas as determinações foram feitas em quadruplicata. O volume de líquido total expresso (% TEF) e o percentual de gordura foram calculados da seguinte forma:

TEF = (peso do béquer com o líquido liberado) – (peso do béquer vazio),

% TEF = TEF/ peso da amostra x 100,

% Gordura = (peso do béquer + lipídios após secagem em estufa) – (peso do béquer vazio)/ peso da amostra x 100.

4.7.4 Avaliação objetiva da cor

As medições de cor foram feitas com um espectrofotômetro Colorquest II Hunterlab calibrado previamente, operando com iluminante D65, ângulo do observador 10°, no modo RSEX e no sistema de cor CIELAB, onde L* representa a luminosidade, a*, o eixo vermelho-verde e b*, o eixo amarelo-azul. Os valores de C* (Chroma), que representa a saturação da cor e h (hue), o ângulo de tonalidade, foram calculados através das seguintes fórmulas: $C^* = ((a^*)^2 + (b^*)^2)^{1/2}$ e $h = \arctan b^*/a^*$. Os dados apresentados são médias de 12 medidas, cada tratamento 3 fatias de 2 cm de espessura, sendo que, foram realizadas duas leituras em pontos distintos de cada lado da fatia.

4.7.5 Perfil instrumental de textura

A determinação do perfil de textura foi realizada em temperatura ambiente com o analisador de textura TA-xT2i. Utilizaram-se seis cilindros de mortadela com diâmetro de 20 mm e altura de 20 mm, para cada tratamento. As amostras foram comprimidas a 30% do seu peso original, com velocidade de teste, pré-teste e pós-teste de 1,00 mm/s e força de 0,10 N. O probe utilizado foi o P-35 (haste longa / base normal). Os parâmetros avaliados foram firmeza (N), elasticidade, coesividade, gomosidade e mastigabilidade.

4.7.6 Determinação de TBARS

As substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) foram determinadas em 2,5 g de amostras de mortadela homogeneizadas, de acordo com o método de Bruna et al. (2001), com algumas modificações. As amostras mantidas em um banho de gelo, foram homogeneizadas por 1 minuto com 10 mL de solução de ácido tricloroacético (TCA) a 5% e 10 mg de BHT em um ultra turrax. Em seguida foram centrifugadas durante 10 minutos a 3000 rpm e filtrou-se o sobrenadante. Do filtrado foram pipetados 3,0 mL para um tubo de 15 mL com tampa rosqueada e adicionados 3,0 mL de solução de ácido 2-tiobarbitúrico (TBA) 0,02 M. Foi feito um branco com 3 mL da solução de TCA a 5% e 3,0 mL de solução de ácido 2-tiobarbitúrico (TBA) 0,02 M. Juntamente com as amostras e o branco foram realizados seis pontos da curva padrão construída com 1, 1, 3, 3-tetraetoxipropano (TEP) com concentrações conhecidas. Os tubos foram aquecidos em banho de água em ebulição por 60 minutos. Após o resfriamento dos tubos, a absorbância foi medida a 532 nm. Todas as determinações foram feitas em quadruplicata e os resultados foram expressos em miligramas de malonaldeído (MDA) por quilograma de amostra.

4.7.7 Análise sensorial

A análise sensorial, devidamente aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa (Parecer do Projeto CEP N° 281/2010- Anexo 1) foi realizada através de um teste hedônico para avaliar o grau de aceitação dos produtos elaborados, em relação aos atributos de cor, aroma, sabor, textura e impressão global. O painel sensorial foi composto por 50 provadores não treinados na 1ª etapa e 80 na 3ª etapa, formado por alunos e funcionários da Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas, SP.

Os testes foram conduzidos em cabines individuais e as amostras foram apresentadas de forma monádica e com códigos de três números aleatórios. Foi utilizada uma escala hedônica não estruturada de nove centímetros, com extremos que variaram de desgostei muitíssimo a gostei muitíssimo, conforme é demonstrado na ficha sensorial da Figura 6. Foram selecionados apenas provadores habituados ao consumo de produtos cárneos e que assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, que explicava a pesquisa realizada.

Para a determinação dos coeficientes de regressão e análise de variância pelo software Statistica 7 (Statsoft, USA, 2004) foi utilizada significância de 10% ($p < 0,10$), comum em análise sensorial devido a maior subjetividade das respostas (RODRIGUES e IEMMA, 2005).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Avaliação dos níveis de substituição de gordura por óleo de linhaça em mortadela

5.1.1 Características das matérias-primas

As matérias-primas paleta suína e dianteiro bovino utilizadas no processamento da Etapa 1 foram avaliadas quanto à composição centesimal, apresentada na Tabela 5.

Tabela 5: Composição centesimal das matérias-primas utilizadas

Matéria-prima	Umidade (%)	Lipídios (%)	Proteína (%)	Cinzas (%)
Carne suína	73,05 ± 0,26	5,23± 0,27	22,43± 0,77	1,05± 0,01
Carne bovina	69,89± 0,31	8,93± 0,09	22,50± 0,18	0,854± 0,03

Os valores médios da composição centesimal da carne suína apresentados na Tabela 5 foram semelhantes aos encontrados por Carvalho (2003), que trabalhou com linhagens e cortes diferentes de suínos, como lombo, costela e coxão mole, e verificou valores de umidade em torno de 72%, 4,9% de lipídios, 22% de proteína e 1,2% de cinzas.

Comparando-se os resultados encontrados para carne bovina no presente trabalho com os apresentados pela Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO, 2006), que indicam valores de 71,5% de umidade, 6,1% de lipídios, 20,8% de proteínas e 1,0 % de cinzas, é possível perceber diferenças na composição das amostras deste estudo em geral, como menor valor de umidade e maiores valores de lipídios e proteínas.

Tais diferenças nos valores encontrados pela pesquisa e os valores encontrados na literatura podem ser considerados normais, pois segundo Lawrie (2005) a constituição química dos músculos é afetada pela espécie, sexo, idade, nutrição e ambiente. Além disso, o teor de gordura encontrado reflete também como a toailete foi realizada nos cortes, além da presença da gordura intramuscular.

5.1.2 Características do óleo de linhaça utilizado

A Tabela 6 expressa as porcentagens de área dos perfis dos ácidos graxos do óleo de linhaça determinada por cromatografia em fase gasosa a fim de se caracterizar o óleo utilizado no processamento das mortadelas. Os valores dos principais ácidos graxos apresentados na Tabela 6 são semelhantes aos encontrados por Ansorena e Astiasarán (2004) que caracterizaram o óleo de linhaça utilizado para enriquecer embutidos fermentados e verificaram valores de 6,28% de ácido palmítico, 3,91% de ácido esteárico, 24,5% de ácido oléico, 18,4% de ácido linoléico e 46,3% de ácido linolênico. Segundo Daun et al. (2003) tanto o teor de óleo encontrado como a composição de ácidos graxos da linhaça dependem de fatores como as condições ambientais e de cultivo além da localização.

Tabela 6: Composição em ácidos graxos (%m/m) do óleo de linhaça utilizado.

Ácido Graxo	(%)
C14:0 Mirístico	0,05
C15:0 Pentadecanóico	0,03
C16:0 Palmítico	5,03
C16:1 Palmitoléico	0,06
C17:0 Margárico	0,06
C17:1 Margaroléico	0,05
C18:0 Esteárico	3,77
C18:1 Oléico	23,28
C18:2 Linoléico	17,06
C18:3 Trans Translinolênico	0,21
C18:3 Linolênico	49,78
C20:0 Araquídico	0,15
C20:1 Gadoléico	0,16
C22:0 Behênico	0,15
C24:0 Lignocérico	0,16

5.1.3 Composição centesimal de mortadelas elaboradas com diferentes níveis de substituição de gordura suína por óleo de linhaça (Etapa 1)

Os resultados obtidos nas determinações de umidade, lipídeos, proteínas e cinzas para as mortadelas são demonstrados na Tabela 7. O teor de umidade dos tratamentos variou de 56,53% \pm 0,11 a 69,17% \pm 0,07. Observou-se que o teor de umidade foi inversamente proporcional ao conteúdo de gordura, ou seja, o tratamento com 11,92% de gordura (menor nível encontrado) obteve o mais alto teor de umidade. Este fato resulta do balanceamento das formulações já que onde havia menor quantidade de gordura ocorria a substituição por gelo. Estes dados estão de acordo com os obtidos por Lurueña-Martínez et al. (2004)

que avaliaram a substituição da gordura por azeite de oliva em salsichas frankfurters.

Tabela 7: Composição centesimal de mortadelas elaboradas com diferentes níveis de substituição de gordura suína por óleo de linhaça

Formulação	Umidade (%)	Lipídeos (%)	Proteína (%)	Cinzas (%)
F1	69,17 ± 0,07 ^a	11,92 ± 0,13 ^h	13,90 ± 0,06 ^d	2,73 ± 0,06 ^{a,b,c}
F2	61,30 ± 0,09 ⁱ	18,64 ± 0,14 ^d	14,23 ± 0,22 ^{a,b,c,d}	2,76 ± 0,04 ^{a,b}
F3	64,62 ± 0,04 ^d	17,04 ± 0,26 ^f	13,77 ± 0,07 ^d	2,58 ± 0,05 ^{c,d}
F4	56,53 ± 0,11 ^k	24,02 ± 0,19 ^a	14,14 ± 0,25 ^{b,c,d}	2,62 ± 0,02 ^{b,c,d}
F5	62,29 ± 0,10 ^{f,g}	18,05 ± 0,14 ^e	14,20 ± 0,19 ^{a,b,c,d}	2,65 ± 0,08 ^{b,c,d}
F6	62,09 ± 0,11 ^g	17,75 ± 0,06 ^e	14,04 ± 0,08 ^{c,d}	2,72 ± 0,08 ^{a,b,c,d}
F7	62,70 ± 0,01 ^e	17,18 ± 0,03 ^f	14,44 ± 0,06 ^{a,b,c}	2,73 ± 0,09 ^{a,b,c}
F8	68,29 ± 0,17 ^b	12,19 ± 0,28 ^h	14,17 ± 0,16 ^{a,b,c,d}	2,62 ± 0,02 ^{b,c,d}
F9	57,86 ± 0,10 ^j	22,59 ± 0,12 ^b	14,65 ± 0,07 ^a	2,87 ± 0,03 ^a
F10	66,33 ± 0,05 ^c	14,11 ± 0,13 ^g	13,95 ± 0,20 ^{c,d}	2,56 ± 0,04 ^d
F11	61,69 ± 0,01 ^h	20,11 ± 0,11 ^c	14,53 ± 0,06 ^{a,b}	2,58 ± 0,10 ^{c,d}
F12 (Padrão)	62,44 ± 0,11 ^{e,f}	17,73 ± 0,22 ^e	14,41 ± 0,12 ^{a,b,c}	2,83 ± 0,04 ^a

^{a,b,c,d,e,f,g,h,i,j,k} Médias da mesma coluna com letras iguais não há diferenças estatisticamente significativas ($p > 0,05$ – Teste de Tukey)

F1: 7,18% G e 3,95% OL; F2: 17,82% G e 3,95% OL; F3: 7,18% G e 11,05% OL; F4: 17,82% G e 11,05% OL; F5,F6,F7: 12,5% G e 7,5% OL; F8: 5% G e 7,5% OL; F9: 20% G e 7,5% OL; F10: 12,5% G e 2,5% OL; F11: 12,5% G e 12,5% OL; F12: 20% G, sem OL.

G: gordura suína; OL: óleo de linhaça.

Os teores de proteínas encontrados nos tratamentos foram bastante semelhantes, porém, pode-se observar que, nas formulações com maiores níveis de gordura suína foram encontrados maiores valores também para os níveis de proteínas. Isto se deve possivelmente a pequenas quantidades de carne aderidas a gordura suína que podem ter sido incorporadas no processamento. Todas as formulações estão adequadas às especificações exigidas pelo regulamento técnico de identidade e qualidade da mortadela que prevê no mínimo 12% de proteína para o produto (BRASIL, 2000).

Os teores de lipídios encontrados variaram de 11,92% \pm 0,13 a 24,02% \pm 0,19, de acordo com a quantidade de gordura e/ou óleo da formulação. Delgado-Pando et al. (2010) em um estudo com salsichas elaboradas com óleos ricos em PUFA's encontraram teores de lipídios semelhantes à formulação F8, ambas com 12% de gordura no total.

O teor de cinzas dos tratamentos variou de 2,56% \pm 0,04 a 2,87% \pm 0,03. Esta variação, possivelmente é devido aos vários níveis de gordura e óleo de linhaça adicionados nas formulações.

5.1.4 Avaliação objetiva da cor

Foi observado que os níveis de substituição de gordura suína por óleo de linhaça afetaram de maneira significativa os parâmetros de avaliação da análise de cor objetiva, conforme demonstrado na Tabela 8. Deve-se ressaltar que no sistema de cor CIELAB, L* representa a luminosidade, a*, o eixo vermelho-verde e b*, o eixo amarelo-azul. Os valores de C* (Chroma), que representa a saturação da cor e h (hue), o ângulo de tonalidade, foram calculados através das seguintes fórmulas: $C^* = ((a^*)^2 + (b^*)^2)^{1/2}$ e $h = \arctan b^*/a^*$.

Foram encontrados valores significativamente maiores de L* ($p < 0,05$) nas formulações contendo óleo de linhaça, sendo que, este valor foi maior a medida que os teores de óleo também aumentavam. Este resultado pode ser atribuído à aparência leitosa da pré-emulsão de óleo. Valência et al. (2008) encontraram também valores de L* significativamente maiores quando 15% da gordura suína foi substituída por óleo de linhaça em salsichas.

Porém, verificou-se que apenas o efeito linear da variável independente, óleo de linhaça, foi considerado significativo para o parâmetro L* ($p < 0,05$). A Tabela 27 com os coeficientes de regressão se encontram no Apêndice 1 e a Tabela 49 com a ANOVA no Apêndice 2. A gordura suína nos níveis estudados (5-

20%) não influenciou na luminosidade do embutido, o valor do F calculado (26,68) foi maior que o tabelado (5,12) e o modelo pôde ser obtido:

$$L^* = 72,39 + 1,40x2 \quad (R^2 = 0,75) \quad (1)$$

A superfície de resposta e contorno para L^* em relação à gordura suína e óleo de linhaça é mostrada na Figura 7. A formulação padrão com 20% de gordura suína obteve o menor valor de L^* , porém, não diferiu estatisticamente ($p > 0,05$) dos tratamentos com menores quantidades de óleo de linhaça (2,5 a 3,95%).

Tabela 8: Resultados da avaliação da cor do delineamento fatorial completo

Ordem dos ensaios	L^*	a^*	b^*	C^*	h
1	70,97 ^{c,d}	9,18 ^{e,f}	13,75 ^c	16,54 ^{b,c}	56,25 ^{c,d}
2	69,76 ^d	10,38 ^c	13,35 ^c	16,91 ^{a,b}	52,13 ^e
3	72,88 ^b	8,64 ^{f,g,h}	14,72 ^a	17,16 ^a	59,75 ^b
4	73,35 ^{a,b}	7,31 ⁱ	14,24 ^b	16,01 ^{d,e}	62,81 ^a
5 ⁿ	72,47 ^{b,c}	8,06 ^h	13,43 ^c	15,67 ^{e,f}	59,04 ^b
6 ⁿ	72,28 ^{b,c}	8,20 ^h	13,38 ^c	15,70 ^{e,f}	58,51 ^b
7 ⁿ	72,83 ^b	8,34 ^{g,h}	13,35 ^c	15,74 ^{e,f}	58,00 ^{b,c}
8	72,32 ^{b,c}	9,97 ^{c,d}	12,36 ^d	15,88 ^{d,e}	51,11 ^e
9	73,87 ^{a,b}	9,56 ^{d,e}	11,87 ^e	15,25 ^f	51,11 ^e
10	70,77 ^{c,d}	11,44 ^b	11,59 ^e	16,29 ^{c,d}	45,36 ^f
11	74,79 ^a	8,87 ^{f,g}	12,50 ^d	15,33 ^f	54,64 ^d
Padrão	69,52 ^d	12,16 ^a	11,47 ^e	16,72 ^{a,b,c}	43,35 ^f

^{a,b,c,d,e,f,g,h,i} Médias da mesma coluna com letras iguais não há diferenças estatisticamente significativas ($p > 0,05$ – Teste de Tukey); ⁿ pontos centrais do planejamento experimental
Níveis de gordura suína (G) e de óleo de linhaça (OL) de cada ensaio - 1: 7,18% G e 3,95% OL; 2: 17,82% G e 3,95% OL; 3: 7,18% G e 11,05% OL; 4: 17,82% G e 11,05% OL; 5,6,7: 12,5% G e 7,5% OL; 8: 5% G e 7,5% OL; 9: 20% G e 7,5% OL; 10: 12,5% G e 2,5% OL; 11: 12,5% G e 12,5% OL; Padrão: 20% G, sem OL.

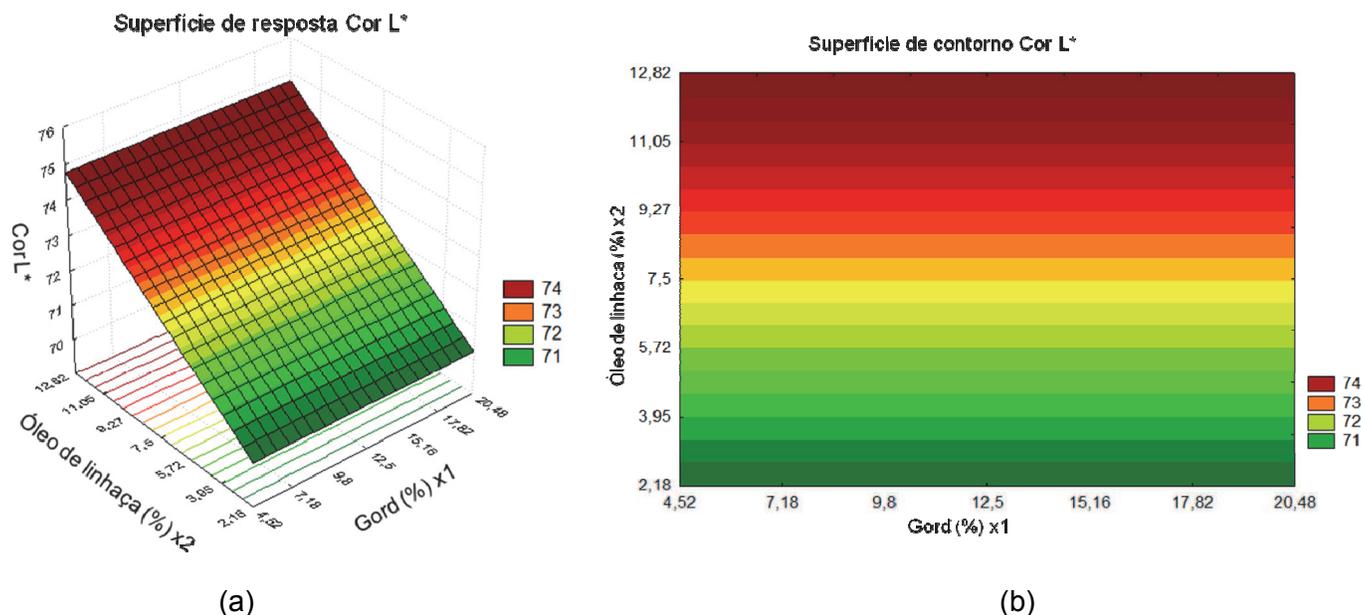


Figura 7: Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para o valor de L^* em função do teor de gordura e óleo de linhaça.

Em relação ao parâmetro b^* , que representa o eixo amarelo-azul foi observado um aumento nos valores para os tratamentos com maiores níveis de óleo de linhaça. No entanto, os níveis de gordura suína também influenciaram neste parâmetro, sendo que, as duas variáveis atuaram de maneira sinérgica, ou seja, nas formulações com maiores níveis de gordura suína a intensidade da coloração amarela não se destacava tanto, porém nas formulações onde os níveis de gordura eram menores e de óleo de linhaça maiores, como na formulação 4 por exemplo, o valor de b^* era maior.

Estudos conduzidos por Valência et al. (2008) e Choi et al. (2009) também mostraram valores maiores de b^* nas formulações com óleo de linhaça e outros óleos vegetais. Além disso, foi observada uma redução dos valores de a^* ($p < 0,05$) a medida que os níveis de óleo de linhaça aumentavam nos tratamentos. Da mesma forma, foi possível verificar um maior valor para a^* , que representa o eixo vermelho-verde, no ensaio padrão, que diferiu estatisticamente ($p < 0,05$) de todos os outros ensaios.

Vários estudos têm avaliado a cor objetiva de embutidos cárneos com diversos tipos de óleos (HUR et al., 2008; MUGUERZA et al. 2002; VALÊNCIA et al., 2008), sendo que, os resultados refletem diferenças que podem estar relacionadas ao tipo de produto e ao óleo utilizado. No caso deste estudo, observou-se que com o aumento da incorporação da pré-emulsão de óleo de linhaça nos ensaios, de modo geral, houve um aumento da luminosidade (L^*) e uma redução da coloração vermelha (a^*)

Porém, para análise de superfície de resposta, sabe-se que os valores de a^* e b^* são coordenadas do sistema de cor CIELAB e, por este motivo não podem ser avaliados como resposta separadamente, desta forma, os parâmetros C^* (saturação da cor) e h (tonalidade da cor) foram analisados. Em relação à saturação da cor C^* (chroma) não foi possível estabelecer um modelo sobre as variáveis estudadas pois nenhum efeito linear, quadrático ou de interação entre as variáveis apresentou significância ($p > 0,05$). Ou seja, na interação dos valores de a^* e b^* na equação para obter Chroma ($C^* = ((a^*)^2 + (b^*)^2)^{1/2}$), não houve grande variação nas respostas de intensidade da cor.

Em relação ao valor h (hue), também não foi possível estabelecer um modelo, pois nenhum efeito foi significativo ($p > 0,05$). A análise de variância foi baixa ($R^2 = 0,59$) e o F calculado (1,43) foi menor que o F tabelado (5,05). No Apêndice 1 encontram-se as tabelas dos coeficientes de regressão e no Apêndice 2, as tabelas com as análises de variância para as variáveis estudadas.

Embora não tenha sido possível estabelecer um modelo pelo delineamento experimental, foi possível perceber que o valor de hue, que representa o ângulo de tonalidade da cor, apresentou maior variação entre os ensaios. Quando se compara os valores obtidos para h (hue) percebe-se que na formulação padrão foi encontrado o valor mais baixo e que foi estatisticamente igual ($p > 0,05$) somente à formulação 10 (12,5% de gordura e 2,5% de óleo de linhaça), demonstrando que pequenas concentrações de óleo de linhaça não interferiram na tonalidade da cor. Porém, as formulações contendo teores de óleo de linhaça

acima de 2,5%, influenciaram os valores de h , sendo que as amostras apresentaram tonalidades laranja tendendo para o amarelo.

Comparando-se os resultados obtidos para a saturação da cor C^* (chroma) na Tabela 8, verificou-se que não houve grandes variações na intensidade das tonalidades encontradas nas amostras. O maior valor encontrado foi na formulação 3 (7,18% de gordura e 11,05% de óleo de linhaça), que, no entanto, não diferiu significativamente ($p > 0,05$) das formulações 2 (17,82% de gordura e 3,95% de óleo de linhaça) e do padrão. Ou seja, as formulações 3, 2 e padrão foram as de colorações mais intensas nas tonalidades de cor encontradas (laranja ao amarelo) em cada uma delas.

5.1.5 Determinação do perfil de textura

Os resultados da substituição da gordura suína por óleo de linhaça nas propriedades de textura da mortadela são apresentados na Tabela 9.

Os efeitos analisados para as respostas firmeza, elasticidade, coesividade e mastigabilidade estão representados nas tabelas de coeficientes de regressão do Apêndice 1 e, no Apêndice 2, se encontram as tabelas com as análises de variância.

A determinação do perfil de textura para os níveis selecionados mostrou que a quantidade de gordura presente nos ensaios teve influência na firmeza do produto. De acordo com Devatkal et al. (2004) firmeza pode ser definida como a máxima força requerida para se comprimir uma amostra.

Na análise de variância demonstrada na Tabela 52 (Apêndice 2) o F calculado (39,19) foi bem maior que o F tabelado (4,46), desta forma, o modelo pôde ser obtido e comprova a influência da variável da gordura onde somente os termos linear e quadrático x_1 foram significativos (Tabela 31- Apêndice 1) no delineamento realizado:

$$\text{Firmeza} = 12,462 + 1,154x_1 + 0,704x_1^2 \quad (R^2 = 0,91) \quad (2)$$

Tabela 9: Resultados da determinação do perfil de textura do delineamento fatorial completo

Ordem dos ensaios	Firmeza (N)	Elasticidade	Coabilidade	Mastigabilidade
1	11,37 ^e	0,925 ^{a,b}	0,812 ^{b,c}	8,62 ^e
2	14,77 ^{a,b}	0,905 ^b	0,820 ^{a,b,c}	11,01 ^{a,b}
3	11,88 ^e	0,919 ^{a,b}	0,823 ^{a,b}	8,66 ^e
4	13,82 ^{b,c,d}	0,918 ^{a,b}	0,812 ^{b,c}	10,22 ^{b,c,d}
5 ⁿ	12,16 ^e	0,908 ^{a,b}	0,815 ^{a,b,c}	8,94 ^{d,e}
6 ⁿ	12,55 ^{d,e}	0,908 ^{a,b}	0,819 ^{a,b,c}	9,36 ^{c,d,e}
7 ⁿ	12,51 ^{d,e}	0,905 ^b	0,809 ^c	9,36 ^{c,d,e}
8	12,70 ^{d,e}	0,927 ^a	0,817 ^{a,b,c}	9,58 ^{c,d,e}
9	15,45 ^a	0,918 ^{a,b}	0,824 ^a	12,21 ^a
10	12,62 ^{d,e}	0,917 ^{a,b}	0,820 ^{a,b,c}	9,50 ^{c,d,e}
11	12,88 ^{c,d,e}	0,923 ^{a,b}	0,821 ^{a,b}	9,71 ^{b,c,d,e}
Padrão	14,38 ^{a,b,c}	0,917 ^{a,b}	0,812 ^{b,c}	10,74 ^{b,c}

^{a,b,c,d,e}, Médias da mesma coluna com letras iguais não há diferenças estatisticamente significativas ($p > 0,05$ – Teste de Tukey); ⁿ pontos centrais do planejamento experimental

Níveis de gordura suína (G) e de óleo de linhaça (OL) de cada ensaio - 1: 7,18% G e 3,95% OL; 2: 17,82% G e 3,95% OL; 3: 7,18% G e 11,05% OL; 4: 17,82% G e 11,05% OL; 5,6,7: 12,5% G e 7,5% OL; 8: 5% G e 7,5% OL; 9: 20% G e 7,5% OL; 10: 12,5% G e 2,5% OL; 11: 12,5% G e 12,5% OL; Padrão: 20% G, sem OL.

A superfície de resposta e curva de contorno para a Firmeza são mostradas na Figura 8. Cáceres et al. (2008) encontraram valores maiores para o atributo firmeza a medida que a quantidade de óleo de peixe acrescida no embutido tipo bolonha aumentou. Estas diferenças se devem à composição do produto estudado, à relação umidade/proteína e os níveis das variáveis avaliadas, sendo que na proporção gordura/óleo de linhaça escolhida para a análise em questão, a gordura influenciou mais fortemente nas propriedades de firmeza. Em

outro estudo, conduzido por Cofrades et al. (1997) em salsichas frankfurters constatou-se que altos níveis de gordura tornavam as salsichas mais firmes.

É possível observar quando se compara os resultados obtidos na Tabela 9, que a formulação menos firme foi a 1, com a menor quantidade de gordura no total (7,18% de gordura suína e 3,95% de óleo de linhaça) e a mais firme a 9, com um dos maiores teores de gordura total (20% de gordura suína e 7,5 de óleo de linhaça), sendo que, esta última não diferiu ($p>0,05$) da formulação controle.

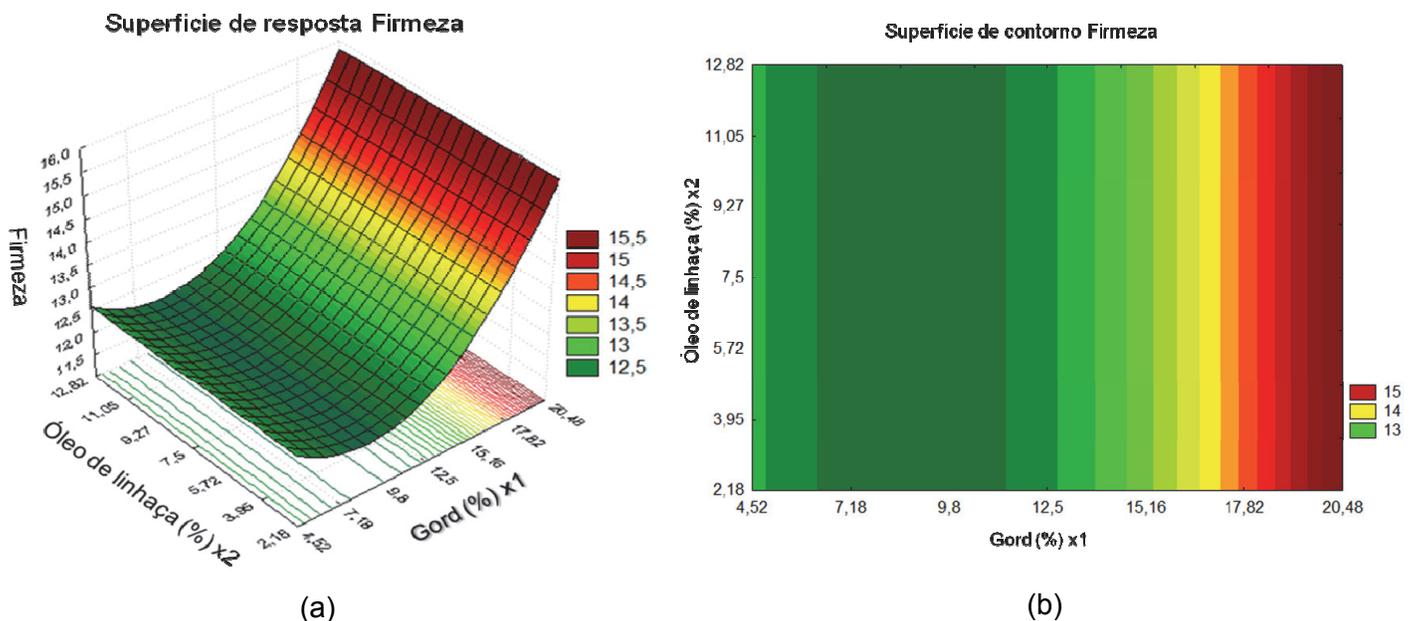


Figura 8: Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para o parâmetro firmeza do perfil de textura em função do teor de gordura e óleo de linhaça.

O parâmetro elasticidade pode ser definido como a capacidade da amostra em recuperar sua forma original após a força de deformação ter sido removida (DEVATKAL et al., 2004). Em relação a esta resposta, observou-se que os valores foram bastante semelhantes, porém tanto a variável gordura (x1), quanto o óleo (x2), foram significativos no delineamento experimental. Apesar de pequenas diferenças terem sido obtidas, foi possível verificar que nos tratamentos

com menores níveis de gordura e óleo, maiores valores de elasticidade foram obtidos, porém pelo teste de tukey, não foram estatisticamente diferentes da formulação padrão ($p > 0,05$). Na análise de variância demonstrada na Tabela 53 (Apêndice 2) o F calculado (9,67) foi maior que o F tabelado (4,53), desta forma, o modelo pôde ser obtido (Tabela 33- Apêndice 1):

$$\text{Elasticidade} = 0,907 - 0,004x_1 + 0,007x_1^2 + 0,005x_2^2 + 0,005x_1x_2 \quad (R^2 = 0,87) \quad (3)$$

Através da superfície de resposta obtida para a elasticidade (Figura 9) é possível observar diferenças nos dois extremos dos níveis delimitados para as variáveis, pois também quando a quantidade de óleo é maior a elasticidade aumenta, indicando uma influência do óleo acrescido a partir de uma determinada faixa. Estes resultados são coerentes com os reportados por Delgado-Pando et al. (2010), onde uma combinação de óleos de oliva, peixe e linhaça pré-emulsionados com caseinato de sódio substituiu 100% da gordura suína em frankfurters e foram obtidos valores de elasticidade maiores quando comparados com a amostra controle.

O maior valor encontrado para elasticidade entre os ensaios foi o da formulação 8 com 5% de gordura e 7,5% de óleo de linhaça, que, foi muito próximo do valor obtido na formulação 1 (7,18% de gordura e 3,95% de óleo de linhaça), porém nenhum dos ensaios foi estatisticamente diferente ($p > 0,05$) da formulação controle. Resultados semelhantes foram obtidos por Jiménez-Colmenero et al. (2010), onde o azeite de oliva pré-emulsionado com caseinato de sódio substituiu a gordura em salsichas frankfurters e valores de elasticidade encontrados foram muito semelhantes à amostra controle.

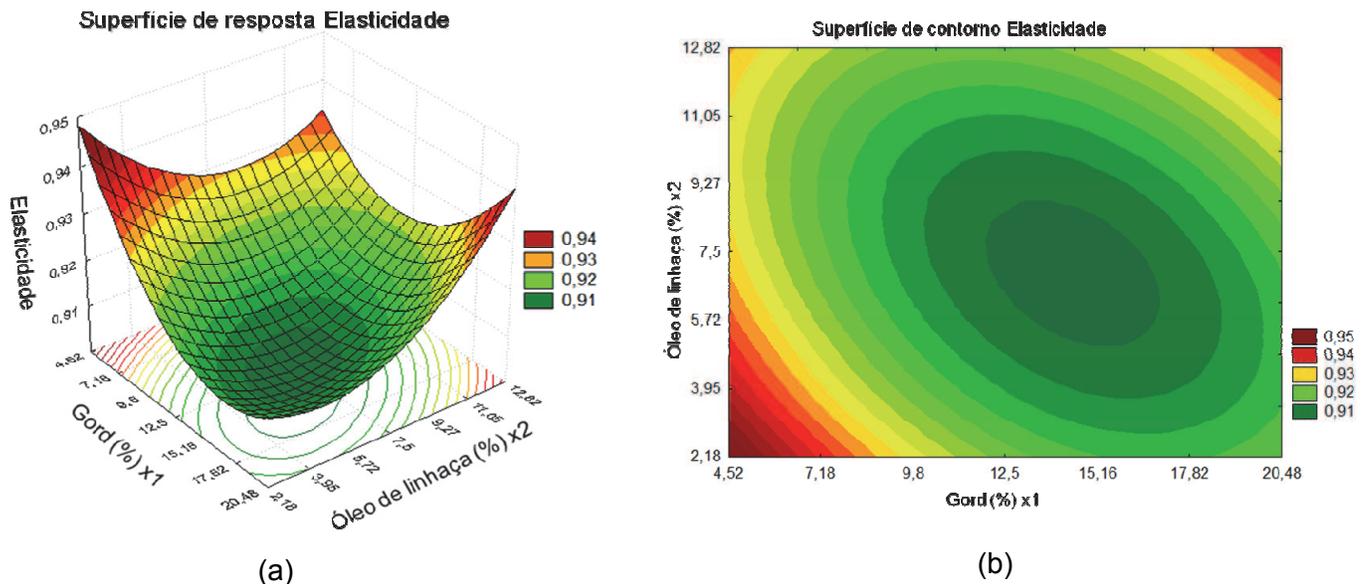


Figura 9: Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para o parâmetro elasticidade do perfil de textura em função do teor de gordura e óleo de linhaça.

De acordo com Devatkal et al. (2004), coesividade pode ser definida como 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). Através da Tabela 9 é possível verificar que houve pequenas variações, indicando que dentro das faixas estudadas, o parâmetro coesividade não foi alterado pelas variáveis, desta forma, não foi possível estabelecer um modelo em função das variáveis independentes, pois nenhum efeito foi significativo ($p > 0,05$). A análise de variância foi baixa ($R^2 = 0,58$) e o F calculado (1,396) foi menor que o F tabelado (5,05).

Estes resultados diferem dos encontrados por Cáceres et al. (2008) onde o aumento do óleo de peixe nos embutidos aumentou significativamente a coesividade. Estes autores reportam que os caseinatos, incorporados junto com o óleo de peixe, são proteínas que recobrem as partículas de gordura produzindo uma ligação muito forte entre os componentes de uma emulsão.

Já os resultados verificados por Delgado-Pando et al. (2010), são coerentes com o presente trabalho, pois também encontraram valores semelhantes de coesividade para todas as suas formulações de salsichas frankfurters com combinações de óleos estabilizados com vários sistemas protéicos, sendo um deles, o caseinato de sódio.

As variáveis estudadas, ou seja, gordura e óleo de linhaça, influenciaram de maneira semelhante os parâmetros firmeza e mastigabilidade nos níveis avaliados, ou seja, a quantidade de gordura presente em cada tratamento teve maior influência na mastigabilidade do produto do que o óleo de linhaça. A mastigabilidade pode ser compreendida como o trabalho requerido para mastigar a amostra com o intuito de degluti-la (DEVATKAL et al., 2004).

Na análise de variância (Tabela 55- Apêndice 2) o F calculado (32,66) foi bem maior que o F tabelado (4,46). No modelo obtido somente os termos linear e quadrático da gordura x1 foram significativos (Tabela 36- Apêndice 1):

$$\text{Mastigabilidade: } 9,257 + 0,957x_1 + 0,669x_1^2 \quad (R^2 = 0,89) \quad (4)$$

A superfície de resposta e curva de contorno obtidas para mastigabilidade são mostradas na Figura 10 e indicam que nos níveis de óleo de linhaça avaliados não ocorreu grandes alterações neste parâmetro. Cofrades et al. (1997) estudaram os efeitos dos níveis de gordura nas propriedades de ligação e textura e verificaram que frankfurters com maiores níveis de gordura (23%) tiveram maiores valores também para mastigabilidade quando comparados com salsichas com 9% de gordura. Além disso, nota-se que o tratamento com 12,5% de gordura e 12,5% de óleo, que foi a maior quantidade de óleo acrescida, não foi estatisticamente diferente ($p > 0,05$) da formulação padrão.

Quando se analisa a superfície de resposta e curva de contorno obtida para a mastigabilidade (Figura 10) fica evidente a influência da gordura

suína neste parâmetro a partir de aproximadamente 15,5% de concentração, e, nenhum impacto do óleo de linhaça nos níveis avaliados neste estudo. Novamente, assim como foi observado para os valores de firmeza, a formulação com menor valor de mastigabilidade foi a 1, com a menor quantidade de gordura no total (7,18% de gordura suína e 3,95% de óleo de linhaça) e a maior foi a 9, com um dos maiores teores de gordura total (20% de gordura suína e 7,5 de óleo de linhaça).

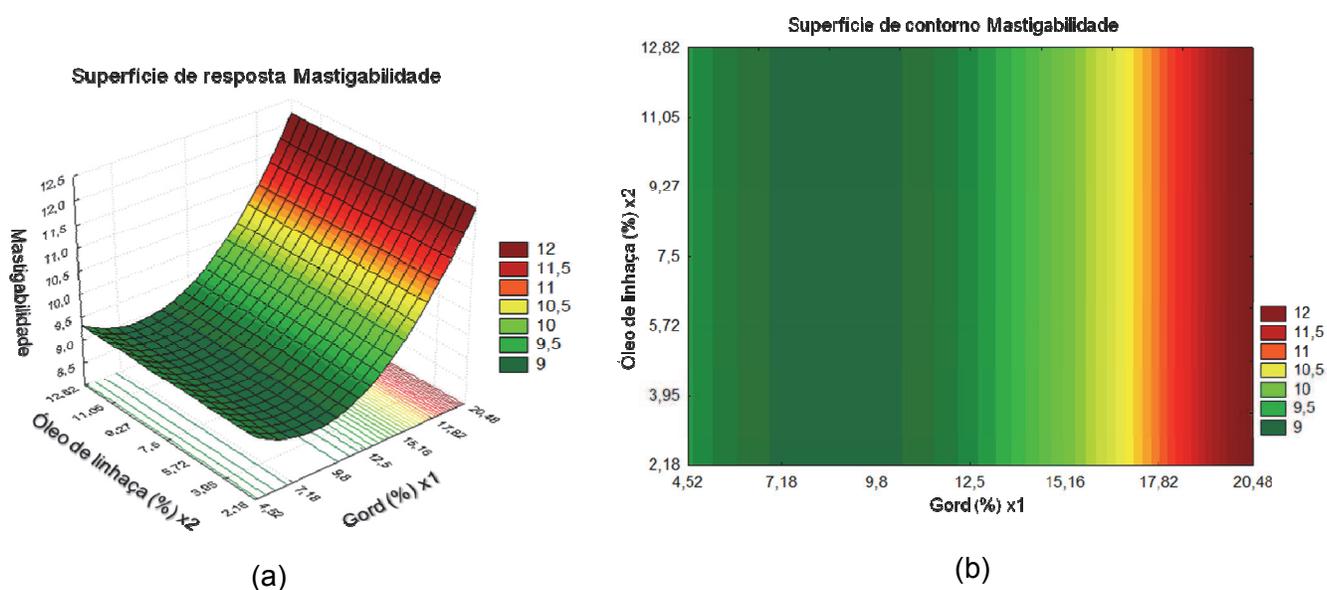


Figura 10: Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para o parâmetro mastigabilidade do perfil de textura em função do teor de gordura e óleo de linhaça.

5.1.6 Análise da estabilidade de emulsão

Os resultados obtidos no delineamento fatorial completo para a análise de estabilidade de emulsão, descrita no item 4.7.3 são demonstrados na Tabela 10.

Tabela 10: Resultados da análise de estabilidade de emulsão do delineamento fatorial completo

Ordem dos ensaios	(%) Líquido total liberado	(%) Gordura liberada
1	7,36 ^a	0,546 ^a
2	5,98 ^b	0,602 ^a
3	3,61 ^c	0,267 ^b
4	2,61 ^{c,d}	0,235 ^{b,c}
5 ⁿ	3,65 ^c	0,283 ^b
6 ⁿ	2,71 ^{c,d}	0,208 ^{b,c}
7 ⁿ	3,01 ^{c,d}	0,228 ^{b,c}
8	2,63 ^{c,d}	0,181 ^{b,c,d}
9	1,82 ^{d,e}	0,158 ^{c,d}
10	7,48 ^a	0,611 ^a
11	2,24 ^{d,e}	0,152 ^{c,d}
Padrão	1,31 ^e	0,080 ^d

^{a,b,c,d,e}, Médias da mesma coluna com letras iguais não há diferenças estatisticamente significativas ($p > 0,05$ – Teste de Tukey); ⁿ pontos centrais do planejamento experimental
 Níveis de gordura suína (G) e de óleo de linhaça (OL) de cada ensaio - 1: 7,18% G e 3,95% OL; 2: 17,82% G e 3,95% OL; 3: 7,18% G e 11,05% OL; 4: 17,82% G e 11,05% OL; 5,6,7: 12,5% G e 7,5% OL; 8: 5% G e 7,5% OL; 9: 20% G e 7,5% OL; 10: 12,5% G e 2,5% OL; 11: 12,5% G e 12,5% OL; Padrão: 20% G, sem OL.

Os efeitos analisados para as respostas líquido e gordura liberada estão representados nas tabelas de coeficientes de regressão do Apêndice 1. A análise de estabilidade de emulsão para os níveis estudados demonstrou uma grande influência da quantidade de óleo de linhaça nas formulações, sendo que, em relação a liberação de líquido, os resultados apontam para uma tendência ao aumento da estabilidade de emulsão nos ensaios a medida que o nível de óleo aumenta. Pode-se observar que os maiores percentuais de liberação de líquido nos *batters* foram as formulações 1 (7,18% de gordura e 3,95% de óleo de linhaça), 10 (12,5% de gordura e 2,5% de óleo de linhaça) e 2 (17,82% de gordura e 3,95% de óleo de linhaça). Já as menores perdas de líquido nos *batters* cárneos foram encontradas nas formulações 11 (12,5% de gordura e 12,5% de óleo de

linhaça) e 9 (20% de gordura e 7,5% de óleo de linhaça), que não diferiram estatisticamente do padrão ($p > 0,05$).

Uma das hipóteses que explicaria tais resultados está relacionada com a incorporação da pré-emulsão de óleo de linhaça e, principalmente com a presença do caseinato de sódio nos *batters* cárneos. Estas proteínas são ingredientes emulsificantes que, juntamente com as proteínas cárneas, recobrem as partículas de gordura e produzem uma ligação muito forte entre os componentes de uma emulsão e, conseqüentemente do óleo de linhaça com tais componentes. O resultado disto é uma matriz cárnea mais compacta e estável (CÁCERES et al., 2008).

Tal hipótese pode ser reforçada pelos resultados encontrados pelo estudo conduzido por Jiménez-Colmenero et al. (2010), que afirma que, em geral, houve uma melhora na estabilidade de emulsão de salsichas frankfurters através da substituição da gordura suína por pré-emulsões de azeite de oliva avaliadas com vários tipos de proteínas, dentre elas o caseinato de sódio. Além disso, estes autores citam que as pré-emulsões tem excelente estabilidade térmica, e que, são muito bem incorporadas na matriz protéica devido ao tamanho menor de suas partículas.

Na análise de variância (Tabela 56- Apêndice 2) o F calculado (24,02) foi maior que o F tabelado (4,46), desta forma, o modelo pôde ser obtido e comprova a influência da variável óleo de linhaça, onde somente seus termos linear e quadrático x^2 foram significativos (Tabela 38- Apêndice 1) no delineamento realizado:

$$\text{Líquido liberado} = 3,019 - 1,814x_2 + 1,238x_2^2 \quad (R^2 = 0,86) \quad (5)$$

O fator linear da variável óleo teve efeito negativo sobre a estabilidade de emulsão, enquanto o fator quadrático apresentou efeito positivo. Ao se

observar a superfície de resposta e curva de contorno apresentada na Figura 11, pode-se afirmar que a partir de aproximadamente 6% da concentração de óleo a perda de líquido sofreu poucas variações, apontando para a melhora da estabilidade de emulsão a medida que mais óleo de linhaça foi incorporado na formulação.

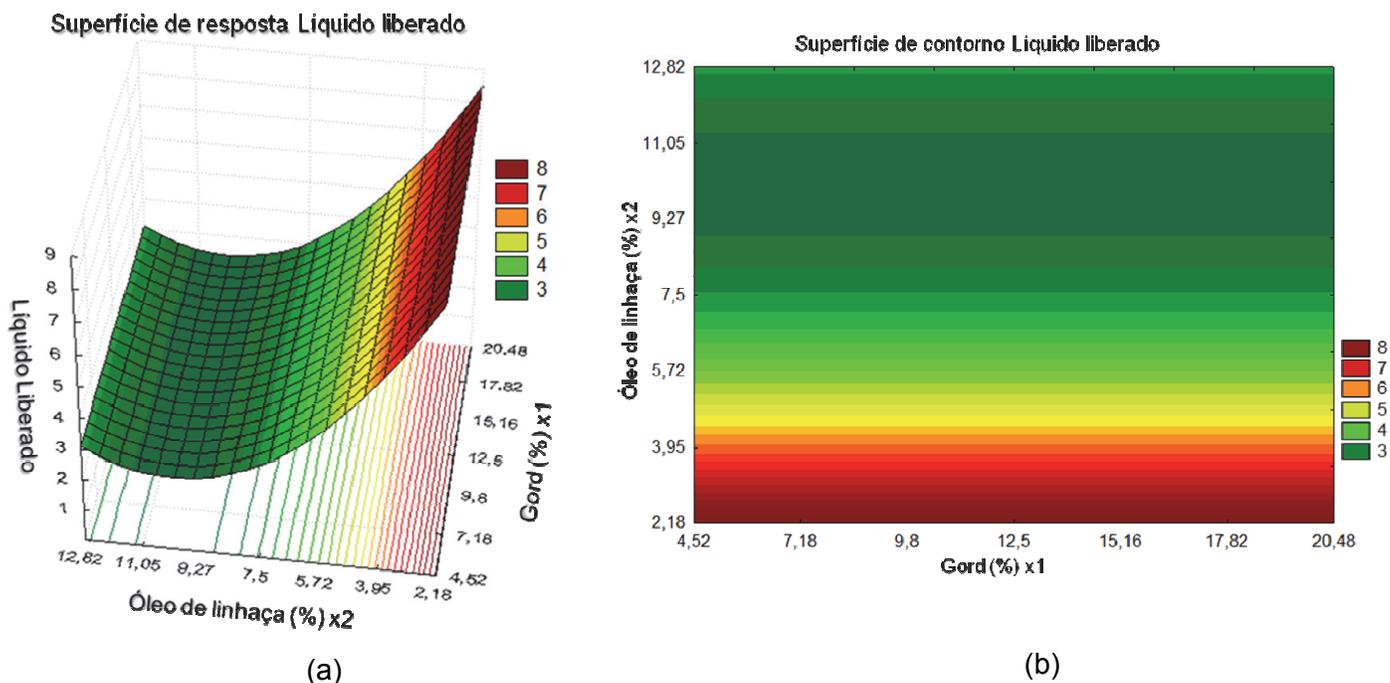


Figura 11: Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para a resposta líquido liberado, da análise de estabilidade de emulsão em função do teor de gordura e óleo de linhaça.

Quanto à liberação de gordura, destacou-se o comportamento extremamente semelhante à resposta liberação de líquido, onde as formulações com maiores percentuais de perda de gordura, conforme é mostrado na Tabela 10 foram novamente os ensaios 1, 2 e 10, com 0,546%, 0,602% e 0,611%, respectivamente. Em relação aos percentuais de menores perdas, foram encontrados nas formulações 11, 9 e 8, que não diferiram estatisticamente do

padrão ($p > 0,05$). Além disso, a formulação 8 foi estatisticamente igual ($p > 0,05$) aos ensaios 3 ao 7, o que indica boa estabilidade em uma ampla faixa de níveis de substituição da gordura suína pelo óleo de linhaça.

Na análise de variância (Tabela 57- Apêndice 2) o F calculado (25,75) foi maior que o F tabelado (4,46), desta forma, o modelo pôde ser obtido e comprova mais uma vez a influência da variável óleo de linhaça, onde somente seus termos linear e quadrático x^2 foram significativos (Tabela 40- Apêndice 1) no delineamento realizado:

$$\text{Gordura liberada} = 0,239 - 0,162x_2 + 0,105x_2^2 \quad (R^2 = 0,87) \quad (6)$$

Através da superfície de resposta e contorno apresentada na Figura 12, percebe-se a mesma tendência de estabilidade da emulsão a medida que o nível de óleo de linhaça aumenta. Possivelmente, conforme já explicado anteriormente, isto se deve à presença de caseinatos junto com o óleo de linhaça incorporados ao *batter* cárneo, proporcionado assim esta melhora na estabilidade.

A metodologia para se avaliar a estabilidade de emulsão foi realizada em quadruplicata para que se tivesse maior precisão na determinação dos valores, conforme recomendam os autores (HUGUES et al., 1997), já que quando o líquido liberado da amostra é vertido no béquer previamente tarado pode não ser completamente retirado do *batter* cárneo cozido.

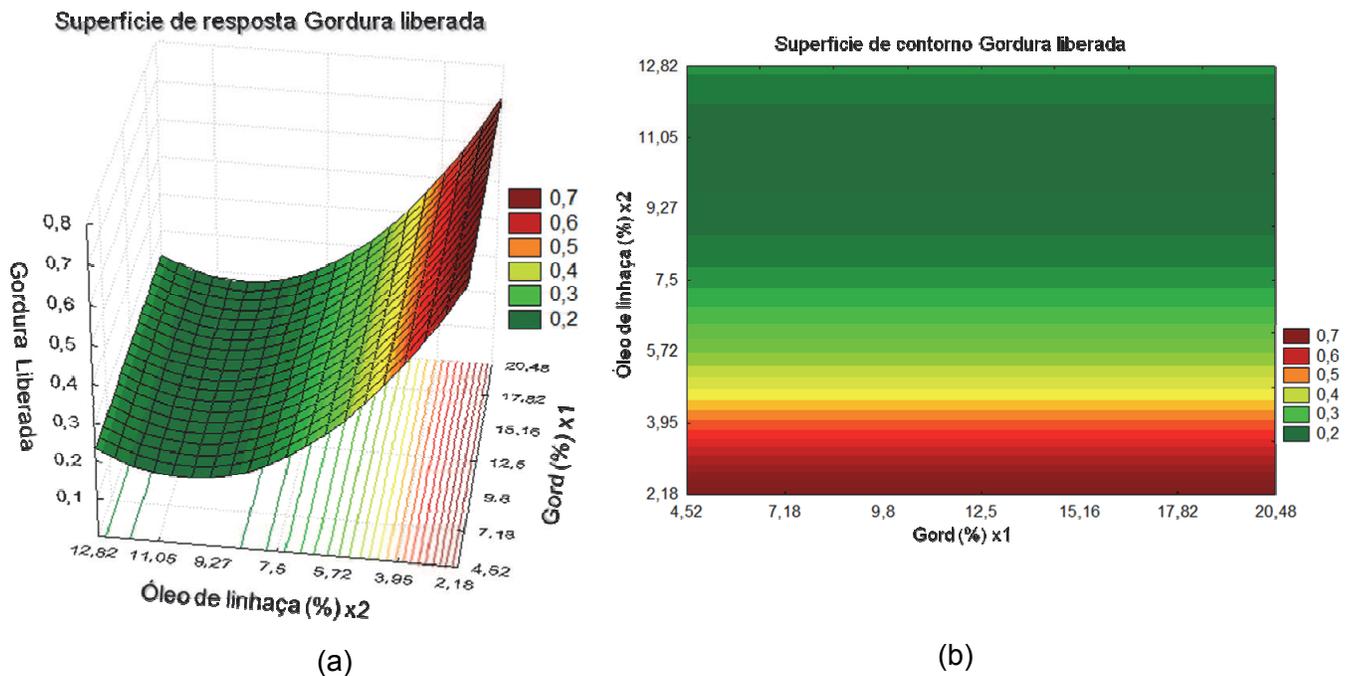


Figura 12: Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para a resposta gordura liberada, da análise de estabilidade de emulsão em função do teor de gordura e óleo de linhaça.

5.1.7 Análise sensorial

A avaliação sensorial realizada para as amostras de mortadelas nos diferentes tratamentos indicou que a substituição da gordura suína pelo óleo de linhaça afetou os atributos sensoriais do produto (Tabela 11). Os provadores identificaram a diferença de coloração da amostra padrão em relação às demais, atribuindo notas maiores para o tratamento sem óleo de linhaça e para o tratamento com pequena quantidade de óleo (2,5%).

Estes resultados são coerentes com a avaliação instrumental da cor o que demonstra a influência do óleo de linhaça neste atributo. Porém, entre os vários níveis de substituição avaliados, as notas para a avaliação da cor foram muito semelhantes demonstrando que as variações não foram perceptíveis pelos

provadores, com exceção da amostra padrão. Desta forma, a maior nota para o atributo cor foi 5,34 referente à formulação padrão que não diferiu estatisticamente ($p > 0,05$) da formulação 10 (12,5% de gordura e 2,5% de óleo de linhaça). A menor nota (3,42) foi da formulação 5 (12,5% de gordura e 7,5% de óleo de linhaça), que, contudo não diferiu estatisticamente ($p > 0,05$) do restante dos ensaios.

Tabela 11: Resultados da análise sensorial do delineamento fatorial completo

Ordem dos ensaios	Cor	Aroma	Sabor	Textura	Impressão global
1	3,84 ^{b,c}	4,42 ^{a,b,c}	5,98 ^{a,b}	5,86 ^{a,b,c}	5,53 ^{a,b,c}
2	4,03 ^{b,c}	4,70 ^{a,b}	6,25 ^{a,b}	6,23 ^{a,b}	5,95 ^{a,b}
3	3,63 ^{b,c}	4,07 ^{a,b,c,d,e}	5,34 ^{b,c}	5,73 ^{a,b,c,d}	5,09 ^{b,c}
4	3,44 ^c	3,01 ^e	3,50 ^d	4,57 ^d	3,77 ^{d,e}
5 ⁿ	3,42 ^c	3,14 ^{d,e}	3,53 ^d	4,70 ^{c,d}	3,46 ^e
6 ⁿ	3,70 ^{b,c}	3,46 ^{c,d,e}	3,60 ^d	4,73 ^{c,d}	3,74 ^{d,e}
7 ⁿ	3,67 ^c	3,16 ^{d,e}	3,50 ^d	5,00 ^{b,c,d}	3,61 ^e
8	3,95 ^{b,c}	3,81 ^{b,c,d,e}	4,57 ^{c,d}	5,36 ^{a,b,c,d}	4,78 ^{c,d}
9	3,94 ^{b,c}	3,62 ^{b,c,d,e}	3,82 ^d	5,13 ^{a,b,c,d}	4,00 ^{d,e}
10	4,89 ^{a,b}	4,20 ^{a,b,c,d}	5,55 ^{b,c}	5,63 ^{a,b,c,d}	5,46 ^{a,b,c}
11	3,80 ^{b,c}	3,32 ^{c,d,e}	3,83 ^d	4,68 ^{c,d}	3,91 ^{d,e}
Padrão	5,34 ^a	5,09 ^a	6,78 ^a	6,26 ^a	6,43 ^a

^{a,b,c,d,e} Médias da mesma coluna com letras iguais não há diferenças estatisticamente significativas ($p > 0,05$ – Teste de Tukey); ⁿ pontos centrais do planejamento experimental
Níveis de gordura suína (G) e de óleo de linhaça (OL) de cada ensaio - 1: 7,18% G e 3,95% OL; 2: 17,82% G e 3,95% OL; 3: 7,18% G e 11,05% OL; 4: 17,82% G e 11,05% OL; 5,6,7: 12,5% G e 7,5% OL; 8: 5% G e 7,5% OL; 9: 20% G e 7,5% OL; 10: 12,5% G e 2,5% OL; 11: 12,5% G e 12,5% OL; Padrão: 20% G, sem OL.

A análise do delineamento experimental mostrou que os efeitos linear e quadrático da variável x2 (óleo de linhaça) foram considerados significativos para a cor ($p < 0,10$), no entanto, o coeficiente de determinação foi baixo ($R^2 = 0,68$) e não foi possível estabelecer um modelo de acordo com essas variáveis nos níveis estabelecidos. Estes resultados diferem dos encontrados por Valência et al. (2008)

onde 15% da gordura foi substituída por óleo de linhaça em salsichas e não houve influência significativa no atributo sensorial cor.

Em relação ao atributo aroma, foram obtidas notas maiores para a formulação padrão e para aqueles tratamentos com pequeno percentual de óleo de linhaça, ou seja, entre 2,5 a 3,95% de óleo. O restante das formulações tiveram notas menores porém, muito semelhantes entre si, o que demonstra que o painel sensorial não detectou nitidamente as diferenças entre os tratamentos com vários níveis de gordura e óleo de linhaça.

Observando-se os resultados obtidos para o atributo aroma na Tabela 11, verifica-se que a maior nota foi 5,09 para a formulação padrão que não diferiu estatisticamente ($p > 0,05$) das formulações 1, 2, 10 e 3. Porém, a formulação 3 com teor relativamente alto de óleo de linhaça (11,05%) foi estatisticamente igual ($p > 0,05$) a todos os ensaios.

O delineamento experimental demonstrou a significância das variáveis quadráticas da gordura e do óleo, além do efeito da variável linear do óleo e da interação entre as variáveis (Tabela 43- Apêndice 1), o que indica a complexidade de fatores envolvidos na percepção do aroma. O F calculado (7,96) foi maior que o F tabelado (3,18), conforme demonstra a Tabela 59 (Apêndice 2) na análise de variância, assim, a superfície de resposta e contorno obtida para o aroma é mostrada na Figura 13, onde é possível perceber uma tendência de melhores notas para este atributo a medida que o nível de gordura aumenta. O modelo obtido foi:

$$\text{Aroma} = 3,253 + 0,309x_1^2 - 0,411x_2 + 0,332x_2^2 - 0,335x_1x_2 \quad (R^2 = 0,84) \quad (7)$$

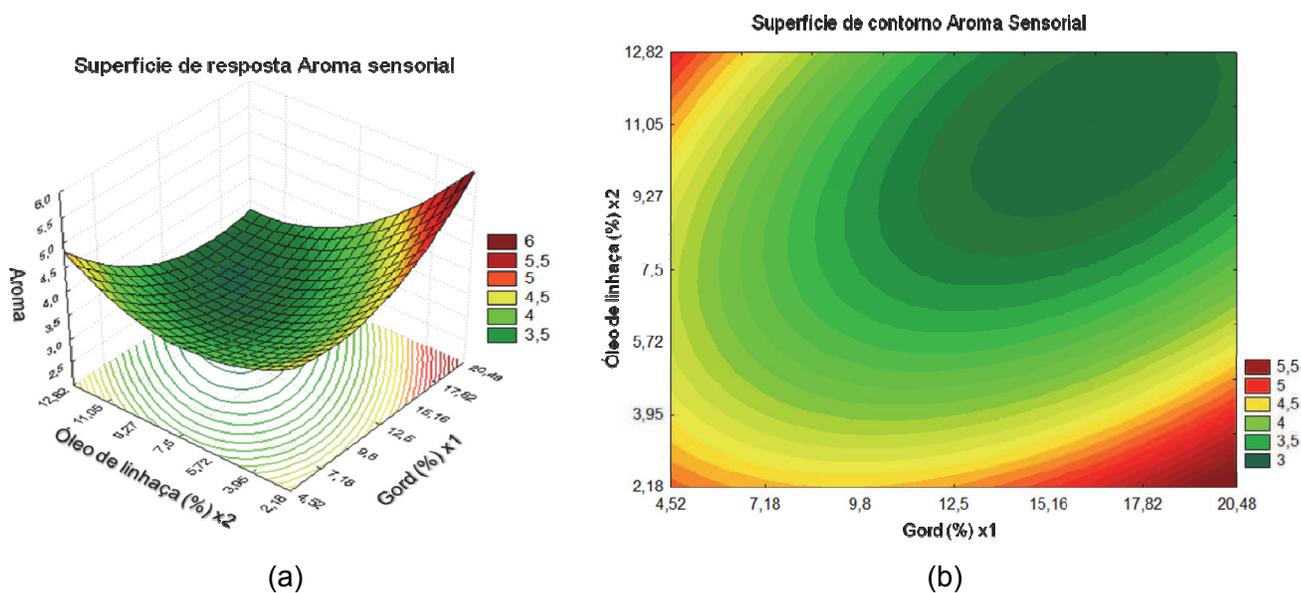


Figura 13. Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para a resposta aroma, da análise sensorial em função do teor de gordura e óleo de linhaça.

O sabor dos produtos sofreu alterações com os diversos níveis das variáveis avaliadas. Novamente, os tratamentos com menores quantidades de óleo (3,95%) não foram estatisticamente ($p > 0,05$) diferentes do padrão. Foi possível perceber que os provadores atribuíram notas menores para as formulações em que o teor total de gordura (a soma dos dois níveis acrescidos) era mais alto e a adição de óleo de linhaça, superior a 3,95%. Exemplo disto é que a nota mais baixa atribuída (3,5) foi a da formulação 4 (17,82% de gordura e 11,05% de óleo de linhaça) que foi estatisticamente igual ($p > 0,05$) a formulação 9 (20% de gordura e 7,5% de óleo de linhaça).

Na análise dos efeitos para o sabor (Tabela 44- Apêndice 1), as variáveis quadrática e linear do óleo foram significativas, além da variável quadrática do óleo, porém o percentual de variação explicada foi baixo ($R^2 = 0,70$) e, portanto não foi possível retirar um modelo.

Os autores Valência et al. (2008) avaliaram salsichas com 15% de substituição de gordura por óleo de linhaça através de um painel sensorial treinado onde os parâmetros de cor, textura, sabor e aceitação global não foram significativamente ($p>0,05$) afetados pela adição de óleo, evidenciando que, quando menores níveis de gordura são substituídos melhores resultados são encontrados.

Ainda segundo Dransfield (2008), têm sido descobertos novos mecanismos envolvidos na percepção do sabor ao se empregar diferentes abordagens nas áreas de nutrição, avaliação sensorial, neurobiologia e biologia celular em humanos e animais de laboratórios. Ao se comparar funções de células receptoras de lipídios em experimentos com animais, este autor levanta a hipótese de que os humanos possuem um sistema sensorial específico para a detecção do gosto de ácidos graxos. Em particular, a percepção ou sensibilidade aos produtos da oxidação de lipídios em carnes e produtos cárneos irão dar origem a uma grande variedade de atributos sensoriais.

Em relação ao atributo sensorial de textura, os resultados obtidos de acordo com o delineamento experimental (Tabela 46- Apêndice 1 e Tabela 61- Apêndice 2), demonstraram que apenas o termo linear da gordura (x_1) não foi estatisticamente significativo ($p<0,10$). O F calculado (6,69) foi maior que o F tabelado (3,18), desta forma, o modelo matemático obtido para a textura com base nas variáveis avaliadas é dado pela equação (8):

$$\text{Textura} = 4,81 + 0,317x_1^2 - 0,392x_2 + 0,272x_2^2 - 0,383x_1x_2 \quad (R^2 = 0,82) \quad (8)$$

Ao se analisar os resultados obtidos para a textura na Tabela 11, verifica-se que a maior nota foi 6,26 para a formulação padrão que não diferiu estatisticamente ($p>0,05$) das formulações 1 (7,18% de gordura e 3,95% de óleo de linhaça), 2 (17,82% de gordura e 3,95% de óleo de linhaça), 3 (7,18% de gordura e

11,05% de óleo de linhaça), 8 (5% de gordura e 7,5% de óleo de linhaça), 9 (20% de gordura e 7,5% de óleo de linhaça) e 10 (12,5% de gordura e 2,5% de óleo de linhaça). A menor nota (4,68) para este atributo foi da formulação 11 (12,5% de gordura e 12,5% de óleo de linhaça) que não diferiu estatisticamente ($p>0,05$) dos demais ensaios.

As médias de notas para o atributo textura obtidas na análise sensorial deste estudo permitem com que se avalie uma ampla faixa de níveis de gordura e óleo de linhaça, já que valores de substituição diferenciados foram estatisticamente iguais ($p>0,05$) à formulação padrão. Já Delgado-Pando et al. (2010) observaram em seu estudo que as notas para a textura diminuíram significativamente em salsichas frankfurters formuladas com pré-emulsões de óleo.

De acordo com a superfície de resposta obtida para a textura (Figura 14), observa-se uma tendência de que a medida que os níveis de gordura aumentam, a partir de aproximadamente 15%, as notas para a textura também melhoram.

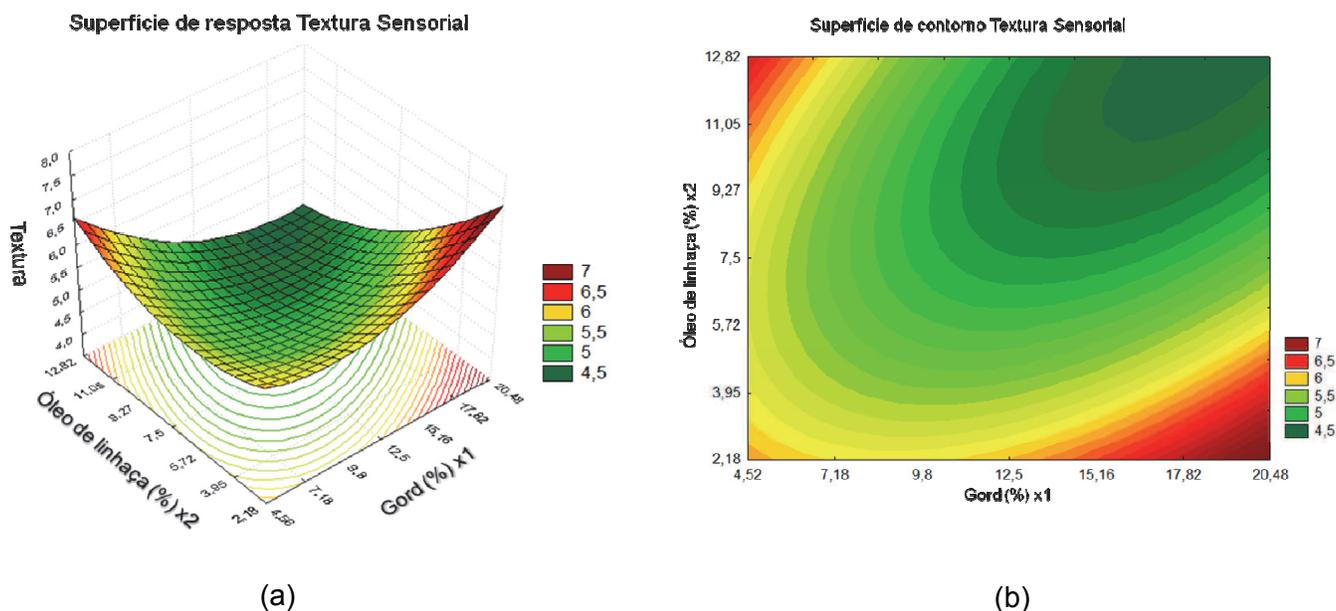


Figura 14. Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para a resposta textura, da análise sensorial em função do teor de gordura e óleo de linhaça.

Já a impressão global das mortadelas foi avaliada pelos provadores de forma semelhante ao atributo sabor, ou seja, os tratamentos com menores percentuais de óleo de linhaça (2,5 a 3,95%) obtiveram notas próximas à formulação padrão. Desta forma, o delineamento experimental indicou os melhores níveis de substituição e o limiar de percepção dos provadores não treinados, consumidores habituais de produtos cárneos. A análise de variância (Tabela 62- Apêndice 2) obteve um alto percentual de variação explicada ($R^2 = 0,86$), onde todas as variáveis foram significativas (Tabela 48- Apêndice 1), com exceção da variável linear da gordura, o F calculado (8,89) foi maior que o F tabelado (3,18) e o modelo obtido foi:

$$\text{Impressão global} = 3,6 + 0,53x_1^2 - 0,602x_2 + 0,68x_2^2 - 0,435x_1x_2 \quad (R^2=0,86) \quad (9)$$

A superfície de resposta mostrada na Figura 15 confirma estes resultados, onde é possível perceber a tendência de que níveis de óleo de linhaça menores, de até 4% com maiores níveis de gordura levam a um aumento da impressão global.

Cáceres et al. (2008) reportam que a adição de até 6% de óleo de peixe em mortadelas, independente do conteúdo de gordura não resultou em diferenças na aceitação global do produto.

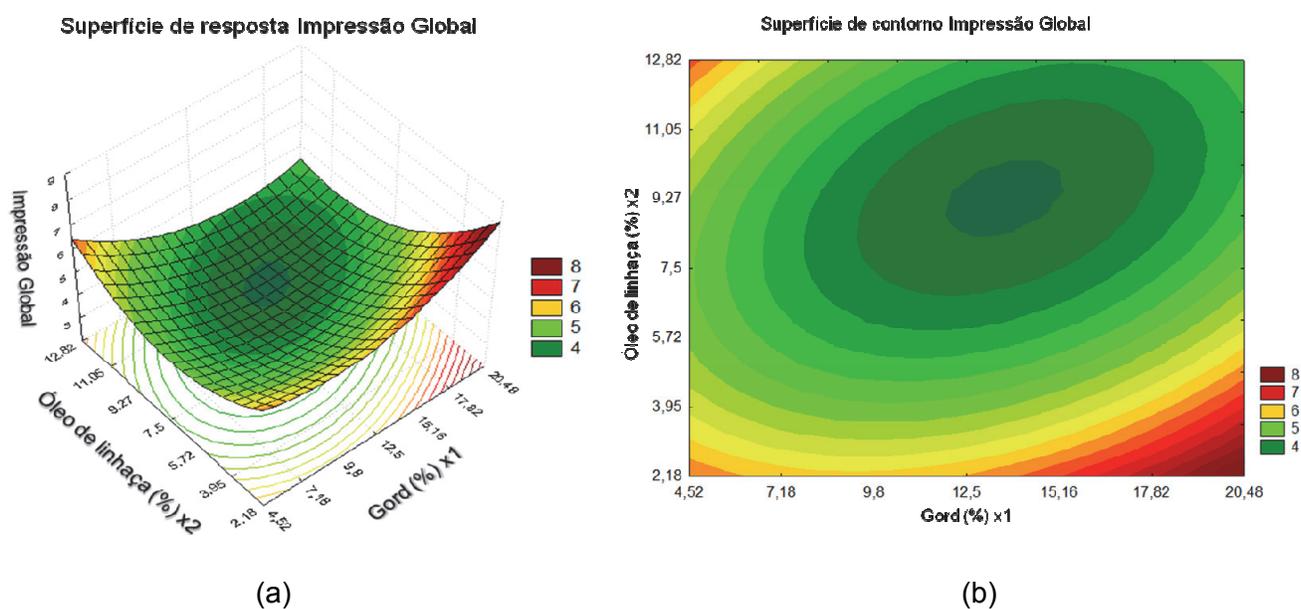


Figura 15. Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para a resposta impressão global, da análise sensorial em função do teor de gordura e óleo de linhaça.

5.1.8 Considerações relevantes para a escolha do nível de substituição

Vários aspectos foram levados em consideração para definir o nível de substituição da gordura suína pelo óleo de linhaça e assim o estudo pudesse prosseguir para a próxima etapa. Inicialmente, foram observadas as características de composição centesimal nos vários ensaios avaliados e o que o

regulamento técnico de identidade e qualidade da mortadela exigia. A formulação a ser selecionada deveria ter no máximo 65% de umidade e no mínimo 12% de proteína (BRASIL, 2000). Além disso, a incorporação de óleo de linhaça em mortadelas deveria resultar em um aumento expressivo no conteúdo de PUFA's, em especial da família ω -3, o máximo possível, de forma a contribuir com as recomendações nutricionais atuais.

Em relação à avaliação objetiva e sensorial da cor, percebeu-se que os níveis de substituição utilizados interferiram nesta característica do produto. Porém, níveis acima de aproximadamente 3,95% de óleo no valor de L^* por exemplo, tiveram efeitos semelhantes. Esta mesma tendência de resultados foi observada na análise sensorial nos atributos cor, aroma e sabor. Ou seja, o painel sensorial não conseguiu detectar diferenças entre os vários teores de substituição utilizados, acima de 3,95%, porém perceberam diferenças em relação à formulação padrão.

A análise de estabilidade de emulsão demonstrou bons resultados para uma ampla faixa de níveis de substituição. Além disso, um ponto importante a se destacar é a melhora na estabilidade com a incorporação das pré-emulsões.

Diante das considerações acima, foi escolhida a Formulação 3, com 17% de lipídios e 60% de substituição da gordura suína pelo óleo de linhaça. Esta escolha foi baseada nos resultados obtidos e no fato de que os *blends* de ervas e especiarias ainda poderiam melhorar os atributos sensoriais do produto e mascarar o sabor do óleo.

5.2 Avaliação da estabilidade da mortadela com perfil lipídico modificado e ervas e especiarias em teste acelerado de oxidação

Todas as ervas e especiarias selecionadas para esta etapa do estudo possuem reconhecida atividade antioxidante em sistemas *in vitro* e

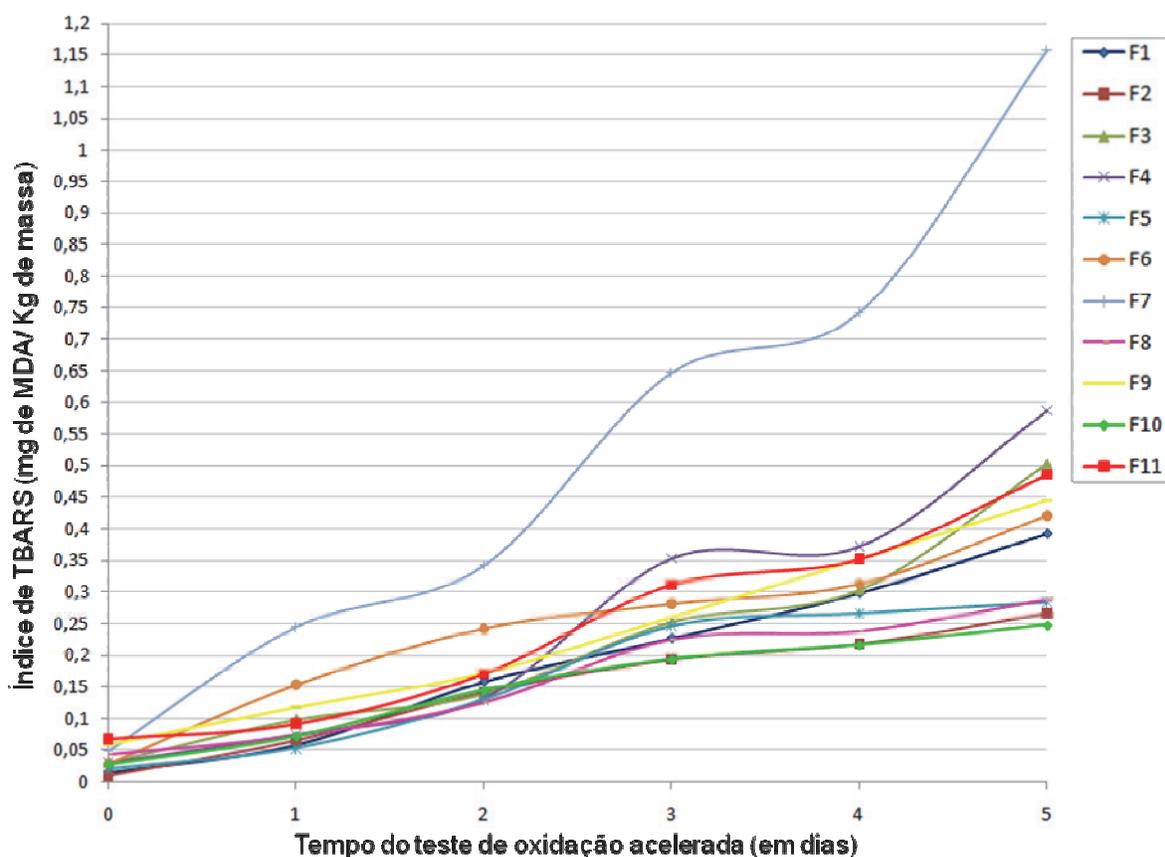
também aplicada em alimentos, relatada na literatura científica (MADSEN e BERTELSEN, 1995; KARPINSKA et al. 2001).

As propriedades antioxidantes dos membros da família *Lamiaceae* ou *Labiatae* são atribuídas principalmente aos compostos fenólicos como o ácido rosmarínico e ácido caféico em alecrim, sálvia, orégano e tomilho (EXARCHOU et al., 2002); flavonóides e ácido rosmarínico em manjerona (NINFALI et al., 2005); óleos voláteis e amidas fenólicas na pimenta branca da família *Piperaceae* (SHAN et al., 2005); thymol e eugenol na pimenta jamaica da família *Myrtaceae* (UHL, 2000); ácido gálico presente no coentro e flavonóides na salsa, ambos da família *Umbelliferae* (WANGENSTEEN et al., 2004; WONG e KITTS, 2006), dentre vários outros compostos com propriedades antioxidantes presentes nas ervas e especiarias citadas.

Contudo, no teste de oxidação acelerada realizado, nem todas as ervas e especiarias tiveram um bom desempenho antioxidante durante os 5 dias de avaliação. Analisando-se os resultados apresentados na Figura 16 foi possível verificar a faixa do índice de TBARS entre aproximadamente 0,001 e 0,6 mg de MDA/Kg de massa nas amostras durante o período do teste, sendo que, a exceção foi a formulação F7, com 1% de salsa, que apresentou um aumento progressivo e maior do que as outras ervas chegando a um valor de TBARS de cerca de 1,15 mg de MDA/Kg de massa. O limiar de detecção da oxidação lipídica em produtos cárneos sugerida por Gray e Pearson (1987) é de 0,5 mg de MDA/Kg de amostra.

Apesar de pesquisas e relatos na literatura científica evidenciarem o poder antioxidante de ervas como a salsa, os mecanismos de reações da oxidação lipídica e antioxidantes em sistemas multifásicos, como os *batters* cárneos enriquecidos com óleos vegetais são extremamente complexos. Muitos fatores podem influenciar a taxa e a extensão da oxidação lipídica, tornando difícil prever o comportamento e a eficácia de antioxidantes nestes sistemas. A oxidação lipídica em emulsões pode ocorrer em todas as fases dos sistemas, além disso,

fatores intrínsecos importantes tais como íons de metais de transição e pH estão presentes, o que diferencia as emulsões de outros sistemas mais simples como de óleos, e os torna mais complexos (JACOBSEN et al., 2008). São ainda poucos os dados a respeito da oxidação lipídica e antioxidantes naturais em *batters* cárneos enriquecidos com PUFA's n-3.



Formulação de cada um dos tratamentos- F1: 1% de alecrim; F2: 1% de coentro; F3: 1% de manjerona; F4: 1% de orégano; F5: 1% de pimenta branca; F6: 1% de pimenta jamaica; F7: 1% de salsa; F8: 1% de salvia; F9: 1% de tomilho; F10: 20% de gordura suína sem ervas e especiarias; F11: 10,8% de óleo de linhaça e 7,2% de gordura suína sem ervas e especiarias.

Figura 16: Acompanhamento do Índice de TBARS no teste de oxidação acelerada.

Além disso, alguns estudos relatam a existência de atividade pró-oxidante em algumas ervas em determinadas circunstâncias. Wong e Kitts (2006) determinaram a capacidade antioxidante e antibacteriana de extratos de salsa e coentro. Vários mecanismos de ação antioxidante dos extratos foram avaliados e atividade pró-oxidante foi encontrada nos extratos aquosos destas ervas. A hipótese levantada por estes autores para explicar este resultado é que o potencial para a atividade pró-oxidante de uma erva pode resultar de sua atividade de redução, especialmente na presença de metais de transição livres. Por exemplo, a capacidade de redução de uma erva mantém o metal na sua forma reduzida e ativa, necessária para se iniciar a oxidação lipídica.

Em outro estudo, Frankel et al. (1996) observaram que os compostos ácido carnosol e carnosínico presentes no alecrim, eram inativos ou pró-oxidantes em emulsões óleo em água preparadas com óleo de milho, óleo de soja ou óleo de amendoim.

Em relação à proteção antioxidante exercida pelas outras ervas avaliadas neste estudo, ao se observar a Figura 16, percebe-se que o coentro (F2), a salvia (F8) e a pimenta branca (F5) ao final do período avaliado obteve valores de TBARS muito próximos da formulação padrão (somente com gordura suína) e bem abaixo de F11 (formulação sem ervas e com óleo de linhaça). Já o alecrim (F1), a pimenta jamaica (F6) e o tomilho (F9) tiveram valores de TBARS mais altos do que F2, F8 e F5, porém também foram observados valores menores do que a formulação F11. Já para a manjerona (F3), o gráfico representado pela Figura 16 demonstrou menores valores de oxidação do que F11 até o quarto dia, contudo, no último verificou-se que o valor de TBARS praticamente se igualou com de F11. Comportamento semelhante foi observado para o orégano (F4), onde somente até o segundo dia de teste teve valores menores de TBARS do que F11.

Diante dos resultados obtidos, é possível perceber que a eficácia das ervas e especiarias acima demonstradas como antioxidantes se fazem presentes em várias pesquisas desenvolvidas. Karpinska et al. (2001) avaliaram a

capacidade antioxidante da sálvia e de uma mistura de ervas e especiarias (sálvia, pimenta vermelha e preta, alho e manjerona) em bolos de carne preparados com carne mecanicamente separada de peru, fritos em óleo de soja e estocados em temperatura de refrigeração por 4 dias. A adição de sálvia e da mistura de ervas e especiarias retardou o processo de oxidação, sendo que a sálvia provou ser mais eficiente do que a mistura utilizada.

Mahrour et al. (2003) avaliaram coxas de frango marinadas em uma mistura contendo suco de limão, tomilho e alecrim moídos, contidas em embalagem permeável ao ar, quando submetidas à irradiação, não sofrendo alterações significativas em sua composição de ácidos graxos insaturados (principalmente aqueles derivados da fração fosfolipídica).

Lee et al. (2006) avaliaram os efeitos de antioxidantes em produtos cárneos enriquecidos com PUFA n-3. O extrato de alecrim em combinação com o citrato e o eritorbato de sódio em hambúrgueres de peru e embutidos de carne suína mostrou exercer efeitos antioxidantes importantes para a proteção dos produtos.

5.2.1 Composição dos blends de ervas e especiarias

Conforme se pôde perceber nos trabalhos citados e no teste de oxidação acelerada, a eficácia de cada erva ou especiaria varia nos diferentes tipos de alimentos. Além disso, o uso dos antioxidantes naturais deve ser compatível sensorialmente com o produto no qual é adicionado.

Desta forma, foi considerada uma harmonização adequada de sabores e aromas, de acordo com o que é usualmente aplicado nas indústrias cárneas que produzem mortadelas e ainda, aquelas ervas ou especiarias que tiveram resultados de oxidação mais baixos, assim, prepararam-se *blends*,

observando os critérios estabelecidos anteriormente no item 4.5.3, conforme demonstra o esquema da Figura 17:

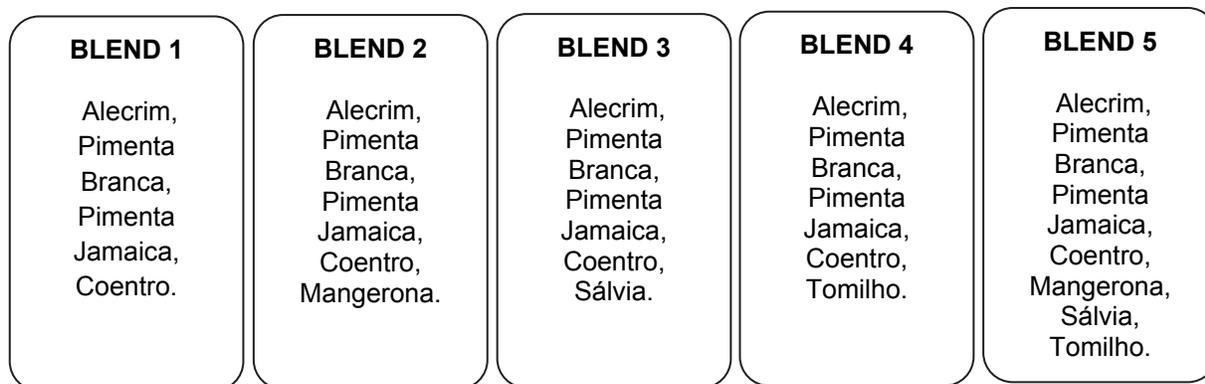


Figura 17: Composição dos blends de ervas e especiarias para serem utilizadas em mortadela com substituição de gordura suína por óleo de linhaça

5.3 Avaliação das características físico-químicas e sensoriais da mortadela com perfil lipídico modificado adicionado de blends de ervas e especiarias durante a estocagem

5.3.1 Características das matérias-primas da mortadela

As matérias-primas paleta suína e patinho bovino utilizadas no processamento da Etapa 3 foram avaliadas quanto à composição centesimal, apresentada na Tabela 12.

Tabela 12: Composição centesimal das matérias-primas utilizadas

Matéria-prima	Umidade (%)	Lipídios (%)	Proteína (%)	Cinzas (%)
Carne suína	72,22 ± 0,07	4,10 ± 0,19	22,84 ± 0,55	1,08 ± 0,03
Carne bovina	73,96 ± 0,44	3,01 ± 0,13	22,92 ± 0,11	1,12 ± 0,06

Os resultados obtidos na Tabela 12 para a carne suína foram bastante semelhantes aos obtidos para a carne bovina, sendo que, para o teor de proteínas e cinzas não houve diferenças significativas ($p>0,05$). Já o teor de umidade variou de $72,22\% \pm 0,07$ a $73,96\% \pm 0,44$ e o teor de lipídios variou de $3,01 \pm 0,13$ a $4,10 \pm 0,19$.

Os valores médios da composição centesimal da carne suína foram semelhantes aos obtidos por Arruda (2008), com exceção do teor de proteína, que foi acima do valor encontrado no presente trabalho: 72,27% de umidade, 24,84% de proteínas, 4,39% de lipídios e 1,12% de cinzas.

Comparando-se os resultados da Tabela 14 para a carne bovina com os apresentados pela Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO, 2006), que indicam valores de 72,9% de umidade, 21,7% de proteínas, 4,5% de lipídios e 1% de cinzas para patinho bovino cru sem gordura, é possível observar pequenas diferenças, porém não significativas. Tais diferenças podem ser provenientes da toaleta realizada nos cortes, assim como são inerentes dos fatores intrínsecos e extrínsecos que afetam as carnes dos animais, como espécie, sexo, nutrição, idade e ambiente (LAWRIE, 2005).

5.3.2 Composição centesimal das mortadelas com perfil lipídico modificado adicionado de *blends* de ervas e especiarias (Etapa 3)

Os resultados da composição centesimal das mortadelas produzidas nesta etapa são demonstrados na Tabela 13. O teor de umidade das formulações variou de $61,18\% \pm 0,25$ em F6 (Padrão) a $64,33\% \pm 0,09$ em F2 (Blend 2). Contudo, F2 não diferiu estatisticamente ($p>0,05$) de F1, F7 e F3. Foi observado que o valor de umidade de F4 foi ligeiramente menor (63%), no entanto, estas diferenças são inerentes a perdas durante o processamento e não impactam de uma maneira geral na avaliação da composição centesimal básica dos produtos.

Tabela 13: Composição centesimal das mortadelas com perfil lipídico modificado adicionado de *blends* de ervas e especiarias

Formulação	Umidade (%)	Lipídeos (%)	Proteína (%)	Cinzas (%)
F1	63,97 ± 0,03 ^{a,b}	16,04 ± 0,38 ^b	14,20 ± 0,22 ^c	2,69 ± 0,01 ^{b,c}
F2	64,33 ± 0,09 ^a	15,07 ± 0,06 ^c	14,25 ± 0,27 ^{b,c}	2,74 ± 0,02 ^b
F3	64,15 ± 0,02 ^{a,b}	15,85 ± 0,14 ^{b,c}	14,79 ± 0,26 ^{a,b,c}	2,54 ± 0,12 ^c
F4	63,00 ± 0,09 ^c	16,46 ± 0,12 ^b	14,75 ± 0,18 ^{a,b,c}	2,58 ± 0,02 ^c
F5	63,87 ± 0,18 ^b	16,04 ± 0,46 ^b	14,91 ± 0,13 ^{a,b}	2,55 ± 0,06 ^c
F6	61,18 ± 0,25 ^d	17,48 ± 0,42 ^a	15,02 ± 0,11 ^a	2,94 ± 0,05 ^a
F7	64,14 ± 0,10 ^{a,b}	16,23 ± 0,29 ^b	14,38 ± 0,27 ^{a,b,c}	2,68 ± 0,07 ^{b,c}

^{a,b,c} Médias da mesma coluna com letras iguais não há diferenças estatisticamente significativas ($p > 0,05$ – Teste de Tukey). * Todas as formulações com exceção da F6, possuem 7,2% de gordura suína e 10,8% de óleo de linhaça. F1: 0,5% do Blend 1 (A, PJ, PB e C); F2: 0,5% do Blend 2 (A, PJ, PB, C e M); F3: 0,5% do Blend 3 (A, PJ, PB, C e S); F4: 0,5% do Blend 4 (A, PJ, PB, C e T); F5: 0,5% do Blend 5 (A, PJ, PB, C, M, S e T); F6: Padrão c/ 20% de gordura suína, sem ervas e especiarias; F7: Padrão c/ óleo de linhaça, sem ervas e especiarias. A: Alecrim; PJ: Pimenta Jamaica; PB: Pimenta Branca; C: Coentro; M: Manjerona; S: Sálvia; T: Tomilho.

O teor de umidade foi inversamente proporcional ao conteúdo de lipídios, conforme ocorreu na primeira etapa. A formulação F4, com menor teor de umidade, apresentou maior teor de gordura (16,46%), depois de F6, formulação padrão (20% de gordura suína) com 17,48% de lipídios que diferiu estatisticamente ($p < 0,05$) de todos os outros ensaios. Em relação ao teor de lipídios encontrados nas amostras com perfil lipídico modificado, ou seja, de F1 a F5 e F7, houve pequenas variações nos valores encontrados, que se situaram entre 15,07% (F2 com maior valor de umidade) a 16,46% (F4).

O teor de proteínas variou entre 15,02% ± 0,11 em F6 (Padrão) a 14,2% ± 0,22 em F1, que no entanto, não diferiram estatisticamente ($p > 0,05$) de F2, F3, F4 e F7. Todas as formulações com perfil lipídico modificado tiveram valores de proteínas muito próximos (14,2% a 14,79%) e que atendem o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade para mortadelas que exige no mínimo 12% de proteínas para este produto (BRASIL, 2000).

A formulação padrão (F6) obteve o maior valor de cinzas (2,94%) que diferiu estatisticamente do restante dos ensaios e foi semelhante ao que foi encontrado na formulação padrão da primeira etapa (2,83%). A formulação F7 (Padrão com óleo de linhaça) com 2,68% de cinzas não diferiu estatisticamente ($p > 0,05$) das outras formulações com blends de ervas e especiarias.

5.3.3 Perfis de ácidos graxos no início e fim da vida útil dos produtos

A Tabela 14 expressa as porcentagens de área dos perfis de ácidos graxos das mortadelas com óleo de linhaça e *blends* de ervas e especiarias, além dos perfis das amostras controle com gordura suína e com óleo de linhaça sem os *blends* no tempo inicial da estocagem. De acordo com estes dados pôde-se verificar que os ácidos graxos mais abundantes na amostra padrão F6 (somente com gordura suína) foram os MUFAs (ácidos graxos monoinsaturados) seguidos por SFAs (saturados) e por último os PUFAs. Na amostra padrão F6, o ácido graxo presente em maior quantidade foi o ácido oléico C18:1, seguido pelo ácido palmítico C16:0 e esteárico C18:0, e, por último o ácido linoléico C18:2. Estes resultados foram muito semelhantes aos reportados por Delgado-Pando (2010) em se tratando de sua amostra controle de salsichas frankfurters com gordura suína, quando comparada a outros perfis lipídicos de amostras com várias combinações de óleos vegetais.

A adição do óleo de linhaça nas mortadelas promoveu mudanças importantes nos perfis lipídicos dos produtos, grande parte, devido à composição deste óleo, rico em PUFAs, em especial n-3 e baixo teor de SFAs. Em comparação com a amostra padrão F6, todas as formulações tiveram reduções significativas de SFAs, como por exemplo, o ácido palmítico que foi reduzido de 23,55% para 12,96% na amostra F7, ressaltando que esta formulação foi a com menor redução que já é extremamente satisfatória. Além disso, a quantidade total de PUFAs aumentou de 13,90% em F6 para cerca de 50% nas outras formulações com óleo de linhaça, ou seja, um aumento de mais de 70%.

Tabela 14: Perfil de ácidos graxos das mortadelas adicionadas de óleo de linhaça e blends de ervas e especiarias no tempo inicial

Ácidos graxos	Ensaio						
	F1	F2	F3	F4	F5	F 6 (Padrão)	F7
<i>Mirístico 14:0</i>	0,58±0,00 ^d	0,58±0,00 ^d	0,61±0,00 ^c	0,61±0,00 ^c	0,63±0,00 ^{b,c}	1,36±0,00 ^a	0,64±0,01 ^b
<i>Palmitico 16:0</i>	12,54±0,01 ^c	12,05±0,09 ^d	12,25±0,07 ^d	12,21±0,04 ^d	12,86±0,02 ^b	23,55±0,00 ^a	12,96±0,07 ^b
<i>Estearico 18:0</i>	7,04±0,02 ^c	6,67±0,08 ^d	6,79±0,05 ^d	6,80±0,02 ^d	7,25±0,02 ^b	13,45±0,05 ^a	7,33±0,05 ^b
<i>Araquídico 20:0</i>	0,15±0,00 ^{b,c}	0,14±0,00 ^d	0,14±0,00 ^{c,d}	0,14±0,00 ^{c,d}	0,16±0,00 ^b	0,25±0,00 ^a	0,16±0,00 ^b
<i>Outros SFA's</i>	0,56±0,00 ^b	0,62±0,00 ^b	0,63±0,01 ^b	0,61±0,00 ^b	0,59±0,02 ^b	0,86±0,01 ^a	0,57±0,03 ^b
Σ SFA	20,87	20,06	20,42	20,37	21,49	39,47	21,66
<i>Palmitoléico 16:1</i>	1,0±0,00 ^d	1,01±0,00 ^{c,d}	1,04±0,00 ^b	1,02±0,00 ^c	1,01±0,00 ^{c,d}	2,22±0,01 ^a	1,02±0,00 ^c
<i>Margaroléico 17:1</i>	0,22±0,00 ^c	0,25±0,01 ^b	0,24±0,00 ^{b,c}	0,23±0,00 ^{b,c}	0,23±0,00 ^{b,c}	0,45±0,00 ^a	0,23±0,00 ^{b,c}
<i>Oléico 18:1</i>	27,36±0,06 ^c	27,12±0,01 ^d	27,41±0,09 ^c	27,14±0,04 ^d	27,25±0,01 ^{c,d}	42,84±0,01 ^a	27,61±0,10 ^b
<i>Gadoléico 20:1</i>	0,38±0,00 ^c	0,33±0,00 ^e	0,34±0,00 ^{d,e}	0,35±0,01 ^d	0,38±0,00 ^c	0,80±0,00 ^a	0,40±0,00 ^b
Σ MUFA	28,96	28,71	29,03	28,74	28,87	46,31	29,26
<i>Linoléico 18:2 n-6</i>	13,97±0,00 ^b	14,42±0,09 ^a	14,40±0,04 ^a	14,38±0,08 ^a	13,65±0,05 ^c	12,63±0,04 ^d	13,70±0,11 ^{b,c}
<i>Linoléico 18:3 n-3</i>	35,57±0,07 ^{b,c}	36,16±0,08 ^a	35,33±0,22 ^c	35,86±0,03 ^{a,b}	35,23±0,10 ^c	0,61±0,01 ^e	34,62±0,03 ^d
<i>Araquidônico 20:4 n-6</i>	0,24±0,00 ^b	0,26±0,01 ^b	0,24±0,00 ^b	0,25±0,00 ^b	0,24±0,01 ^b	0,36±0,00 ^a	0,24±0,00 ^b
<i>Estearidônico 18:4 n-3</i>	0,10±0,00 ^c	0,11±0,00 ^{b,c}	0,12±0,01 ^{a,b}	0,11±0,00 ^{b,c}	0,09±0,00 ^c	0,14±0,01 ^a	0,10±0,01 ^c
<i>EPA 20:5 n-3</i>	0,04±0,01 ^a	0,03±0,00 ^a	0,03±0,00 ^a	0,03±0,00 ^a	0,04±0,00 ^a	0,05±0,02 ^a	0,04±0,01 ^a
<i>DPA 22:5 n-3</i>	0,09±0,01 ^a	0,09±0,01 ^a	0,07±0,00 ^a	0,08±0,02 ^a	0,10±0,02 ^a	0,11±0,02 ^a	0,10±0,02 ^a
Σ PUFA	50,01	51,07	50,19	50,71	49,35	13,90	48,80
PUFA/SFA	2,40	2,55	2,46	2,49	2,30	0,35	2,25
Σ n-3	35,80	36,39	35,55	36,08	35,46	0,91	34,86
Σ n-6	14,21	14,68	14,64	14,63	13,89	12,99	13,94
n-6/n-3	0,40	0,40	0,41	0,41	0,39	14,27	0,39
<i>Elaidico trans 18:1</i>	-	-	0,18	-	0,13	0,20	0,11
<i>Linoléico trans 18:3</i>	0,16±0,00 ^{a,b}	0,16±0,01 ^{a,b}	0,18±0,02 ^a	0,18±0,00 ^a	0,16±0,00 ^{a,b}	0,12±0,00 ^b	0,17±0,01 ^a
Σ Trans	0,16	0,16	0,36	0,18	0,29	0,32	0,28

^{a,b,c,d,e} Médias da mesma linha com letras iguais não há diferenças estatisticamente significativas ($p > 0,05$ – Teste de Tukey). * Todas as formulações com exceção da F6, possuem 7,2% de gordura suína e 10,8% de óleo de linhaça. F1: 0,5% do Blend 1 (A, PJ, PB e C); F2: 0,5% do Blend 2 (A, PJ, PB, C e M); F3: 0,5% do Blend 3 (A, PJ, PB, C e S); F4: 0,5% do Blend 4 (A, PJ, PB, C e T); F5: 0,5% do Blend 5 (A, PJ, PB, C, M, S e T); F6: Padrão c/ 20% de gordura suína, sem ervas e especiarias; F7: Padrão c/ óleo de linhaça, sem ervas e especiarias. A: Alecrim; PJ: Pimenta Jamaica; PB: Pimenta Branca; C: Coentro; M: Manjerona; S: Sálvia; T: Tomilho.

Entre as formulações com óleo de linhaça, é possível verificar que alguns *blends* de ervas e especiarias se destacaram inicialmente na proteção dos PUFA. Os maiores teores de ácido α -linolênico foram encontrados nas amostras F2 e F4, com 36,16% e 35,85% respectivamente e os mais baixos na formulação F7, sem ervas e especiarias, com 34,62%, seguida por F5 com 35,23%, estatisticamente igual ($p>0,05$) a F7.

Além disso, a formulação F7 resultou no mais alto teor de SFAs com 21,66%, e o mais baixo somatório de PUFA, 48,80%. Os maiores valores totais de PUFA foram observados nas formulações F2 e F4 com 51,07% e 50,71%, respectivamente. Estes resultados corroboram com os encontrados por Valência et al. (2008) que também encontraram um aumento significativo no teor de PUFA, em especial o ácido α -linolênico, em embutidos cozidos com 15% de substituição de gordura suína por óleo de linhaça e com os antioxidantes naturais catequinas de chá verde ou com extratos derivados de grãos de café, sugerindo que os mesmos conferiram proteção ao ácido α -linolênico contra a deterioração durante o cozimento dos produtos.

Ansorena e Astiasarán (2004) também verificaram, em seu estudo com embutidos fermentados onde um quarto da gordura foi substituída por óleo de linhaça, altos valores de ácido linoléico e α -linolênico nos produtos com os antioxidantes sintéticos BHA e BHT, o que indica que a presença de antioxidantes pode reduzir a deterioração destes ácidos graxos, que são mais susceptíveis à oxidação.

À medida que implicações na saúde pelo consumo de gorduras saturadas são cada vez mais evidentes, proporções entre ácidos graxos específicos são recomendados. Desta maneira, a proporção recomendada da relação PUFA/SFA deve ser maior que 0,4 e a razão n-6/n-3 menor que 4 (WOOD et al., 2003). Todas as formulações com óleo de linhaça estão em conformidade com as recomendações, apresentando valores da razão PUFA/SFA entre 2,25 (F7) a 2,55 (F2) e valores em torno de 0,4 para a relação n-6/n-3, que contrasta

consideravelmente com o valor encontrado para esta razão na amostra padrão (F6) com 14,27.

A Tabela 15 apresenta o perfil de ácidos graxos das mortadelas após 60 dias de estocagem em câmara de refrigeração, o que possibilitou a avaliação da qualidade nutricional destes produtos no término de sua vida útil.

Tabela 15: Perfil de ácidos graxos das mortadelas adicionadas de óleo de linhaça e blends de ervas e especiarias no tempo final (60 dias)

Ácidos graxos	Ensaio						
	F1	F2	F3	F4	F5	F 6 (Padrão)	F7
<i>Mirístico 14:0</i>	0,61±0,01 ^d	0,63±0,01 ^{c,d}	0,71±0,00 ^b	0,62±0,01 ^{c,d}	0,70±0,01 ^b	1,35±0,00 ^a	0,65±0,00 ^c
<i>Palmitico 16:0</i>	13,06±0,12 ^c	12,71±0,24 ^c	13,91±0,09 ^b	12,45±0,16 ^c	14,02±0,16 ^b	23,69±0,23 ^a	12,92±0,04 ^c
<i>Estearico 18:0</i>	7,49±0,09 ^{c,d}	7,24±0,15 ^{d,e}	7,91±0,15 ^{b,c}	7,01±0,09 ^e	8,09±0,08 ^b	13,50±0,04 ^a	7,77±0,02 ^{b,c}
<i>Araquidico 20:0</i>	0,16±0,00 ^{b,c}	0,14±0,00 ^d	0,15±0,00 ^{c,d}	0,14±0,00 ^d	0,17±0,00 ^b	0,26±0,00 ^a	0,16±0,00 ^{b,c}
<i>Outros SFA's</i>	0,63±0,00 ^d	0,76±0,00 ^{b,c}	0,94±0,04 ^a	0,68±0,03 ^{c,d}	0,79±0,03 ^b	0,93±0,00 ^a	0,67±0,00 ^{c,d}
Σ SFA	21,95	21,48	23,62	20,90	23,77	39,73	22,17
<i>Palmitoléico 16:1</i>	1,06±0,02 ^d	1,06±0,01 ^d	1,15±0,00 ^b	1,04±0,01 ^d	1,09±0,00 ^{c,d}	2,20±0,01 ^a	1,14±0,00 ^{b,c}
<i>Margaroléico 17:1</i>	0,22±0,00 ^d	0,24±0,00 ^c	0,26±0,00 ^b	0,24±0,00 ^c	0,24±0,00 ^c	0,45±0,00 ^a	0,23±0,00 ^{c,d}
<i>Oléico 18:1</i>	28,14±0,03 ^{c,d}	28,14±0,23 ^{c,d}	29,69±0,01 ^b	27,47±0,30 ^d	28,71±0,26 ^c	42,62±0,13 ^a	27,31±0,05 ^d
<i>Gadoléico 20:1</i>	0,41±0,00 ^b	0,38±0,01 ^c	0,41±0,01 ^b	0,37±0,01 ^c	0,44±0,00 ^b	0,81±0,00 ^a	0,44±0,00 ^b
Σ MUFA	29,83	29,82	31,51	29,12	30,48	46,08	29,12
<i>Linoléico 18:2 n-6</i>	13,96±0,04 ^b	14,60±0,01 ^a	14,01±0,03 ^b	14,57±0,09 ^a	13,47±0,08 ^c	12,23±0,07 ^d	14,05±0,02 ^b
<i>Linoléico 18:3 n-3</i>	33,28±0,25 ^{a,b}	33,04±0,00 ^{a,b}	29,49±0,32 ^c	34,47±0,36 ^a	31,04±0,40 ^{b,c}	0,60±0,01 ^d	32,86±0,11 ^{a,b}
<i>Araquidônico 20:4 n-6</i>	0,20±0,00 ^{b,c}	0,20±0,01 ^{b,c}	0,17±0,01 ^c	0,22±0,01 ^b	0,18±0,00 ^{b,c}	0,28±0,00 ^a	0,21±0,00 ^b
<i>Estearidônico 18:4 n-3</i>	0,38±0,02 ^b	0,46±0,02 ^b	0,54±0,22 ^{a,b}	0,35±0,00 ^b	0,46±0,00 ^b	0,50±0,01 ^b	0,87±0,01 ^a
<i>EPA 20:5 n-3</i>	0,06±0,01 ^a	0,06±0,01 ^a	0,06±0,01 ^a	0,06±0,02 ^a	0,07±0,00 ^a	0,06±0,00 ^a	0,09±0,01 ^a
<i>DPA 22:5 n-3</i>	0,09±0,02 ^a	0,08±0,01 ^a	0,11±0,02 ^a	0,07±0,01 ^a	0,10±0,01 ^a	0,11±0,00 ^a	0,12±0,01 ^a
<i>DHA 22:6 n-3</i>	0,09±0,00 ^a	0,11±0,01 ^a	0,19±0,11 ^a	0,08±0,00 ^a	0,13±0,01 ^a	0,11±0,00 ^a	0,22±0,00 ^a
Σ PUFA	48,06	48,55	44,57	49,82	45,45	13,89	48,42
PUFA/SFA	2,19	2,26	1,88	2,38	1,91	0,35	2,18
Σ n-3	33,90	33,75	30,39	35,03	31,80	1,38	34,16
Σ n-6	14,16	14,80	14,18	14,79	13,65	12,51	14,26
n-6/n-3	0,42	0,44	0,47	0,42	0,43	9,06	0,42
<i>Elaidico trans 18:1</i>	-	-	0,14	-	0,11	0,18	0,13
<i>Linoléico trans 18:3</i>	0,16±0,02 ^b	0,15±0,00 ^b	0,16±0,01 ^{a,b}	0,16±0,00 ^b	0,19±0,02 ^a	0,12±0,00 ^c	0,16±0,00 ^b
Σ Trans	0,16	0,15	0,30	0,16	0,30	0,30	0,29

^{a,b,c,d,e} Médias da mesma linha com letras iguais não há diferenças estatisticamente significativas ($p > 0,05$ – Teste de Tukey). * Todas as formulações com exceção da F6, possuem 7,2% de gordura suína e 10,8% de óleo de linhaça. F1: 0,5% do Blend 1 (A, PJ, PB e C); F2: 0,5% do Blend 2 (A, PJ, PB, C e M); F3: 0,5% do Blend 3 (A, PJ, PB, C e S); F4: 0,5% do Blend 4 (A, PJ, PB, C e T); F5: 0,5% do Blend 5 (A, PJ, PB, C, M, S e T); F6: Padrão c/ 20% de gordura suína, sem ervas e especiarias; F7: Padrão c/ óleo de linhaça, sem ervas e especiarias. A: Alecrim; PJ: Pimenta Jamaica; PB: Pimenta Branca; C: Coentro; M: Manjerona; S: Sálvia; T: Tomilho.

Após 2 meses de estocagem, as formulações com óleo de linhaça mantiveram baixos valores de SFAs como ácido palmítico e esteárico em comparação com o controle e, ainda, valores altos de PUFAs. De uma forma geral, observou-se uma redução nos teores de PUFAs nas amostras com óleo de linhaça, porém ainda com valores significativos que atendiam as recomendações nutricionais. Valência et al. (2006) avaliaram o Chorizo de Pamplona com 25% de substituição de gordura suína por óleo de linhaça e antioxidantes sintéticos (BHA e BHT) e concluíram que os produtos tiveram seus benefícios nutricionais preservados durante 5 meses de estocagem.

Entre as amostras, foi possível verificar que o teor mais alto de ácido α -linolênico foi encontrado na amostra F4, que, porém, não diferiu significativamente ($p>0,05$) de F7, indicando que a proteção antioxidante observada no início não permaneceu no final do período de estocagem. Além disso, o somatório de PUFAs nas formulações F3 e F5 foram menores do que o encontrado em F7, o que fornece indícios de que os blends de ervas e especiarias de F3 e F5 não foram efetivos como antioxidantes até o final da vida útil dos produtos. As formulações F4 e F3 tiveram teores de PUFAs totais ligeiramente maiores que F7 (48,42%), com 49,82% e 48,55%, respectivamente.

5.3.4 Determinação da estabilidade de emulsão

Os resultados obtidos na análise de estabilidade de emulsão dos produtos elaborados na Etapa 3 são demonstrados na Tabela 16.

Tabela 16: Teste de estabilidade de emulsão para mortadelas adicionadas de óleo de linhaça e blends de ervas e especiarias

Amostras	(%) Líquido total liberado	(%) Gordura liberada
F1	1,60 ± 0,30 ^{a,b}	0,105 ± 0,018 ^{a,b}
F2	1,55 ± 0,10 ^b	0,098 ± 0,012 ^b
F3	1,35 ± 0,19 ^b	0,087 ± 0,012 ^b
F4	1,83 ± 0,24 ^{a,b}	0,125 ± 0,011 ^{a,b}
F5	2,18 ± 0,28 ^a	0,141 ± 0,017 ^a
F6	1,22 ± 0,06 ^b	0,092 ± 0,08 ^b
F7	1,57 ± 0,23 ^{a,b}	0,105 ± 0,017 ^{a,b}

^{a,b} Médias da mesma coluna com letras iguais não há diferenças estatisticamente significativas ($p > 0,05$ – Teste de Tukey). * Todas as formulações com exceção da F6, possuem 7,2% de gordura suína e 10,8% de óleo de linhaça. F1: 0,5% do Blend 1 (A, PJ, PB e C); F2: 0,5% do Blend 2 (A, PJ, PB, C e M); F3: 0,5% do Blend 3 (A, PJ, PB, C e S); F4: 0,5% do Blend 4 (A, PJ, PB, C e T); F5: 0,5% do Blend 5 (A, PJ, PB, C, M, S e T); F6: Padrão c/ 20% de gordura suína, sem ervas e especiarias; F7: Padrão c/ óleo de linhaça, sem ervas e especiarias. A: Alecrim; PJ: Pimenta Jamaica; PB: Pimenta Branca; C: Coentro; M: Manjerona; S: Sálvia; T: Tomilho.

Os dados apresentados na Tabela 16 demonstram que todas as amostras apresentaram boa estabilidade de emulsão e valores muito semelhantes para os dois parâmetros avaliados. Isto pode ser atribuído à formulação nobre utilizada nesse estudo composta por 54% de matérias primas cárneas. Em relação ao percentual de líquido liberado os valores variaram de 2,18% em F5 a 1,22% em F6 (padrão), que não diferiu estatisticamente ($p > 0,05$) do restante das formulações. Comportamento similar foi observado para o percentual de gordura liberada onde os valores variaram de 0,141% em F5 a 0,087% em F3, que não diferiu estatisticamente ($p > 0,05$) das outras amostras. Tais resultados comprovam

novamente o que foi visto na primeira etapa, ou seja, a excelente estabilidade e propriedade de ligação das pré-emulsões de óleo na matriz cárnea.

5.3.5 Avaliação da cor objetiva durante o período de estocagem

Os resultados do parâmetro L* durante o tempo de estocagem da análise de cor objetiva são apresentados na Tabela 17.

Tabela 17: Valores do parâmetro L* para mortadelas adicionadas de óleo de linhaça e blends de ervas e especiarias durante a estocagem refrigerada

Amostra	Tempo de estocagem (dias)				
	0	15	30	45	60
F1	72,22 ± 0,47 ^{a,B}	71,46 ± 0,16 ^{b,A,B}	71,35 ± 0,25 ^{a,C}	72,45 ± 0,34 ^{a,b,A}	72,22 ± 0,35 ^{a,B}
F2	70,88 ± 0,61 ^{c,B}	70,94 ± 0,17 ^{c,d,A,B}	69,94 ± 0,38 ^{c,C}	71,61 ± 0,27 ^{c,A}	70,88 ± 0,18 ^{c,B}
F3	71,53 ± 0,46 ^{b,B}	71,28 ± 0,34 ^{b,c,A,B}	70,38 ± 0,16 ^{b,c,C}	71,47 ± 0,26 ^{c,A}	71,53 ± 0,18 ^{b,B}
F4	70,78 ± 0,44 ^{c,B}	71,76 ± 0,31 ^{b,A,B}	70,65 ± 0,24 ^{b,C}	72,23 ± 0,12 ^{b,A}	70,78 ± 0,20 ^{c,B}
F5	71,30 ± 0,53 ^{b,c,B}	70,78 ± 0,25 ^{d,A,B}	69,89 ± 0,32 ^{c,C}	71,33 ± 0,50 ^{c,A}	71,30 ± 0,38 ^{b,c,B}
F6	68,78 ± 0,12 ^{d,B}	68,92 ± 0,24 ^{e,A,B}	68,17 ± 0,24 ^{d,C}	69,59 ± 0,16 ^{d,A}	68,78 ± 0,26 ^{d,B}
F7	72,46 ± 0,07 ^{a,B}	73,10 ± 0,12 ^{a,A,B}	71,46 ± 0,22 ^{a,C}	72,83 ± 0,11 ^{a,A}	72,46 ± 0,24 ^{a,B}

^{a,b,c,d,e} Médias da mesma coluna com letras minúsculas iguais não há diferenças estatisticamente significativas ($p > 0,05$ – Teste de Tukey). ^{A, B, C} Médias da mesma linha com letras maiúsculas iguais não há diferenças estatisticamente significativas ($p > 0,05$ – Teste de Tukey). * Todas as formulações com exceção da F6, possuem 7,2% de gordura suína e 10,8% de óleo de linhaça. F1: 0,5% do Blend 1 (A, PJ, PB e C); F2: 0,5% do Blend 2 (A, PJ, PB, C e M); F3: 0,5% do Blend 3 (A, PJ, PB, C e S); F4: 0,5% do Blend 4 (A, PJ, PB, C e T); F5: 0,5% do Blend 5 (A, PJ, PB, C, M, S e T); F6: Padrão c/ 20% de gordura suína, sem ervas e especiarias; F7: Padrão c/ óleo de linhaça, sem ervas e especiarias. A: Alecrim; PJ: Pimenta Jamaica; PB: Pimenta Branca; C: Coentro; M: Manjerona; S: Sálvia; T: Tomilho.

Os valores de L* (luminosidade) mostraram-se significativamente diferentes entre as formulações ($p < 0,05$). É possível observar que todas as formulações com óleo de linhaça apresentaram maiores valores de L* quando comparadas com a amostra padrão F6 somente com gordura suína, possivelmente devido à aparência leitosa da pré-emulsão. Porém, um fato importante a se destacar é que durante praticamente todo o período de estocagem

as formulações F1 (blend 1) e F7, que não possuíam ervas e especiarias apresentaram valores de luminosidade muito semelhantes. Já as outras formulações com outros blends de ervas e especiarias apresentaram valores de luminosidade mais baixos. Essa diferença pode ter sido ocasionada por uma proteção antioxidante e/ou pela própria característica de coloração das ervas e especiarias, algumas com coloração mais escura, o que pode ter alterado a cor das amostras.

Em relação ao tempo de estocagem, quando se compara as amostras nos diferentes períodos observa-se certa estabilidade nos valores de luminosidade, ou seja, no tempo inicial e 60 não houve mudanças significativas neste parâmetro e foram considerados estatisticamente iguais ($p > 0,05$), assim como no tempo 15. Somente no tempo 30 foram detectadas diferenças significativas ($p < 0,05$) e os valores de L^* foram um pouco menores.

Os resultados do parâmetro a^* e b^* durante o tempo de estocagem da análise de cor objetiva são apresentados na Tabela 18 e 19 respectivamente.

Tabela 18: Valores do parâmetro a^* para mortadelas adicionadas de óleo de linhaça e blends de ervas e especiarias durante a estocagem refrigerada

Amostra	Tempo de estocagem (dias)				
	0	15	30	45	60
F1	8,31 ± 0,10 ^{c,C}	8,56 ± 0,04 ^{c,B}	8,58 ± 0,08 ^{d,e,A}	8,63 ± 0,13 ^{c,B}	8,64 ± 0,08 ^{c,A,B}
F2	7,98 ± 0,13 ^{c,d,C}	8,67 ± 0,12 ^{c,B}	8,83 ± 0,11 ^{c,A}	8,48 ± 0,12 ^{c,B}	8,43 ± 0,19 ^{c,d,A,B}
F3	7,89 ± 0,25 ^{d,C}	8,53 ± 0,11 ^{c,B}	8,69 ± 0,06 ^{c,d,A}	8,60 ± 0,06 ^{c,B}	8,59 ± 0,11 ^{c,A,B}
F4	7,79 ± 0,15 ^{d,C}	8,10 ± 0,14 ^{d,B}	8,39 ± 0,05 ^{e,A}	8,10 ± 0,08 ^{d,B}	8,37 ± 0,12 ^{c,d,A,B}
F5	7,69 ± 0,08 ^{d,C}	8,16 ± 0,21 ^{d,B}	8,52 ± 0,09 ^{d,e,A}	8,14 ± 0,13 ^{d,B}	8,13 ± 0,06 ^{d,A,B}
F6	10,81 ± 0,26 ^{a,C}	11,22 ± 0,13 ^{a,B}	11,24 ± 0,07 ^{a,A}	11,14 ± 0,18 ^{a,B}	11,16 ± 0,05 ^{a,A,B}
F7	9,15 ± 0,07 ^{b,C}	9,37 ± 0,10 ^{b,B}	9,69 ± 0,17 ^{b,A}	9,42 ± 0,27 ^{b,B}	9,39 ± 0,33 ^{b,A,B}

^{a,b,c,d,e} Médias da mesma coluna com letras minúsculas iguais não há diferenças estatisticamente significativas ($p > 0,05$ – Teste de Tukey). ^{A, B, C} Médias da mesma linha com letras maiúsculas iguais não há diferenças estatisticamente significativas ($p > 0,05$ – Teste de Tukey). * Todas as formulações com exceção da F6, possuem 7,2% de gordura suína e 10,8% de óleo de linhaça. F1: 0,5% do Blend 1 (A, PJ, PB e C); F2: 0,5% do Blend 2 (A, PJ, PB, C e M); F3: 0,5% do Blend 3 (A, PJ, PB, C e S); F4: 0,5% do Blend 4 (A, PJ, PB, C e T); F5: 0,5% do Blend 5 (A, PJ, PB, C, M, S e T); F6: Padrão c/ 20% de gordura suína, sem ervas e especiarias; F7: Padrão c/ óleo de linhaça, sem ervas e especiarias. A: Alecrim; PJ: Pimenta Jamaica; PB: Pimenta Branca; C: Coentro; M: Manjerona; S: Sálvia; T: Tomilho.

Tabela 19: Valores do parâmetro b* para mortadelas adicionadas de óleo de linhaça e blends de ervas e especiarias durante a estocagem refrigerada

Amostra	Tempo de estocagem (dias)				
	0	15	30	45	60
F1	13,00 ± 0,04 ^{a,C}	13,24 ± 0,15 ^{b,c,B}	13,34 ± 0,45 ^{a,A,B}	13,37 ± 0,10 ^{b,c,A,B}	13,52 ± 0,06 ^{b,c,A}
F2	12,83 ± 0,08 ^{a,b,c,C}	13,53 ± 0,07 ^{a,B}	13,68 ± 0,23 ^{a,A,B}	13,65 ± 0,22 ^{a,b,A,B}	13,81 ± 0,31 ^{a,b,c,A}
F3	12,93 ± 0,06 ^{a,C}	13,53 ± 0,10 ^{a,B}	13,79 ± 0,25 ^{a,A,B}	13,72 ± 0,14 ^{a,A,B}	13,78 ± 0,13 ^{a,b,c,A}
F4	12,69 ± 0,09 ^{c,C}	13,44 ± 0,16 ^{a,b,B}	13,54 ± 0,11 ^{a,A,B}	13,51 ± 0,19 ^{a,b,c,A,B}	13,95 ± 0,17 ^{a,A}
F5	12,89 ± 0,16 ^{a,b,C}	13,50 ± 0,06 ^{a,b,B}	13,72 ± 0,12 ^{a,A,B}	13,59 ± 0,11 ^{a,b,c,A,B}	13,92 ± 0,18 ^{a,b,A}
F6	11,67 ± 0,06 ^{d,C}	12,47 ± 0,10 ^{d,B}	12,83 ± 0,20 ^{b,A,B}	12,85 ± 0,14 ^{d,A,B}	12,95 ± 0,10 ^{d,A}
F7	12,71 ± 0,12 ^{b,c,C}	13,16 ± 0,23 ^{c,B}	13,33 ± 0,04 ^{a,b,A,B}	13,29 ± 0,18 ^{c,A,B}	13,42 ± 0,30 ^{c,A}

^{a,b,c,d} Médias da mesma coluna com letras minúsculas iguais não há diferenças estatisticamente significativas ($p > 0,05$ – Teste de Tukey). ^{A, B, C} Médias da mesma linha com letras maiúsculas iguais não há diferenças estatisticamente significativas ($p > 0,05$ – Teste de Tukey). * Todas as formulações com exceção da F6, possuem 7,2% de gordura suína e 10,8% de óleo de linhaça. F1: 0,5% do Blend 1 (A, PJ, PB e C); F2: 0,5% do Blend 2 (A, PJ, PB, C e M); F3: 0,5% do Blend 3 (A, PJ, PB, C e S); F4: 0,5% do Blend 4 (A, PJ, PB, C e T); F5: 0,5% do Blend 5 (A, PJ, PB, C, M, S e T); F6: Padrão c/ 20% de gordura suína, sem ervas e especiarias; F7: Padrão c/ óleo de linhaça, sem ervas e especiarias. A: Alecrim; PJ: Pimenta Jamaica; PB: Pimenta Branca; C: Coentro; M: Manjerona; S: Sálvia; T: Tomilho.

Analisando-se a Tabela 18 pode-se perceber que a formulação padrão F6 diferiu significativamente de todas as outras ($p < 0,05$), apresentando maiores valores durante todo o tempo de estocagem para o parâmetro a* (intensidade do vermelho). López-López et al. (2009) reportaram um aumento na luminosidade e uma redução no vermelho em embutidos onde a gordura suína foi substituída por azeite de oliva.

No tempo inicial de armazenamento, assim como nos tempos seguintes, as formulações F6 (padrão) e F7 (sem ervas e especiarias) apresentaram os maiores valores para o parâmetro a*, demonstrando que as ervas e especiarias presentes nas outras amostras provocaram uma redução na tonalidade da cor vermelha. Além disso, o tempo 0 foi o que apresentou menores valores para a* diferindo significativamente dos outros tempos de estocagem

($p < 0,05$), porém nos tempos 15 e 30 observou-se um aumento nos valores de forma geral. Após 45 dias de estocagem os valores de a^* praticamente se mantiveram constantes e não foram observadas diferenças significativas ($p > 0,05$) em relação ao tempo final de armazenamento (60 dias).

Comparando-se os valores de a^* obtidos entre as amostras notou-se um comportamento semelhante entre F1 e F2, com maiores valores de a^* depois de F7, e, F4 e F5 com os menores valores, mantidos durante todo o tempo de estocagem. Para efeito de comparações, não foram encontrados outros estudos com embutidos com óleo de linhaça junto com *blends* de ervas e especiarias.

Um comportamento oposto ao parâmetro a^* foi observado para a tonalidade de amarelo, o parâmetro b^* , na Tabela 19, onde os menores valores foram encontrados para a formulação padrão F6 e F7, porém F7 não diferiu significativamente ($p > 0,05$) de algumas formulações durante o tempo de estocagem, como por exemplo, do tempo 15 em diante, onde não diferiu significativamente de F1 ($p > 0,05$). Houve um ligeiro aumento do valor de b^* a partir do tempo 15 em todas as formulações, contudo nos tempos 30, 45 e 60 os valores de b^* tiveram pequenas variações e não foram estatisticamente diferentes ($p > 0,05$).

O maior valor encontrado para b^* foi na formulação F4 no tempo 60 que não diferiu significativamente ($p > 0,05$) de F2, F3 e F5 e o menor valor foi obtido no tempo 0 pela formulação F6. De uma maneira geral, foi possível perceber que os *blends* de ervas e especiarias impactaram na tonalidade amarela, porém de forma semelhante entre as formulações com *blends*.

5.3.6 Avaliação da textura instrumental durante a estocagem

As Tabelas 20 e 21 demonstram os resultados encontrados para o parâmetro firmeza e mastigabilidade da análise instrumental de textura,

respectivamente. Um fato importante a ser ressaltado é que com o teor de gordura suína e óleo de linhaça selecionado para se avaliar na etapa 3, as amostras de uma forma geral apresentaram menores valores para firmeza e mastigabilidade que F6, a formulação padrão, assim como ocorreu na etapa 1.

Resultados conflitantes têm sido encontrados para os efeitos da adição de óleos vegetais em produtos cárneos emulsionados, sendo bastante complexa a sua avaliação já que dependerá do nível de substituição da gordura pelo óleo, o teor de proteínas da formulação, o teor de umidade, assim como a forma de incorporação do óleo no *batter* cárneo (diretamente, pré-emulsionado ou encapsulado, por exemplo). Alguns autores, como Lurueña-Martínez et al (2004) observaram que a adição de azeite de oliva associado a redução da gordura, com teor de proteína semelhante, causou uma diminuição na firmeza e na mastigabilidade de frankfurters, circunstâncias parecidas ao do presente estudo. Porém Delgado-Pando et al (2010) encontraram valores de firmeza e mastigabilidade maiores em salsichas frankfurters com parte da gordura substituída por uma combinação de óleos composta por linhaça, peixe e azeite de oliva estabilizada com diferentes sistemas protéicos.

Em relação ao tempo de estocagem é possível observar tanto na Tabela 20 referente à avaliação da firmeza quanto na Tabela 21 referente à avaliação da mastigabilidade um comportamento bastante semelhante, ou seja, os dois parâmetros aumentaram ligeiramente durante o período de estocagem, porém no tempo 60 tiveram um aumento significativo. López-López et al. (2009) também verificaram em seu estudo que frankfurters com 50% de substituição de gordura suína por azeite de oliva tiveram um aumento significativo na firmeza e na mastigabilidade a partir de 41 dias de estocagem em temperaturas de refrigeração. Alguns autores como Andrés et al. (2006) atribuem o aumento da firmeza durante a estocagem a mudanças relacionadas a perdas ou purga dos produtos.

Tabela 20: Resultados da análise instrumental de textura do parâmetro Firmeza (N)

Amostra	Tempo de estocagem (dias)				
	0	15	30	45	60
F1	12,65 ± 0,80 ^{b,C}	14,56 ± 0,48 ^{a,b,B}	15,13 ± 0,13 ^{a,b,B}	14,94 ± 0,58 ^{a,b,B}	22,77 ± 0,69 ^{b,A}
F2	12,55 ± 0,23 ^{b,C}	14,11 ± 0,35 ^{b,B}	15,10 ± 0,09 ^{a,b,B}	15,00 ± 0,37 ^{a,b,B}	22,92 ± 0,27 ^{b,A}
F3	12,38 ± 0,18 ^{b,C}	14,29 ± 0,46 ^{b,B}	14,93 ± 0,63 ^{a,b,B}	14,72 ± 0,41 ^{a,b,B}	22,28 ± 0,66 ^{b,c,A}
F4	12,42 ± 0,42 ^{b,C}	14,10 ± 0,47 ^{b,B}	14,39 ± 0,35 ^{b,b}	14,47 ± 0,12 ^{a,b,B}	22,42 ± 0,81 ^{b,c,A}
F5	12,34 ± 0,50 ^{b,C}	14,22 ± 0,44 ^{b,B}	14,63 ± 0,69 ^{b,B}	14,14 ± 0,58 ^{b,B}	20,84 ± 0,69 ^{c,A}
F6	14,11 ± 0,69 ^{a,C}	15,64 ± 0,71 ^{a,B}	15,73 ± 0,60 ^{a,B}	15,48 ± 0,23 ^{a,B}	24,62 ± 0,82 ^{a,A}
F7	12,30 ± 0,19 ^{b,C}	14,47 ± 0,55 ^{a,b,B}	14,67 ± 0,42 ^{a,b,B}	14,56 ± 0,87 ^{a,b,B}	22,53 ± 0,85 ^{b,A}

^{a,b,c}. Médias da mesma coluna com letras minúsculas iguais não há diferenças estatisticamente significativas ($p > 0,05$ – Teste de Tukey). ^{A, B, C} Médias da mesma linha com letras maiúsculas iguais não há diferenças estatisticamente significativas ($p > 0,05$ – Teste de Tukey). * Todas as formulações com exceção da F6, possuem 7,2% de gordura suína e 10,8% de óleo de linhaça. F1: 0,5% do Blend 1 (A, PJ, PB e C); F2: 0,5% do Blend 2 (A, PJ, PB, C e M); F3: 0,5% do Blend 3 (A, PJ, PB, C e S); F4: 0,5% do Blend 4 (A, PJ, PB, C e T); F5: 0,5% do Blend 5 (A, PJ, PB, C, M, S e T); F6: Padrão c/ 20% de gordura suína, sem ervas e especiarias; F7: Padrão c/ óleo de linhaça, sem ervas e especiarias. A: Alecrim; PJ: Pimenta Jamaica; PB: Pimenta Branca; C: Coentro; M: Manjerona; S: Sálvia; T: Tomilho.

Tabela 21: Resultados da análise instrumental de textura do parâmetro Mastigabilidade

Amostra	Tempo de estocagem (dias)				
	0	15	30	45	60
F1	9,79 ± 0,21 ^{a,b,D}	11,21 ± 0,18 ^{a,b,C}	11,20 ± 0,34 ^{a,B,C}	11,37 ± 0,52 ^{a,B}	16,91 ± 0,62 ^{a,b,A}
F2	9,55 ± 0,14 ^{a,b,D}	10,59 ± 0,25 ^{b,C}	11,26 ± 0,33 ^{a,B,C}	11,45 ± 0,39 ^{a,B}	16,73 ± 0,80 ^{a,b,A}
F3	9,33 ± 0,29 ^{a,b,D}	10,73 ± 0,30 ^{a,b,C}	10,97 ± 0,17 ^{a,B,C}	11,36 ± 0,36 ^{a,B}	16,73 ± 0,82 ^{a,b,A}
F4	9,57 ± 0,28 ^{a,b,D}	10,76 ± 0,53 ^{a,b,C}	10,82 ± 0,24 ^{a,B,C}	11,27 ± 0,16 ^{a,B}	16,79 ± 0,24 ^{a,b,A}
F5	9,27 ± 0,43 ^{b,D}	10,97 ± 0,36 ^{a,b,C}	11,01 ± 0,51 ^{a,B,C}	11,06 ± 0,40 ^{a,B}	16,22 ± 0,39 ^{b,A}
F6	10,09 ± 0,62 ^{a,D}	11,52 ± 0,23 ^{a,C}	11,55 ± 0,31 ^{a,B,C}	11,73 ± 0,26 ^{a,B}	17,63 ± 0,75 ^{a,A}
F7	9,24 ± 0,06 ^{b,D}	10,99 ± 0,43 ^{a,b,C}	10,93 ± 0,10 ^{a,B,C}	11,05 ± 0,74 ^{a,B}	16,68 ± 0,54 ^{a,b,A}

^{a,b}. Médias da mesma coluna com letras minúsculas iguais não há diferenças estatisticamente significativas ($p > 0,05$ – Teste de Tukey). ^{A, B, C, D} Médias da mesma linha com letras maiúsculas iguais não há diferenças estatisticamente significativas ($p > 0,05$ – Teste de Tukey). * Todas as formulações com exceção da F6, possuem 7,2% de gordura suína e 10,8% de óleo de linhaça. F1: 0,5% do Blend 1 (A, PJ, PB e C); F2: 0,5% do Blend 2 (A, PJ, PB, C e M); F3: 0,5% do Blend 3 (A, PJ, PB, C e S); F4: 0,5% do Blend 4 (A, PJ, PB, C e T); F5: 0,5% do Blend 5 (A, PJ, PB, C, M, S e T); F6: Padrão c/ 20% de gordura suína, sem ervas e especiarias; F7: Padrão c/ óleo de linhaça, sem ervas e especiarias. A: Alecrim; PJ: Pimenta Jamaica; PB: Pimenta Branca; C: Coentro; M: Manjerona; S: Sálvia; T: Tomilho.

Os resultados para a elasticidade são demonstrados na Tabela 22. Assim como na Etapa 1 deste estudo a formulação F6 apresentou valor de elasticidade diferindo significativamente ($p < 0,05$) do restante das formulações, exceto no tempo 15 onde foi estatisticamente igual ($p > 0,05$) as outras amostras. Já em relação às formulações com *blends* de ervas e especiarias não houve diferenças significativas ($p > 0,05$) entre as mesmas. Durante o período de estocagem ocorreu um ligeiro aumento nos valores de elasticidade entre os tempos 15 e 30, contudo, nos tempos 45 e 60 foram constantes.

Tabela 22: Resultados da análise instrumental de textura do parâmetro Elasticidade

Amostra	Tempo de estocagem (dias)				
	0	15	30	45	60
F1	0,916 ± 0,00 ^{a,C}	0,929 ± 0,02 ^{a,B}	0,931 ± 0,00 ^{a,A,B}	0,933 ± 0,01 ^{a,A}	0,940 ± 0,07 ^{a,A}
F2	0,909 ± 0,01 ^{a,b,C}	0,929 ± 0,00 ^{a,B}	0,938 ± 0,01 ^{a,A,B}	0,944 ± 0,01 ^{a,A}	0,940 ± 0,05 ^{a,A}
F3	0,907 ± 0,02 ^{a,b,C}	0,929 ± 0,02 ^{a,B}	0,933 ± 0,01 ^{a,A,B}	0,939 ± 0,01 ^{a,A}	0,941 ± 0,00 ^{a,A}
F4	0,913 ± 0,01 ^{a,C}	0,925 ± 0,01 ^{a,B}	0,940 ± 0,01 ^{a,A,B}	0,939 ± 0,01 ^{a,A}	0,940 ± 0,01 ^{a,A}
F5	0,910 ± 0,01 ^{a,b,C}	0,925 ± 0,02 ^{a,B}	0,935 ± 0,02 ^{a,A,B}	0,933 ± 0,01 ^{a,A}	0,931 ± 0,00 ^{a,A}
F6	0,890 ± 0,01 ^{b,C}	0,912 ± 0,01 ^{a,B}	0,911 ± 0,01 ^{b,A,B}	0,909 ± 0,02 ^{b,A}	0,914 ± 0,00 ^{b,A}
F7	0,913 ± 0,02 ^{a,C}	0,933 ± 0,01 ^{a,B}	0,935 ± 0,00 ^{a,A,B}	0,937 ± 0,00 ^{a,A}	0,936 ± 0,00 ^{a,A}

^{a,b}, Médias da mesma coluna com letras minúsculas iguais não há diferenças estatisticamente significativas ($p > 0,05$ – Teste de Tukey). ^{A, B, C}, Médias da mesma linha com letras maiúsculas iguais não há diferenças estatisticamente significativas ($p > 0,05$ – Teste de Tukey). * Todas as formulações com exceção da F6, possuem 7,2% de gordura suína e 10,8% de óleo de linhaça. F1: 0,5% do Blend 1 (A, PJ, PB e C); F2: 0,5% do Blend 2 (A, PJ, PB, C e M); F3: 0,5% do Blend 3 (A, PJ, PB, C e S); F4: 0,5% do Blend 4 (A, PJ, PB, C e T); F5: 0,5% do Blend 5 (A, PJ, PB, C, M, S e T); F6: Padrão c/ 20% de gordura suína, sem ervas e especiarias; F7: Padrão c/ óleo de linhaça, sem ervas e especiarias. A: Alecrim; PJ: Pimenta Jamaica; PB: Pimenta Branca; C: Coentro; M: Manjerona; S: Sálvia; T: Tomilho.

Os valores de coesividade apresentados na Tabela 23 mostram que novamente a formulação F6 foi menos coesa em todo o período de estocagem avaliado diferindo significativamente ($p < 0,05$) do restante das formulações. Estes resultados podem ser explicados por Cáceres et al. (2008) que atribuem uma

coesividade maior aos embutidos com óleos pré-emulsionados com caseinato de sódio devido a uma forte ligação destas proteínas, que são excelentes emulsificantes, com os outros componentes da emulsão.

Entre as amostras com *blends* de ervas e especiarias pequenas diferenças foram verificadas, como no tempo 15 e 30 em que a formulação F1 apresentou menores valores para a coesividade. Em relação ao tempo de estocagem os valores para este parâmetro não diferiram significativamente ($p>0,05$) entre os tempos 0 e 15d. O tempo 30d apresentou valores um pouco menores mas não diferiu significativamente ($p>0,05$) do tempo 15d. O tempo final de armazenamento não diferiu significativamente ($p>0,05$) do tempo 45d, que por sua vez, foi estatisticamente igual ($p>0,05$) a todos os tempos de estocagem. Os resultados obtidos permitem concluir que a coesividade se manteve relativamente constante durante o período de vida útil das mortadelas estudadas.

Tabela 23: Resultados da análise instrumental de textura do parâmetro Coesividade

Amostra	Tempo de estocagem (dias)				
	0	15	30	45	60
F1	0,816 ± 0,01 ^{a,A,B}	0,807 ± 0,01 ^{c,B,C}	0,802 ± 0,00 ^{b,c,C}	0,807 ± 0,00 ^{c,A,B,C}	0,816 ± 0,06 ^{a,A}
F2	0,814 ± 0,02 ^{a,A,B}	0,811 ± 0,01 ^{b,c,B,C}	0,807 ± 0,01 ^{a,b,C}	0,814 ± 0,01 ^{b,c,A,B,C}	0,816 ± 0,31 ^{a,A}
F3	0,816 ± 0,00 ^{a,A,B}	0,814 ± 0,00 ^{a,b,B,C}	0,813 ± 0,00 ^{a,C}	0,812 ± 0,01 ^{b,c,A,B,C}	0,818 ± 0,13 ^{a,A}
F4	0,814 ± 0,00 ^{a,A,B}	0,815 ± 0,01 ^{a,b,B,C}	0,813 ± 0,00 ^{a,C}	0,817 ± 0,01 ^{a,b,A,B,C}	0,819 ± 0,17 ^{a,A}
F5	0,819 ± 0,01 ^{a,A,B}	0,813 ± 0,00 ^{a,b,B,C}	0,814 ± 0,01 ^{a,C}	0,815 ± 0,00 ^{b,A,B,C}	0,816 ± 0,18 ^{a,A}
F6	0,795 ± 0,00 ^{b,A,B}	0,792 ± 0,00 ^{d,B,C}	0,797 ± 0,01 ^{c,C}	0,798 ± 0,01 ^{d,A,B,C}	0,799 ± 0,10 ^{b,A}
F7	0,816 ± 0,00 ^{a,A,B}	0,818 ± 0,01 ^{a,B,C}	0,812 ± 0,00 ^{a,C}	0,822 ± 0,00 ^{a,A,B,C}	0,819 ± 0,30 ^{a,A}

^{a,b,c,d} Médias da mesma coluna com letras minúsculas iguais não há diferenças estatisticamente significativas ($p> 0,05$ – Teste de Tukey). ^{A, B, C,} Médias da mesma linha com letras maiúsculas iguais não há diferenças estatisticamente significativas ($p> 0,05$ – Teste de Tukey). * Todas as formulações com exceção da F6, possuem 7,2% de gordura suína e 10,8% de óleo de linhaça. F1: 0,5% do Blend 1 (A, PJ, PB e C); F2: 0,5% do Blend 2 (A, PJ, PB, C e M); F3: 0,5% do Blend 3 (A, PJ, PB, C e S); F4: 0,5% do Blend 4 (A, PJ, PB, C e T); F5: 0,5% do Blend 5 (A, PJ, PB, C, M, S e T); F6: Padrão c/ 20% de gordura suína, sem ervas e especiarias; F7: Padrão c/ óleo de linhaça, sem ervas e especiarias. A: Alecrim; PJ: Pimenta Jamaica; PB: Pimenta Branca; C: Coentro; M: Manjerona; S: Sálvia; T: Tomilho.

5.3.7 Avaliação da oxidação lipídica de mortadelas adicionadas de óleo de linhaça e blends de ervas e especiarias durante o período de estocagem

A análise de TBARS quantifica o malonaldeído (MDA), um dos principais produtos de decomposição dos hidroperóxidos de ácidos graxos polinsaturados, formado durante o processo oxidativo (OSAWA et al., 2005) e foi utilizada para medir o índice de oxidação dos lipídios provenientes das mortadelas durante o período de estocagem refrigerada. Os resultados de TBARS obtidos são apresentados na Tabela 24.

A formação de TBARS no tempo inicial variou de 0,084 em F1 (blend 1 composto por alecrim, pimenta jamaica, pimenta branca e coentro) a 0,155 mg de MDA/ Kg de amostra em F7 (padrão com óleo de linhaça sem ervas e especiarias), sendo que entre as formulações com *blends* de ervas e especiarias não houve diferenças significativas ($p > 0,05$). A partir destes dados pode-se observar um efeito antioxidante dos *blends* de ervas e especiarias em comparação com a amostra F7 (sem ervas em sua composição), pois durante as etapas de processamento de produtos cárneos vários fatores podem acelerar processos oxidativos. Durante as etapas de moagem, cominuição e cozimento, por exemplo, a aceleração da oxidação pode ser atribuída à ruptura das membranas celulares com a incorporação de oxigênio e um aumento no teor de ferro livre, sendo que todos estes eventos citados são acelerados pela temperatura de cozimento (MORRISEY et al.1998). No perfil de ácidos graxos dos produtos no tempo inicial de armazenamento percebe-se a mesma tendência de proteção antioxidante dos *blends* sendo que o mais baixo somatório de PUFAs encontrado foi em F7 e os mais altos em F2 e F4, resultados estes que complementam os encontrados para a análise de TBARS.

No tempo referente a 15 dias de estocagem refrigerada não houve diferenças significativas ($p > 0,05$) entre todas as amostras, porém o maior valor de

TBARS encontrado foi em F7 e o menor em F6. Os valores de TBARS nas amostras aumentaram durante o armazenamento até o 30º dia, com exceção de F7, havendo posteriormente um decréscimo. O decréscimo nos valores de TBARS também foi observado por Bragagnolo et al. (2005) durante o armazenamento de carne de frango e pode ser atribuído à reações do malonaldeído com proteínas ou a reações de polimerização (DEL RIO et al., 2005).

Tabela 24: Resultados de TBARS (mg de malonaldeído/Kg de amostra) em mortadelas durante a estocagem

Amostra	Tempo de estocagem (dias)				
	0	15	30	45	60
F1	0,084 ± 0,005 ^{c,C}	0,127 ± 0,007 ^{a,A,B}	0,196 ± 0,022 ^{a,A}	0,138 ± 0,008 ^{a,A,B}	0,116 ± 0,025 ^{a,B,C}
F2	0,104 ± 0,009 ^{b,c,C}	0,162 ± 0,035 ^{a,A,B}	0,173 ± 0,006 ^{a,b,A}	0,139 ± 0,014 ^{a,A,B}	0,122 ± 0,006 ^{a,B,C}
F3	0,090 ± 0,016 ^{c,C}	0,165 ± 0,013 ^{a,A,B}	0,171 ± 0,017 ^{a,b,A}	0,148 ± 0,015 ^{a,A,B}	0,125 ± 0,004 ^{a,B,C}
F4	0,104 ± 0,007 ^{b,c,C}	0,140 ± 0,002 ^{a,A,B}	0,156 ± 0,023 ^{a,b,c,A}	0,130 ± 0,006 ^{a,A,B}	0,127 ± 0,015 ^{a,B,C}
F5	0,122 ± 0,004 ^{b,C}	0,140 ± 0,016 ^{a,A,B}	0,161 ± 0,012 ^{a,b,c,A}	0,131 ± 0,005 ^{a,A,B}	0,127 ± 0,008 ^{a,B,C}
F6	0,099 ± 0,002 ^{c,C}	0,117 ± 0,018 ^{a,A,B}	0,123 ± 0,010 ^{c,A}	0,126 ± 0,007 ^{a,A,B}	0,097 ± 0,013 ^{a,B,C}
F7	0,155 ± 0,003 ^{a,C}	0,168 ± 0,039 ^{a,A,B}	0,139 ± 0,007 ^{b,c,A}	0,135 ± 0,022 ^{a,A,B}	0,121 ± 0,005 ^{a,B,C}

^{a,b,c} Médias da mesma coluna com letras minúsculas iguais não há diferenças estatisticamente significativas ($p > 0,05$ – Teste de Tukey). ^{A, B, C} Médias da mesma linha com letras maiúsculas iguais não há diferenças estatisticamente significativas ($p > 0,05$ – Teste de Tukey). * Todas as formulações com exceção da F6, possuem 7,2% de gordura suína e 10,8% de óleo de linhaça. F1: 0,5% do Blend 1 (A, PJ, PB e C); F2: 0,5% do Blend 2 (A, PJ, PB, C e M); F3: 0,5% do Blend 3 (A, PJ, PB, C e S); F4: 0,5% do Blend 4 (A, PJ, PB, C e T); F5: 0,5% do Blend 5 (A, PJ, PB, C, M, S e T); F6: Padrão c/ 20% de gordura suína, sem ervas e especiarias; F7: Padrão c/ óleo de linhaça, sem ervas e especiarias. A: Alecrim; PJ: Pimenta Jamaica; PB: Pimenta Branca; C: Coentro; M: Manjerona; S: Sálvia; T: Tomilho.

Maiores níveis de malonaldeído (MDA) foram observados no dia 30, com exceção de F7 (padrão com óleo de linhaça sem ervas e especiarias), onde o maior valor ocorreu no tempo 15. Este fato evidencia a ação protetora dos *blends* de ervas e especiarias, pois estes foram capazes de aumentar o período de indução da formação de malonaldeído já que em F7 no tempo 30d o índice de TBARS já havia começado a diminuir. Ou seja, em um tempo menor a amostra F7

já havia atingido seu maior índice de oxidação e a diminuição do MDA no tempo 30 indica que este já estava sendo consumido em outras reações.

Não foi encontrado nenhum estudo na literatura científica sobre a utilização destes *blends* de ervas e especiarias como antioxidantes aplicados a produtos cárneos emulsionados com óleo de linhaça. No entanto foram encontrados trabalhos que adicionaram outros antioxidantes naturais. Valência et al. (2008) ao avaliar o poder antioxidante de catequinas de chá verde em embutidos com 15% de substituição de gordura suína por óleo de linhaça verificou que em estocagem refrigerada durante sete dias as catequinas conferiram proteção contra a oxidação.

Lee et al. (2005) avaliaram os efeitos de várias combinações de antioxidantes na oxidação lipídica de hambúrgueres de carne enriquecidos com PUFAS n-3 e concluíram que a combinação mais eficiente para estabilizar a cor e retardar a oxidação lipídica foi a de citrato de sódio, eritorbato de sódio e extrato de alecrim.

Forell et al (2010) avaliaram a estabilidade oxidativa de hambúrgueres com baixos teores de gordura enriquecidos com óleo de girassol e óleo desodorizado de peixe e emulsificantes, sendo que as proteínas do soro de leite protegeram os produtos cárneos cozidos da oxidação, mantendo níveis abaixo de 0,6 mg de MDA/Kg depois de 6 meses de estocagem em temperatura de congelamento.

Dentre vários antioxidantes que El-Alim et al. (1999) avaliaram pode-se destacar as ervas e especiarias desidratadas, assim como no presente estudo, onde estes autores observaram que a adição de 1% destas em carne de frango moída reduziu os valores de TBARS depois de 6 meses de estocagem congelada para níveis menores (2 a 3 vezes) do que a carne utilizada como controle, destacando-se a manjerona e o orégano.

5.3.8 Análise sensorial

A análise sensorial indicou que os *blends* de ervas e especiarias acrescentados nas formulações de mortadelas com perfis lipídicos modificados afetaram de forma positiva os atributos sensoriais dos produtos (Tabela 25). Em relação à etapa 1, as notas referentes ao aroma, sabor e impressão global aumentaram indicando uma boa aceitação das ervas e especiarias no tipo de produto avaliado pelo painel sensorial não treinado.

Tabela 25: Médias das notas obtidas na análise sensorial de mortadelas adicionadas de óleo de linhaça e *blends* de ervas e especiarias

	Cor	Aroma	Sabor	Textura	Impressão Global
F1	4,35 ^{b,c}	5,34 ^{a,b}	5,78 ^{a,b}	6,06 ^a	5,65 ^{a,b}
F2	4,35 ^c	5,39 ^{a,b}	6,18 ^a	6,05 ^a	5,89 ^a
F3	4,46 ^{b,c}	5,76 ^a	6,19 ^a	6,18 ^a	6,11 ^a
F4	4,33 ^c	5,68 ^a	5,97 ^a	5,98 ^a	5,89 ^a
F5	4,34 ^c	5,32 ^{a,b}	6,36 ^a	6,26 ^a	5,85 ^{a,b}
F6	5,61 ^a	5,30 ^{a,b}	6,17 ^a	6,28 ^a	6,04 ^a
F7	4,86 ^b	4,96 ^b	5,05 ^b	5,81 ^a	5,30 ^b

^{a,b,c} Médias da mesma coluna com letras minúsculas iguais não há diferenças estatisticamente significativas ($p > 0,05$ – Teste de Tukey). * Todas as formulações com exceção da F6, possuem 7,2% de gordura suína e 10,8% de óleo de linhaça. F1: 0,5% do Blend 1 (A, PJ, PB e C); F2: 0,5% do Blend 2 (A, PJ, PB, C e M); F3: 0,5% do Blend 3 (A, PJ, PB, C e S); F4: 0,5% do Blend 4 (A, PJ, PB, C e T); F5: 0,5% do Blend 5 (A, PJ, PB, C, M, S e T); F6: Padrão c/ 20% de gordura suína, sem ervas e especiarias; F7: Padrão c/ óleo de linhaça, sem ervas e especiarias. A: Alecrim; PJ: Pimenta Jamaica; PB: Pimenta Branca; C: Coentro; M: Manjerona; S: Sálvia; T: Tomilho.

O atributo sensorial cor recebeu notas menores, demonstrando que os *blends* de ervas e especiarias interferiram neste atributo. A menor nota (4,33) foi atribuída à amostra F4 que, porém, não diferiu significativamente ($p > 0,05$) do restante das formulações com *blends* (F1, F2, F3 e F5) e a maior nota (5,61) da formulação padrão F6. Estes resultados indicam que independentemente da composição dos *blends* os provadores avaliaram da mesma forma a interferência na cor.

Foram observadas notas maiores para os atributos aroma e sabor em todas as formulações com *blends* de ervas e especiarias quando comparada à F7 (sem ervas e especiarias) e estatisticamente iguais a formulação padrão F6. Contudo, em relação ao atributo textura, os provadores não identificaram diferenças entre as formulações, embora tivessem sido detectadas pela análise instrumental de textura.

Os valores obtidos para a impressão global indicam que houve boa aceitação das formulações com as ervas e especiarias pelos provadores, sendo que estas não diferiram significativamente ($p > 0,05$) do padrão (F6). Jiménez-Colmenero et al. (2010) também encontraram notas para aceitação global semelhantes para sua formulação controle quando comparadas às formulações com pré-emulsões de azeite de oliva estabilizadas com diferentes proteínas.

6 CONCLUSÕES

O presente estudo demonstrou resultados importantes, no qual pode-se afirmar que a substituição de até 60% da gordura suína pelo óleo de linhaça resultou em mortadela com boa aceitação sensorial e propriedades físico-químicas mantidas dentro do regulamento técnico para esse produto.

Os parâmetros de cor objetiva sofreram significativas influências do óleo de linhaça. Verificou-se maiores valores de L* e tonalidades laranja tendendo para o amarelo nas amostras, devido ao aumento da incorporação das pré-emulsões de óleo de linhaça nas formulações.

Através da avaliação instrumental de textura foi possível observar que os níveis de óleo de linhaça avaliados (2,5 a 12,5%) não influenciaram os parâmetros de mastigabilidade e firmeza. Apenas o teor de gordura em concentrações acima de 15% influenciaram neste parâmetro. Percebeu-se aumento considerável destes dois parâmetros citados no fim de 60 dias da vida útil do produto, desta forma, o produto reformulado não manteve características de textura satisfatórias até o final do período estabelecido neste estudo.

Nos níveis de óleo de linhaça avaliados (2,5 a 12,5%) houve melhora na estabilidade de emulsão nos produtos com teores acima de 3,95% de óleo de linhaça na formulação. Isto demonstra que as pré-emulsões foram bem incorporadas na matriz protéica e favoreceram a estabilidade do produto, relacionadas à perdas de líquido e gordura.

O estudo das ervas e especiarias como antioxidantes potenciais em mortadela indicou que os melhores desempenhos foram atribuídos ao coentro, à sálvia e à pimenta branca.

Com relação ao aspecto nutricional os resultados foram relevantes uma vez que os produtos mantiveram seus benefícios nutricionais após 2 meses de estocagem em câmara fria (0 a 4°C). A formulação selecionada, com 60% de

substituição de gordura suína por óleo de linhaça permitiu aumento de mais de 70% no teor de PUFA's e redução de aproximadamente 47% no teor de SFA's, ao se comparar com a amostra padrão.

Mortadelas produzidas com 60% de substituição de gordura saturada por óleo de linhaça adicionadas de *blends* de ervas e especiarias foram estáveis à oxidação lipídica por 30 dias de armazenamento sob refrigeração. Além disso, houve melhor aceitação sensorial nas formulações, exceto o atributo cor que sofreu influência negativa dos *blends* de ervas e especiarias e do óleo de linhaça.

As características físico-químicas e sensoriais avaliadas demonstram que é possível produzir uma mortadela mais saudável que visa atender as expectativas dos consumidores na atualidade. Estudos adicionais que objetivem um aprofundamento são necessários como a avaliação dos aspectos microbiológicos e da microestrutura dos produtos, porém esta dissertação forneceu mais uma contribuição para a compreensão dos aspectos ligados à reformulação lipídica de produtos cárneos.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABERLE, E.D.; FORREST, J.C.; GERRARD, D.E.; MILLS, E.W. **Principles of Meat Science**. 40 ed. Iowa: Kenall/ Hunt Publishing Company, 2001. 354p.

AGUIRREZÁBAL, M.M.; MATEO, J.; DOMÍNGUEZ, M.C.; ZUMALACÁRREGUI, J.M. The effect of paprika, garlic and salt on rancidity in dry sausages. **Meat Science**, v.54, p.77-81, 2000.

ALLAIS, I. Emulsification. In: TOLDRÁ, F. **Handbook of Meat Processing**. Oxford: Wiley-Blackwell, 2010. p. 143-168.

ÁLVAREZ, D.; CASTILLO, M.; GARRIDO, M.D.; BAFIÓN, S.; NIETO, G.; DÍAZ, P.; PAYNE, F.A. Efecto de la composición y el tiempo de procesado sobre las propiedades tecnológicas y ópticas de las emulsiones cárnicas. **Anales de Veterinaria**, v.23, p. 25-34, 2007.

AMBROSIADIS, J.; VARELTZIS, K. P.; GEORGAKIS, S. A. Physical, chemical and sensory characteristics of cooked meat emulsion style products containing vegetable oils. **International Journal of Food Science and Technology**, v.31, n.2, p.189-194, 1996.

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

ANSORENA, D.; ASTIASARÁN, I. The use of linseed oil improves nutritional quality of the lipid fraction of dry-fermented sausages. **Food Chemistry**, v.87, p.69-74, 2004.

AOAC. **Official methods of analysis**. Association of Official Analytical Chemists. 16th ed. HORWITS, W (Ed.). Gaithersburg, Maryland, 1298p., 1997.

AOCS. **Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society**. American Oil Chemists' Society. Champaign: Illinois, 2004.

ARAÚJO, J. M. A. **Química de Alimentos**. 3ª ed. Viçosa: UFV, 2004. 478p.

ARRUDA, J.C.B. **Níveis de substituição da proteína do farelo de soja pela proteína do ovo desidratado em dietas para suínos nas fases inicial e de crescimento**.2008. 67p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal da Paraíba, Areia, 67p., 2008.

BARCELÓ-COBLIJN, G.; MURPHY, E. J. Review - Alpha-linolenic acid and its conversion to longer chain n₃ fatty acids: Benefits for human health and a role in maintaining tissue n-3 fatty acid levels. **Progress in Lipid Research**, v.48 p.355–374, 2009.

BLIGH, E.G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal Biochemical Physiology**, v.37, p.911-914, 1959.

BLOEDON, L. T.; SZAPARY, P. O. Flaxseed and Cardiovascular Risk. **Nutrition Reviews**, v.62. p.18-27, 2004.

BLOUKAS, J. G.; PANERAS, E. D.; FOURNITZIS, G. C. Effect of replacing pork backfat with olive oil on processing and quality characteristics of fermented sausages. **Meat Science**, v.45, n.2, p.133-144.1997

BLOUKAS, J. G., PANERAS, E. D., Substituting olive oil for pork backfat affects quality of low-fat frankfurters, **Journal of Food Science**, v.58, p.705-709.1993.

BOBBIO, F. O.; BOBBIO, P. A. **Introdução à Química de Alimentos**. 3ª ed. São Paulo: Varela. 2001. 238 p.

BOTTERWECK, A.A.M.; VERHAGEN, H.; GOLDBOHM, R.A. Intake of butylated hydroxyanisole and butylated hydroxytoluene and stomach cancer risk: results from analyses in the Netherlands cohort study. **Food and Chemical Toxicology**, v.38, p.599-605, 2000.

BRAGAGNOLO, N.; DANIELSEN, B.; SKIBSTED, L.H. Effect of Rosemary on lipid oxidation in pressure-processed, minced chicken breast during refrigerated storage

and subsequent heat treatment. **European Food Research and Technology**, v.221, p.610-615, 2005

BRASIL. Portaria nº1004, de 11/12/1998. Atribuição de funções de aditivos para categoria carnes. **Diário Oficial da União**, Brasília, 22 de março de 1998.

BRASIL. 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 21 de Outubro de 2010.

BRUNA, J. M.; ORDÓÑEZ, J. A.; FERNÁNDEZ, M., HERRANZ, B.; HOZ, L. L. Microbial and physico-chemical changes during the ripening of dry fermented sausages superficially inoculated with or having added an intracellular cell-free extract of *Penicillium aurantiogriseum*. **Meat Science**, v. 59, p.87–96, 2001.

CÁCERES, E.; GARCÍA, M.L.; SELGAS, M.D. (2008). Effect of pre-emulsified fish oil – as source of PUFA n-3 – on microstructure and sensory properties of mortadella, a Spanish bologna-type sausage. **Meat Science**, v.80, p.183-193, 2008.

CALDER, P.C. Polyunsaturated Fatty Acids, Inflammation, and Immunity. **Lipids**, v.36, n-9, p.1007-1024, 2001.

CALDER, P.C. Immunoregulatory and anti-inflammatory effects of n-3 polyunsaturated fatty acids. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v.31, n-4, p. 467-490, 1998.

CARR, S. N.; RINCKER, P.J.; KILLEFER, J.; BAKER, D.H.; ELLIS, M.; MCKEITH, F.K. Effects of different cereal grains and ractopamine hydrochloride on performance, carcass characteristics, and fat quality in late-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v.83, p.223-230, 2005.

CARTER, J.F. Potential of flaxseed and flaxseed oil in baked goods and other products in human nutrition. **Cereal Foods World**, v.38, n-10, p.753-59, 1993.

CARVALHO, E.M. **Influência do sexo e peso de abate na quantidade de carne e na composição lipídica de linhagens comerciais de suíno**. 2003. 96p. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição)- Departamento de Planejamento Alimentar e Nutrição, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 96p., 2003.

CHOI, Y. S.; CHOI, J. H.; HAN, D. J.; KIM, H. Y.; LEE, M. A.; KIM, H. W.; JEONG, J. Y.; KIM, C. J. Characteristics of low-fat meat emulsion systems with pork fat replaced by vegetable oils and rice bran fiber. **Meat Science**, v.82, n-2, p.266–271, 2009.

CIRIANO, M.G.I., LAREQUI, E., REHECHO, S., CALVO, M.I., CAVERO, R.Y., NAVARRO-BLASCO, I., ASTIASARÁN, I., ANSORENA, D. Selenium, iodine, ω -3 PUFA and natural antioxidant from *Melissa officinalis* L.: A combination of components from healthier dry fermented sausages formulation. **Meat Science**, v. 85, p.274–279, 2010.

COFRADES , S.; LÓPEZ – LÓPEZ, I.; SOLAS, M.T.; BRAVO, L.; JIMÉNEZ – COLMENERO, F. Influence of different types and proportions of added edible seaweeds on characteristics of low - salt gel/emulsion meat systems . **Meat Science**, v.79, n-4, p.767 – 776 , 2008.

COFRADES, S.; CARBALLO, J.; JIMÉNEZ-COLMENERO, F. Heating rate effects on high-fat and low-fat frankfurters with a high content of added water. **Meat Science**, v.47, p.105-114, 1997.

CONNOR, W. E. Importance of n-3 fatty acids in health and disease. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.71 (suppl), p.171S-175S, 2000.

DAUN, J.K.; BARTHET, V. J.; CHORNICK, T. L.; DUGUID, S. Structure, composition, and variety development of flaxseed. In: THOMPSON, L. U.; CUNNANE, S. C. (eds.). **Flaxseed in human nutrition**, 2th ed., USA: AOCS Press, 2003. p.1-40.

DECKER, E.A. Strategies for manipulating the prooxidative/antioxidative balance of foods to maximize oxidative stability. **Trends in Food Science & Technology**, v.9, p. 241-248, 1998.

DEL RIO, D.; STEWART, A.J.; PELLEGRINI, N. A review of recent studies on malondialdehyde as toxic molecule and biological marker of oxidative stress. **Nutrition, Metabolism & Cardiovascular Diseases**, v.15, p.316-328, 2005.

DELGADO-PANDO, G.; COFRADES, S.; RUIZ-CAPILLAS, C.; JIMÉNEZ-COLMENERO, F. Healthier lipid combination as functional ingredient influencing sensory and technological properties of low-fat frankfurters. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v.112, p.859-870, 2010.

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

DRANSFIELD, E. Review-The taste of fat. **Meat Science**, v.80, p.37–42,2008.

DWIVEDI, S. VASAVADA, M.N. CORNFORTH, D. Evaluation of antioxidant effects and sensory attributes of chinese 5-spice ingredients in cooked ground beef. **Journal of Food Science**, v. 71, n-1, p.C12-C17, 2006.

EL-ALIM, S. S. L. A; LUGASI, A.; HÓVÁRI, J.; DWORSCHÁK, E., Culinary herbs inhibit lipid oxidation in raw and cooked minced meat patties during storage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 79, n-2, p. 277-285, 1999.

EXARCHOU, V.; NENADIS, N.; TSIMIDOU, M.; GEROTHANASSIS, I.P.; TROGANIS, A.; BOSKOU, D. Antioxidant activities and phenolic composition of extracts from greek oregano, greek sage, and summer savory. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, p.5294-5299, 2002.

FAZIO, V.A.; INGE, K.E. Dietary implications. in: TAPSELL, L.C. et al. Health Benefits of herbs and spices: The past, the present, the future. **The Medical Journal of Australia**, v.185, n-4 , 2006, p.S19-S20.

FENNEMA, O. R. **Química de los alimentos**. Zaragoza: Acribia, 1993, 1095p.

FERREIRA, M.F.; SILVA, A.T.; ROBBS, P.G.; GASPAR, A.; SCHMELZER-NAGEL, W. Avaliação físico-química de salsichas tipo viena com substituição de

gordura animal por óleo de girassol. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.6, n-1, p.1-7, 2003.

FORELL, S.C.P.; RANALLI, N.; ZARITZKY, N.E.; ANDRÉS, S.C.; CALIFANO, A.N. Effect of type of emulsifiers and antioxidants on oxidative stability, colour and fatty acid profile of low-fat beef burgers enriched with unsaturated fatty acids and phytosterols. **Meat Science**, v.86, p. 364–370, 2010.

FORREST, J. C. ; ABERLE, E. D. ; HEDRICK, H. B. ; JUDGE, M. D. ; MERKEL, R. A. **Fundamentos de Ciencia de la carne**. Zaragoza: Acribia, 1979, 364p.

FRANKEL, E.N.; HUANG, S.W.; AESCHBACH, R. Antioxidant activity of a rosemary extract and its constituents, carnosic acid, carnosol, and rosmarinic acid, in bulk oil and oil-in-water emulsion. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.44, p.131-135, 1996.

FRITSCHKE, K. L.; JOHNSTON, P. V. Effect of dietary α -linolenic acid on growth, metastasis, fatty acid profile and prostaglandin production of two murine mammary adenocarcinomas. **The Journal of Nutrition**, p.1601-1609, 1990.

GEORGANTELIS, D.; AMBROSIADIS, I.; KATIKOU, P.; BLEKAS, G.; GEORGAKIS, S.A. Effect of rosemary extract, chitosan and α -tocopherol on microbiological parameters and lipid oxidation of fresh pork sausages stored at 4 °C. **Meat Science**, v.76, p.172 – 181, 2007.

GORDON, A.; BARBUT, S. Effect of chloride salts on protein extraction and interfacial protein film formation in meat batters. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.58, p. 227– 238, 1992.

GRAY, J.I.; GOMAA, E.A.; BUCKLEY, D.J. Oxidative quality and shelf life of meats. **Meat Science**, v.43, n° suppl., p.111-123, 1996.

GRAY, J. I.; PEARSON, A. M. Rancidity and warmed-over flavor. In PEARSON, A.M.; DUTSON, T.R. **Advances in meat research, Restructured meat and poultry products**. v.3., New York: Van Nostrand Reinhold Co, 1987, p.221-269.

HAAG, M. Review- Paper Essential Fatty Acids and the Brain. **The Canadian Journal of Psychiatry**, v.48, n-3, p.195-203, 2003.

HALLIWELL, B. The Characterization of antioxidants. **Food and Chemistry Toxicology**, v.33, n-7, p.601-617, 1995.

HARRIS, W.S.; MILLER, M.; TIGHE, A.P.; DAVIDSON, M.H.; SHAEFER, E.J. Omega-3 fatty acids and coronary heart disease risk: clinical and mechanistic perspectives. **Atherosclerosis**, v.197, p.12–24, 2008.

HEMPHILL, I.; COBIAC, L. The historical and cultural use of herbs and spices in: TAPSELL, L.C. et al. Health Benefits of herbs and spices: The past, the present, the future. **The Medical Journal of Australia**, v.185, n-4, 2006, p.S5.

HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ, E.; PONCE-ALQUICIRA, E.; JARAMILLO FLORES, M. E.; LEGARRETA, G. I. Antioxidant effect rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) and orégano (*Origanum vulgare* L.) extracts on TBARS and colour of model raw pork batters. **Meat Science**, v.81, n-2, p.410–417, 2009.

HOLMAN, R.T. The slow discovery of the importance of ω -3 essential fatty acids in human health. **Journal of Nutrition**, v.128, n-2, p.427S-433S, 1998.

HOZ, L.; D'ARRIGO, M.; CAMBERO, I.; ORDÓÑEZ, J.A. Development of an n-3 fatty acid and α -tocopherol enriched dry fermented sausage, **Meat Science**, v.67, p.485-495, 2004.

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

HU, F. B.; BRONNER, L.; WILLETT, W. C.; STAMPFER, M. J.; REXRODE, K. M.; ALBERT, C. M.; HUNTER, D.; MANSON, J. E. Fish and omega-3 fatty acid intake and risk of coronary heart disease in women. **JAMA, Journal American Medical Association**, v.287, n-14, p.1815-1821, 2002.

HUR, S.J.; JIN, S.K.; KIM, S. Effect of extra virgin olive oil substitution for fat on quality of pork patty. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.88, p.1231-1237, 2008.

JACOBSEN, C.; LET, M. B.; SORENSEN, A. M.; HORN, A. F.; TIMM- HEINRICH, M.; NIELSEN, N. S. Applications of natural antioxidants in OMEGA-3 enriched foods. **Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry**, v.7, n-8, p.3288-3295, 2008.

JIMÉNEZ-COLMENERO, F.; HERRERO, A.; PINTADO, T.; SOLAS, M.T.; RUIZ-CAPILLAS, C. Influence of emulsified olive oil stabilizing system used for pork backfat replacement in frankfurters. **Food Research International**, v.43, p.2068-2076, 2010.

JIMÉNEZ-COLMENERO, F. Healthier lipid formulation approaches in meat-based functional foods. Technological options for replacement of meat fats by non-meat fats. **Trends in Food Science & Technology**, v.18, n-11, p.567–578, 2007.

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

KARAKAYA, S. Bioavailability of phenolic compounds. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 44, n-6, p. 453-64, 2004.

KARPINSKA, M.; BOROWSKI, J.; DANOWSKA-OZIEWICZ, M. The use of natural antioxidants in ready-to-serve food. **Food Chemistry**, v.72, p.5-9, 2001.

KIM, Y.H.; NAM, K.C; AHN, D.U. Volatile Profiles, lipid oxidation and sensory characteristics of irradiated meat from different animal species, **Meat Science**, v. 61, p. 257-265, 2002.

KRING, U.; BERGER, R. G. Antioxidant activity of some roasted foods. **Food Chemistry**. v.72, p. 223-229, 2001.

LAWRIE, R. A. Constituição química e bioquímica do músculo in: LAWRIE, R.A. **Ciência da Carne**. 6ª ed. Porto Alegre:Artmed, 2005. p. 94-119.

LEBRET , B.; LEFAUCHEUR, L.; MOUROT, J.; BONNEAU, M. Influence des facteurs d'élevage sur la qualité de la viande de porc. **Journées Rech. Porcine en France**, v.28, p.137-156, 1996.

LEE, S.; FAUSTMAN, C.; DJORDJEVIC, D.; FARAJI, H.; DECKER, E. Effect of antioxidants on stabilization of meat products fortified with n-3 fatty acids. **Meat Science**, v.72, p.18-24, 2006.

LEE, S.; DECKER, E.A.; FAUSTMAN,C.; MANCINI, R.A. The effects of antioxidant combinations on color and lipid oxidation in n-3 oil fortified ground beef patties. **Meat Science**, v.70, p.683-689, 2005.

LÓPEZ-LÓPEZ, I.; COFRADES, S.; JIMÉNEZ-COLMENERO, F. Low-fat frankfurters enriched with n-3 PUFA and edible seaweed: Effects of olive oil and chilled storage on physicochemical, sensory and microbial characteristics. **Meat Science**, v.83, p.148-154, 2009.

LU, P.; ZHANG, L.Y.; YIN, J.D.; EVERTS, A.K.R.; LI, D.F. Effects of soybean oil and linseed oil on fatty acid compositions of muscle lipids and cooked pork flavor. **Meat Science**, v.80, p.910-918, 2008.

LURUEÑA-MARTÍNEZ, M. A.; VIVAR-QUINTANA, A. M.; REVILLA, I. Effect of locust bean/xanthan gum addition and replacement of pork fat with olive oil on the quality characteristics of low-fat frankfurters. **Meat Science**, v.68, n-3, p.383-389, 2004.

MADSEN, H. L.; BERTELSEN, G. Spices as antioxidants. **Trends in Food Science and Technology**, v.6, p. 271- 277, 1995.

MADHUJITH, T.; SHAHIDI, F. Antioxidant potential of pea beans (*Phaseolus vulgaris L.*). **Journal of Food Science**, v.70, n-1, p.s85-s90, 2005.

MAHROUR, A.; CAILLET, S.; NKETSIA-TABIRI, J.; LACROIX, M. The antioxidant effect of natural substances on lipids during irradiation of chicken legs. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 80, n-7, p. 679-684, 2003.

MARQUEZ, E. J.; AHMED, E. M.; WEST, R. L.; JOHNSON, D. D. Emulsion stability and sensory quality of beef frankfurters produced at different fat and peanut oil levels. **Journal of Food Science**, v.54, p.867–870, 1989.

MEYDANI, S. N. Effect of (n-3) polyunsaturated fatty acids on cytokine production and their biologic function. **Nutrition**, v.12, n-1, p.S8-S14, 1996.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. SECRETARIA DE POLÍTICAS DE SAÚDE. **Política Nacional de Alimentação e Nutrição**. Brasília: Centro de documentação do Ministério da Saúde, 2003.

MORRIS, D. H. **Flax - A Health and Nutrition Primer**. 4 th ed. Winnipeg: MB Flax Council of Canada, 2007. 140p.

MORRIS, D. H. Essential nutrients and other functional compounds in flaxseed. **Nutrition Today**, v.36, n-3, p.159-162, 2001.

MORRISEY, P.A.; SHEEHY, P.J.A.; GALVIN, K.; KERRY, J. P.; BUCKLEY, D. L. Lipid stability in meat and meat products. **Meat Science**, v. 49, p. S73-S86, 1998.

MOZAFFARIAN, D.; ASCHERIO, A.; HU, F. B.; STAMPFER, M. J.; WILLETT, W. C.; SISCOVICK, D. S.; RIMM, E. B. Interplay between different polyunsaturated fatty acids and risk of coronary heart disease in men. **Circulation**, v.111, p.157–164, 2005.

MOZAFFARIAN, D.; LEMAITRE, R. N.; KULLER, L. H. ; BURKE, G. L.; TRACY, R. P.; SISCOVICK, D. S. Cardiac benefits of fish consumption may depend on the type of fish meal consumed: the cardiovascular health study. **Circulation**, v.107, p.1372-1377, 2003.

MUGUERZA, E.; FISTA, G.; ANSORENA, D.; ASTIASARAN, I.; BLOUKAS, J. G. Effect of fat level and partial replacement of pork backfat with olive oil on processing and quality characteristics of fermented sausages. **Meat Science**, v.61, n-4, p.397-404, 2002.

MUGUERZA, E.; GIMENO, O.; ANSORENA, D.; BLOUKAS, J.G.; ASTIASARÁN, I. Effect of replacing pork backfat with pre-emulsified olive oil on lipid fraction and

sensory quality of Chorizo de Pamplona — a traditional Spanish fermented sausage. **Meat Science**, v.59, n-3, p.251-258, 2001.

NINFALI, P.; MEA, G.; GIORGINI, S.; ROCCHI, M.; BACCHIOCCA, M. Antioxidant capacity of vegetables, spices and dressings relevant to nutrition. **British Journal of Nutrition**, v.93, p.257-266, 2005.

OLIVO, R.; SHIMOKOMAKI, M. Colágeno em 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, p.135-145.

OOMAH, B. D. Flaxseed as a functional food source. **Journal of the Science of the food and Agriculture**, v.81, p.889-894, 2001.

OOMAH, B. D. Processing of Flaxseed Fiber, Oil, Protein, and Lignan. In: THOMPSON, L. U.; CUNNANE, S. C. **Flaxseed in human nutrition**, 2 th ed. USA: AOCS Press, 2003. p.1-24.

OSAWA, C.C.; FELÍCIO, P.E.; GONÇALVES, L.A. Teste de TBA aplicado a carnes e derivados: métodos tradicionais, modificados e alternativos. **Química Nova**, v. 28, n-4, p.655-663, 2005.

OZVURAL, E.B.; VURAL, H. Utilization of interesterified oil blends in the production of frankfurters. **Meat Science**, v.78, p.211–216, 2008.

PANERAS, E.D.; BLOUKAS, J.G.; FILIS, D.G. Production of low-fat frankfurters with vegetable oils following the dietary guidelines for fatty acids. **Journal of Muscle Foods**, v.9, p.111-126, 1998.

PELSER, W. M.; LINSSEN, J. P. H.; LEGGER, A.; HOUBEN, J. H. Lipid oxidation in n-3 fatty acid enriched Dutch style fermented sausages. **Meat Science**, v.75, n-1, p.1-11, 2007.

PIETRASIK, Z.; DUDA, Z. Effects of fat content and soy protein/carragenan mix on the quality characteristics of comminuted, scalded sausages. **Meat Science**, v.56, p.181-188, 2000.

RAES, K.; DE SMET, S.; DEMEYER, D. Effect of dietary fatty acids on incorporation of long chain polyunsaturated fatty acids and conjugated linoleic acid in lamb, beef and pork meat: A review. **Animal Feed Science and Technology**, v.113, p.199-221, 2004.

RAHARJO, S.; SOFOS, J. N. Methodology for measuring malonaldehyde as a product of lipid peroxidation in muscle tissues: A review. **Meat Science**, v. 35, p.145-169, 1993.

RALLIDIS, L. S. ; PASCHOS , G.; LIAKOS , G. K.; VELISSARIDOU, A. H.; ANASTASIADIS, G.; ZAMPELAS, A. Dietary α -linolenic acid decreases C-reactive protein, serum amyloid A and interleukin-6 in dyslipidaemic patients. **Atherosclerosis** v.167, p.237-242, 2003.

RAMALHO, V.C.; JORGE, N. Antioxidantes utilizados em óleos, gorduras e alimentos gordurosos. **Química Nova**, v.29, n-4, p.755-760, 2006.

RATNAYAKE, W. M. N.; GALLI, C. Fat and fatty acid terminology, methods of analysis and fat digestion and metabolism: a background review paper. **Annals of Nutrition & Metabolism**, v.55, p.8-43, 2009.

RODRIGUES, M. I.; IEMMA, A. F. **Planejamento de Experimentos e Otimização de Processos**. Campinas: Casa do Pão, 2005. 326p.

ROSE, D. P.; CONNOLLY, J. M. Omega-3 fatty acids as cancer chemopreventive agents. **Pharmacology and Therapeutics**, v.83, p.217-244, 1999.

ROSE, D. P. Dietary fatty acids and cancer. **American Journal of Clinical Nutrition**. v.66 (suppl), p. 998S-1003S, 1997.

RUUSUNEM, M.; PUOLANNE, E. Reducing sodium intake from meat products. **Meat Science**, v.70, p.531–543, 2005.

SCHMITZ, G.; ECKER, J. Review-The opposing effects of n-3 and n-6 fatty acids. **Progress in Lipid Research**, v.47, p.147-155, 2008.

SHAHIDI, F.; JANITHA, P.K.; WANASUNDARA, P.D. Phenolic antioxidants. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.32, n-1, p.67-103,1992.

SHAN, B.; CAI, Y. Z.; BROOKS, J.D.; CORKE, H. Antibacterial and antioxidant effects of five spice and herb extracts as natural preservatives of raw pork. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v.89, p.1879–1885, 2009.

SHAN, B.; CAI, Y. Z.; SUN, M.; CORKE, H. Antioxidant Capacity of 26 Spice Extracts and Characterization of Their Phenolic Constituents. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 53, p.7749-7759, 2005.

SHIMOKOMAKI, M.; OLIVO, R.; TERRA, N. N.; FRANCO, B. D. G. M. **Atualidades em Ciência e Tecnologia de Carnes**. São Paulo: Varela, 2006, 236p.

SHIONG, Y. L.; KENNEY, P. B. Functionality of Proteins in Meat Products. In: **Reciprocal Meat Conference Proceedings**, 52nd Annual Reciprocal Meat Conference, v. 52, p.67-69, 1999.

SIMOPOULOS, A. P. Omega-6/Omega-3 essential fatty acid ratio and chronic diseases. **Food Reviews International**, v.20, n-1, p.77-90, 2004.

SMITH, V. H.; JIMMERSON, J. Briefing. Agricultural Marketing Policy Center, 2005, Montana State University, MO, USA. Disponível em: <http://www.ampc.montana.edu/briefings/briefing56.pdf>. Acesso em 26 de outubro 2010.

SMYTH, A. B.; SMITH, D. M.; VEGA-WARNER, V.; O'NEILL, E. Thermal denaturation and aggregation of chicken breast muscle myosin and subfragments. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.44, n-4, p.1005- 1010, 1996.

SRINIVASAN, S; XIONG, Y. L. Sulfhydryls in antioxidant-washed beef heart surimi. **Journal of Muscle Foods**, v.8, p.251-263,1997.

SRINIVASAN, K. Role of spices beyond food flavoring: Nutraceuticals with multiple health effects. **Food Reviews International** , v.21, p.167-188, 2005.

STATISTICS CANADA, 2010. Production data of field and specialty crops. Disponível em: <http://www40.statcan.ca/l01/cst01/prim11b.htm>. Acesso em: 27 de outubro, 2010.

TACO. **Tabela brasileira de composição de alimentos**. NEPA-UNICAMP.- T113 Versão II, 2^a ed, Campinas: NEPA-UNICAMP, 2006.113p.

TAINTER, D. R.; GRENIS, A. T. **Spices and seasonings: a food technology handbook**, 2^aed. New York: John Wiley & Sons, INC., 2001. 256 p.

TAN, S. S.; AMINAH, A.; ZHANG, X. G.; ABDUL, S. B. Optimizing palm oil and palm stearin utilization for sensory and textural properties of chicken frankfurters. **Meat Science**, v.72, p.387-397, 2006.

TORNBERG, E. Effect of heat on meat proteins - Implications on structure and quality of meat products. **Meat Science**, v.70, p.493-508, 2005.

UHL, S. R. A to Z Spices. In: UHL, S. R. **Handbook of Spices, Seasonings and Flavorings**. Florida: CRC Press LLC, 2000.1-119.

VALENCIA, I.; O'GRADY, M.N.; ANSORENA, D.; ASTIASARÁN, I., KERRY, J.P. Enhancement of the nutritional status and quality of fresh pork sausages following the addition of linseed oil, fish oil and natural antioxidants. **Meat Science**, v.80, p.1046-1054, 2008.

VALENCIA, I.; ANSORENA, D.; ASTIASARÁN, I. Stability of linseed oil and antioxidants containing dry fermented sausages: A study of the lipid fraction during different storage conditions. **Meat Science**, v. 73, p. 269-277, 2006.

VELASCO, L.; GOFFMAN, F. D. Tocopherol, plastochromanol and fatty acid patterns in the genus *Linum*. **Plant Systematics and Evolution**, v.221, p.77-88, 2000.

VOLKER, D.; GARG, M. Dietary n-3 fatty acid supplementation in rheumatoid arthritis—mechanisms, clinical outcomes, controversies and future directions. **Journal of Clinical Biochemistry and Nutrition**, v.20, n-2, p.83-97, 1996.

WANGENSTEEN, H.; SAMUELSEN, A. B.; MALTERUD, K. E. Antioxidant activity in extracts from coriander. **Food Chemistry**, v.88, p.293-297, 2004.

WHO: World and Health Organization. Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases, **WHO technical report series**, n-916, 2003, 160 p.

WONG, P. Y.; KITTS, D. D. Studies on the dual antioxidant and antibacterial properties of parsley (*Petroselinum crispum*) and cilantro (*Coriandrum sativum*) extracts. **Food Chemistry**, v. 97, p.505-515, 2006.

WOOD, J.D.; RICHARDSON, R.I.; NUTE, G.R.; FISHER, A.V.; CAMPO, M.M.; KASAPIDOU,E.; SHEARD, P.R.; ENSER, M. Effects of fatty acids on meat quality: a review. **Meat Science**, v.66, p.21-32, 2003.

YAMAZAKI, R. K. **Efeito da suplementação com óleo de peixe sobre o metabolismo de glicose e lipídios em ratos obesos**. 2010. 71p. Tese (Doutorado em Biologia Celular e Molecular)- Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 71p., 2010.

YILMAZ, I.; SIMSEK, O.; ISIKLI, M. Fatty acid composition and quality characteristics of low-fat cooked sausages made with beef and chicken meat, tomato juice and sunflower oil. **Meat Science**, v.62, p.253-258, 2002.

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

YOUNG, I. S; WOODSIDE, J. V. Antioxidants in health and disease. **Journal of Clinical Pathology**, v.54, p.176-186, 2001.

YOUSSEF, M. K.; BARBUT, S. Effects of protein level and fat/oil type on emulsion stability, texture, microstructure and color of meat batters. **Meat Science**, v.82, n-2, p.228-233, 2009.

ZHENG, W.; WANG, S. Y. Antioxidant activity and phenolic compounds in selected herbs. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v.49, p.5165-5170, 2001.

ZIBOH, V. A.; MILLER, C. C.; CHO, Y. Metabolism of polyunsaturated fatty acids by skin epidermal enzymes: generation of antiinflammatory and antiproliferative metabolites. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.71 (suppl), p.361S-366S, 2000.

APÊNDICE 1

Tabelas de Coeficientes de Regressão da Etapa 1.

Tabela 26: Coeficientes da Regressão (Cor L*)

	Coeficientes de regressão	Erro padrão	t (5)	p-valor	Limite de confiança -95%	Limite de confiança +95%
Média	72,52667	0,523330	138,5869	0,000000	71,18140	73,87193
Gord(%) x1 (L)	0,18275	0,320473	0,5703	0,593168	-0,64105	1,00656
Gord(%) x1 (Q)	-0,01583	0,381439	-0,0415	0,968496	-0,99635	0,96469
Óleo de linh(%) x2(L)	1,39689	0,320473	4,3588	0,007298	0,57309	2,22069
Óleo de linh (%) x2(Q)	-0,17333	0,381439	-0,4544	0,668574	-1,15385	0,80719
1L by 2L	0,42250	0,453217	0,9322	0,394011	-0,74253	1,58753

Tabela 27: Coeficientes da Regressão após eliminação dos termos não significativos (Cor L*)

	Coeficientes de regressão	Erro padrão	t (9)	p-valor	Limite de confiança -95%	Limite de confiança +95%
Média	72,38909	0,230647	313,8517	0,000000	71,86733	72,91085
Óleo de linh(%) x2(L)	1,39689	0,270458	5,1649	0,000591	0,78507	2,00871

Tabela 28: Coeficientes da Regressão (Cor h)

	Coeficientes de regressão	Erro padrão	t (5)	p-valor	Limite de confiança -95%	Limite de confiança +95%
Média	58,51667	2,632180	22,23126	0,000003	51,75043	65,28290
Gord(%) x1 (L)	-0,13250	1,611874	-0,08220	0,937675	-4,27595	4,01095
Gord(%) x1 (Q)	-1,90833	1,918514	-0,99469	0,365555	-6,84003	3,02336
Óleo de linh(%) x2(L)	3,41299	1,611874	2,11740	0,087794	-0,73047	7,55644
Óleo de linh (%) x2(Q)	-2,46333	1,918514	-1,28398	0,255426	-7,39503	2,46836
1L by 2L	1,79500	2,279534	0,78744	0,466693	-4,06473	7,65473

Tabela 29: Coeficientes da Regressão (Cor C*)

	Coeficientes de regressão	Erro padrão	t (5)	p-valor	Limite de confiança -95%	Limite de confiança +95%
Média	15,70333	0,367086	42,77834	0,000000	14,75971	16,64696
Gord(%) x1 (L)	-0,20887	0,224793	-0,92916	0,395451	-0,78672	0,36898
Gord(%) x1 (Q)	0,17271	0,267558	0,64550	0,547053	-0,51507	0,86049
Óleo de linh(%) x2(L)	-0,20471	0,224793	-0,91064	0,404249	-0,78256	0,37314
Óleo de linh (%) x2(Q)	0,29521	0,267558	1,10334	0,320128	-0,39257	0,98299
1L by 2L	-0,38000	0,317906	-1,19532	0,285557	-1,19720	0,43720

Tabela 30: Coeficientes da Regressão (Firmeza)

	Coeficientes de regressão	Erro padrão	t (5)	p-valor	Limite de confiança -95%	Limite de confiança +95%
Média	12,40667	0,237525	52,23318	0,000000	11,79609	13,01724
Gord(%) x1 (L)	1,15364	0,145454	7,93130	0,000513	0,77974	1,52754
Gord(%) x1 (Q)	0,72104	0,173124	4,16488	0,008782	0,27601	1,16607
Óleo de linh(%) x2(L)	-0,00904	0,145454	-0,06214	0,952861	-0,38294	0,36486
Óleo de linh (%) x2(Q)	0,05854	0,173124	0,33815	0,748988	-0,38649	0,50357
1L by 2L	-0,36500	0,205702	-1,77441	0,136172	-0,89377	0,16377

Tabela 31: Coeficientes da Regressão após eliminação dos termos não significativos (Firmeza)

	Coeficientes de regressão	Erro padrão	t (8)	p-valor	Limite de confiança -95%	Limite de confiança +95%
Média	12,46176	0,175682	70,93364	0,000000	12,05664	12,86689
Gord(%) x1 (L)	1,15364	0,147858	7,80230	0,000052	0,81267	1,49460
Gord(%) x1 (Q)	0,70382	0,168203	4,18438	0,003061	0,31595	1,09170

Tabela 32: Coeficientes da Regressão (Elasticidade)

	Coeficientes de regressão	Erro padrão	t (5)	p-valor	Limite de confiança -95%	Limite de confiança +95%
Média	0,906933	0,001966	461,3378	0,000000	0,901880	0,911987
Gord(%) x1 (L)	-0,004291	0,001204	-3,5644	0,016139	-0,007386	-0,001196
Gord(%) x1 (Q)	0,006858	0,001433	4,7864	0,004942	0,003175	0,010542
Óleo de linh(%) x2(L)	0,001946	0,001204	1,6165	0,166910	-0,001149	0,005041
Óleo de linh (%) x2(Q)	0,005358	0,001433	3,7396	0,013437	0,001675	0,009042
1L by 2L	0,004600	0,001702	2,7019	0,042687	0,000224	0,008976

Tabela 33: Coeficientes da Regressão após eliminação dos termos não significativos (Elasticidade)

	Coeficientes de regressão	Erro padrão	t (6)	p-valor	Limite de confiança -95%	Limite de confiança +95%
Média	0,906933	0,002214	409,5578	0,000000	0,901515	0,912352
Gord(%) x1 (L)	-0,004291	0,001356	-3,1643	0,019458	-0,007609	-0,000973
Gord(%) x1 (Q)	0,006858	0,001614	4,2492	0,005385	0,002909	0,010808
Óleo de linh (%) x2(Q)	0,005358	0,001614	3,3199	0,016007	0,001409	0,009308
1L by 2L	0,004600	0,001918	2,3987	0,053393	-0,000093	0,009293

Tabela 34: Coeficientes da Regressão (Coesividade)

	Coeficientes de regressão	Erro padrão	t (5)	p-valor	Limite de confiança -95%	Limite de confiança +95%
Média	0,814267	0,002605	312,5639	0,000000	0,807570	0,820963
Gord(%) x1 (L)	0,001012	0,001595	0,6346	0,553565	-0,003088	0,005113
Gord(%) x1 (Q)	0,002292	0,001899	1,2069	0,281446	-0,002589	0,007173
Óleo de linh(%) x2(L)	0,000566	0,001595	0,3551	0,737034	-0,003534	0,004667
Óleo de linh (%) x2(Q)	0,002142	0,001899	1,1279	0,310554	-0,002739	0,007023
1L by 2L	-0,004650	0,002256	-2,0611	0,094304	-0,010449	0,001149

Tabela 35: Coeficientes da Regressão (Mastigabilidade)

	Coeficientes de regressão	Erro padrão	t (5)	p-valor	Limite de confiança -95%	Limite de confiança +95%
Média	9,222533	0,261935	35,20918	0,000000	8,549207	9,895860
Gord(%) x1 (L)	0,957046	0,160402	5,96654	0,001893	0,544719	1,369373
Gord(%) x1 (Q)	0,680108	0,190917	3,56233	0,016175	0,189341	1,170875
Óleo de linh(%) x2(L)	-0,058656	0,160402	-0,36568	0,729565	-0,470982	0,353671
Óleo de linh (%) x2(Q)	0,036108	0,190917	0,18913	0,857427	-0,454659	0,526875
1L by 2L	-0,208200	0,226843	-0,91782	0,400821	-0,791318	0,374918

Tabela 36: Coeficientes da Regressão após eliminação dos termos não significativos (Mastigabilidade)

	Coeficientes de regressão	Erro padrão	t (8)	p-valor	Limite de confiança -95%	Limite de confiança +95%
Média	9,256518	0,165216	56,02687	0,000000	8,875530	9,637506
Gord(%) x1 (L)	0,957046	0,139050	6,88276	0,000127	0,636397	1,277695
Gord(%) x1 (Q)	0,669488	0,158182	4,23239	0,002867	0,304720	1,034256

Tabela 37: Coeficientes da Regressão (Líquido Liberado)

	Coeficientes de regressão	Erro padrão	t (5)	p-valor	Limite de confiança -95%	Limite de confiança +95%
Média	3,12463	0,534960	5,84087	0,002081	1,74947	4,499793
Gord(%) x1 (L)	-0,44184	0,327595	-1,34875	0,235282	-1,28395	0,400265
Gord(%) x1 (Q)	-0,11237	0,389916	-0,28818	0,784772	-1,11468	0,889945
Óleo de linh(%) x2(L)	-1,81348	0,327595	-5,53573	0,002639	-2,65559	-0,971368
Óleo de linh (%) x2(Q)	1,20538	0,389916	3,09139	0,027117	0,20307	2,207695
1L by 2L	0,09425	0,463289	0,20344	0,846814	-1,09667	1,285173

Tabela 38: Coeficientes da Regressão após eliminação dos termos não significativos (Líquido liberado)

	Coeficientes de regressão	Erro padrão	t (8)	p-valor	Limite de confiança -95%	Limite de confiança +95%
Média	3,01888	0,362631	8,32493	0,000033	2,18265	3,85510
Óleo de linh(%) x2(L)	-1,81348	0,305199	-5,94194	0,000345	-2,51727	-1,10969
Óleo de linh (%) x2(Q)	1,23843	0,347193	3,56699	0,007326	0,43780	2,03906

Tabela 39: Coeficientes da Regressão (Gordura Liberada)

	Coeficientes de regressão	Erro padrão	t (5)	p-valor	Limite de confiança -95%	Limite de confiança +95%
Média	0,239447	0,052468	4,56371	0,006036	0,104575	0,374319
Gord(%) x1 (L)	-0,001142	0,032130	-0,03555	0,973019	-0,083734	0,081450
Gord(%) x1 (Q)	-0,000706	0,038242	-0,01847	0,985976	-0,099011	0,097598
Óleo de linh(%) x2(L)	-0,161882	0,032130	-5,03839	0,003972	-0,244474	-0,079290
Óleo de linh (%) x2(Q)	0,105244	0,038242	2,75204	0,040213	0,006939	0,203548
1L by 2L	-0,021983	0,045438	-0,48379	0,648980	-0,138785	0,094820

Tabela 40: Coeficientes da Regressão após eliminação dos termos não significativos (Gordura liberada)

	Coeficientes de regressão	Erro padrão	t (8)	p-valor	Limite de confiança -95%	Limite de confiança +95%
Média	0,238782	0,030884	7,73167	0,000056	0,167564	0,309999
Óleo de linh(%) x2(L)	-0,161882	0,025992	-6,22803	0,000252	-0,221820	-0,101943
Óleo de linh (%) x2(Q)	0,105451	0,029569	3,56630	0,007333	0,037266	0,173637

Tabela 41: Coeficientes da Regressão (Cor Sensorial)

	Coeficientes de regressão	Erro padrão	t (5)	p-valor	Limite de confiança -90%	Limite de confiança +90%
Média	3,596667	0,173631	20,71438	0,000005	3,246791	3,946542
Gord(%) x1 (L)	-0,001768	0,106327	-0,01663	0,987378	-0,216022	0,212486
Gord(%) x1 (Q)	0,071667	0,126555	0,56629	0,595668	-0,183347	0,326680
Óleo de linh(%) x2(L)	-0,292687	0,106327	-2,75270	0,040181	-0,506941	-0,078432
Óleo de linh (%) x2(Q)	0,271667	0,126555	2,14664	0,084604	0,016653	0,526680
1L by 2L	-0,095000	0,150369	-0,63178	0,555287	-0,398001	0,208001

Tabela 42: Coeficientes da Regressão (Aroma Sensorial)

	Coeficientes de regressão	Erro padrão	t (5)	p-valor	Limite de confiança -90%	Limite de confiança +90%
Média	3,253333	0,157344	20,67652	0,000005	2,936277	3,570390
Gord(%) x1 (L)	-0,131088	0,096353	-1,36049	0,231794	-0,325244	0,063069
Gord(%) x1 (Q)	0,308958	0,114683	2,69401	0,043091	0,077866	0,540051
Óleo de linh(%) x2(L)	-0,410563	0,096353	-4,26102	0,008007	-0,604720	-0,216407
Óleo de linh (%) x2(Q)	0,331458	0,114683	2,89020	0,034179	0,100366	0,562551
1L by 2L	-0,335000	0,136264	-2,45846	0,057337	-0,609579	-0,060421

Tabela 43: Coeficientes da Regressão após eliminação dos termos não significativos (Aroma Sensorial)

	Coeficientes de regressão	Erro padrão	t (6)	p-valor	Limite de confiança -90%	Limite de confiança +90%
Média	3,253333	0,168132	19,34989	0,000001	2,926623	3,580044
Gord(%) x1 (Q)	0,308958	0,122546	2,52116	0,045216	0,070829	0,547088
Óleo de linh(%) x2(L)	-0,410563	0,102959	-3,98763	0,007220	-0,610632	-0,210495
Óleo de linh (%) x2(Q)	0,331458	0,122546	2,70476	0,035351	0,093329	0,569588
1L by 2L	-0,335000	0,145607	-2,30072	0,061040	-0,617940	-0,052060

Tabela 44: Coeficientes da Regressão (Sabor Sensorial)

	Coeficientes de regressão	Erro padrão	t (5)	p-valor	Limite de confiança -90%	Limite de confiança +90%
Média	3,543333	0,317654	11,15470	0,000101	2,90325	4,183421
Gord(%) x1 (L)	-0,328833	0,194522	-1,69046	0,151731	-0,72080	0,063140
Gord(%) x1 (Q)	0,532083	0,231528	2,29814	0,069935	0,06554	0,998623
Óleo de linh(%) x2(L)	-0,727806	0,194522	-3,74150	0,013411	-1,11978	-0,335834
Óleo de linh (%) x2(Q)	0,779583	0,231528	3,36712	0,019952	0,31304	1,246123
1L by 2L	-0,527500	0,275096	-1,91751	0,113290	-1,08183	0,026832

Tabela 45: Coeficientes da Regressão (Textura Sensorial)

	Coeficientes de regressão	Erro padrão	t (5)	p-valor	Limite de confiança -90%	Limite de confiança +90%
Média	4,810000	0,167835	28,65908	0,000001	4,471804	5,148196
Gord(%) x1 (L)	-0,139409	0,102778	-1,35641	0,233000	-0,346510	0,067693
Gord(%) x1 (Q)	0,316875	0,122330	2,59033	0,048817	0,070375	0,563375
Óleo de linh(%) x2(L)	-0,391688	0,102778	-3,81102	0,012487	-0,598790	-0,184586
Óleo de linh (%) x2(Q)	0,271875	0,122330	2,22248	0,076889	0,025375	0,518375
1L by 2L	-0,382500	0,145349	-2,63159	0,046444	-0,675386	-0,089614

Tabela 46: Coeficientes da Regressão após eliminação dos termos não significativos (Textura Sensorial)

	Coeficientes de regressão	Erro padrão	t (6)	p-valor	Limite de confiança -90%	Limite de confiança +90%
Média	4,810000	0,179197	26,84198	0,000000	4,461788	5,158212
Gord(%) x1 (Q)	0,316875	0,130611	2,42610	0,051435	0,063074	0,570676
Óleo de linh(%) x2(L)	-0,391688	0,109735	-3,56939	0,011793	-0,604923	-0,178453
Óleo de linh (%) x2(Q)	0,271875	0,130611	2,08156	0,082556	0,018074	0,525676
1L by 2L	-0,382500	0,155189	-2,46474	0,048805	-0,684060	-0,080940

Tabela 47: Coeficientes da Regressão (Impressão Global)

	Coeficientes de regressão	Erro padrão	t (5)	p-valor	Limite de confiança -90%	Limite de confiança +90%
Média	3,603333	0,210844	17,09003	0,000013	3,178472	4,028195
Gord(%) x1 (L)	-0,250386	0,129115	-1,93924	0,110178	-0,510559	0,009788
Gord(%) x1 (Q)	0,530208	0,153678	3,45013	0,018235	0,220540	0,839877
Óleo de linh(%) x2(L)	-0,601504	0,129115	-4,65866	0,005539	-0,861677	-0,341331
Óleo de linh (%) x2(Q)	0,677708	0,153678	4,40993	0,006957	0,368040	0,987377
1L by 2L	-0,435000	0,182596	-2,38230	0,062985	-0,802941	-0,067059

Tabela 48: Coeficientes da Regressão após eliminação dos termos não significativos (Impressão Global)

	Coeficientes de regressão	Erro padrão	t (6)	p-valor	Limite de confiança -90%	Limite de confiança +90%
Média	3,603333	0,254774	14,14327	0,000008	3,108262	4,098405
Gord(%) x1 (Q)	0,530208	0,185697	2,85524	0,028982	0,169366	0,891050
Óleo de linh(%) x2(L)	-0,601504	0,156016	-3,85539	0,008407	-0,904672	-0,298336
Óleo de linh (%) x2(Q)	0,677708	0,185697	3,64954	0,010712	0,316866	1,038550
1L by 2L	-0,435000	0,220641	-1,97153	0,096146	-0,863744	-0,006256

APÊNDICE 2

Tabelas de Análise de Variância- ANOVA da Etapa 1.

Tabela 49: Tabela ANOVA para a resposta cor L*

Fonte de variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F calc	F tab
Regressão	15,61	1	15,61	26,676	5,12
Resíduos	5,267	9	0,585		
Total	20,877	10			

% variação explicada (R^2)= 75; F1;9;0,05= 5,12

Tabela 50: Tabela ANOVA para a resposta cor h

Fonte de variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F calc	F calc
Regressão	149,146	5	29,829	1,435	5,05
Resíduos	103,926	5	20,785		
Total	253,072	10			

% variação explicada (R^2)= 59; F5;5;0,05= 5,05

Tabela 51: Tabela ANOVA para a resposta cor C*

Fonte de variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F calc	F tab
Regressão	1,8	5	0,36	0,89	5,05
Resíduos	2,021	5	0,404		
Total	3,821	10			

% variação explicada (R^2)= 47; F5;5;0,05= 5,05

Tabela 52: Tabela ANOVA para a resposta Firmeza

Fonte de variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F calc	F tab
Regressão	13,709	2	6,854	39,194	4,46
Resíduos	1,399	8	0,175		
Total	15,108	10			

% variação explicada (R^2)= 91; F2;8;0,05= 4,46

Tabela 53: Tabela ANOVA para a resposta Elasticidade

Fonte de variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F calc	F tab
Regressão	0,000567	4	0,000142	9,67	4,53
Resíduos	0,000088	6	0,000015		
Total	0,000655	10			

% variação explicada (R^2)= 87; $F_{4;6;0,05}$ = 4,53

Tabela 54: Tabela ANOVA para a resposta Coesividade

Fonte de variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F calc	F tab
Regressão	0,000141	5	0,000028	1,396	5,05
Resíduos	0,000101	5	0,00002		
Total	0,000242	10			

% variação explicada (R^2)= 58; $F_{5;5;0,05}$ = 5,05

Tabela 55: Tabela ANOVA para a resposta Mastigabilidade

Fonte de variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F calc	F tab
Regressão	10,099	2	5,05	32,656	4,46
Resíduos	1,237	8	0,155		
Total	11,336	10			

% variação explicada (R^2)= 89; $F_{2;8;0,05}$ = 4,46

Tabela 56: Tabela ANOVA para a resposta Líquido Liberado

Fonte de variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F calc	F tab
Regressão	35,791	2	17,895	24,015	4,46
Resíduos	5,961	8	0,745		
Total	41,752	10			

% variação explicada (R^2)= 86; $F_{2;8;0,05}$ = 4,46

Tabela 57: Tabela ANOVA para a resposta Gordura Liberada

Fonte de variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F calc	F tab
Regressão	0,27836	2	0,139	25,753	4,46
Resíduos	0,043236	8	0,005		
Total	0,3216	10			

% variação explicada (R^2)= 87; $F_{2;8;0,05}$ = 4,46

Tabela 58: Tabela ANOVA para a resposta Cor Sensorial

Fonte de variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F calc	F tab
Regressão	1,074	2	0,537	8,302	3,11
Resíduos	0,517	8	0,065		
Total	1,591	10			

% variação explicada (R^2)= 68; $F_{2;8;0,10}$ = 3,11

Tabela 59: Tabela ANOVA para a resposta Aroma Sensorial

Fonte de variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F calc	F tab
Regressão	2,695	4	0,674	7,958	3,18
Resíduos	0,508	6	0,085		
Total	3,203	10			

% variação explicada (R^2)= 84; $F_{4;6;0,10}$ = 3,18

Tabela 60: Tabela ANOVA para a resposta Sabor Sensorial

Fonte de variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F calc	F tab
Regressão	8,237	3	2,746	5,505	3,07
Resíduos	3,491	7	0,499		
Total	11,728	10			

% variação explicada (R^2)= 70; $F_{3;7;0,10}$ = 3,07

Tabela 61: Tabela ANOVA para a resposta Textura Sensorial

Fonte de variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F calc	F tab
Regressão	2,577	4	0,644	6,693	3,18
Resíduos	0,578	6	0,096		
Total	3,155	10			

% variação explicada (R^2)= 82; $F_{4;6;0,10}$ = 3,18

Tabela 62: Tabela ANOVA para a resposta Impressão Global

Fonte de variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F calc	F tab
Regressão	6,922	4	1,73	8,888	3,18
Resíduos	1,168	6	0,195		
Total	8,09	10			

% variação explicada (R^2)= 86; $F_{4;6;0,10}$ = 3,18

ANEXO 1: Parecer do Comitê de ética em pesquisa Nº 281/2010



FACULDADE DE CIÊNCIAS MÉDICAS
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

www.fcm.unicamp.br/pesquisa/etica/index.html

CEP, 27/04/10
(Grupo III)

PARECER CEP: Nº 281/2010 (Este nº deve ser citado nas correspondências referente a este projeto)
CAAE: 0198.0.146.000-10

I - IDENTIFICAÇÃO:

PROJETO: “EFEITO DA ADIÇÃO DE ERVAS E ESPECIARIAS NA ESTABILIDADE OXIDATIVA DE UM PRODUTO CÁRNEO EMULSIONADO COM ÓLEO DE LINHAÇA”.

PESQUISADOR RESPONSÁVEL: Ana Karoline Ferreira Ignácio

INSTITUIÇÃO: Faculdade de Engenharia de Alimentos/UNICAMP

APRESENTAÇÃO AO CEP: 12/04/2010

APRESENTAR RELATÓRIO EM: 27/04/11 (O formulário encontra-se no *site* acima)

II - OBJETIVOS

Avaliar o efeito de diferentes ervas e especiarias, e várias concentrações e combinações, sobre a estabilidade oxidativa de um produto cárneo emulsionado cozido enriquecido com óleo de linhaça. Definir qual o nível de substituição da gordura saturada mortadela, escolher qual a melhor combinação de ervas, verificar a estabilidade oxidativa ao longo de 60 dias (sob refrigeração).

III - SUMÁRIO

Alimentos funcionais capazes de atuar no metabolismo e fisiologia humana promovendo efeitos benéficos à saúde. A incorporação de compostos benéficos aos produtos cárneos constitui-se numa boa estratégia para estimular o consumo dos mesmos. Serão usadas diferentes ervas e especiarias em várias concentrações e combinações. Serão selecionadas 6 de 10 ervas e especiarias inicialmente propostas que serão divididas em grupos de 3 formando 6 combinações, definidas pelos melhores resultados sensoriais.

IV - COMENTÁRIOS DOS RELATORES

Trata-se de um estudo muito importante para a população que consome mortadela, pois haverá a substituição da gordura suína por óleos vegetais e a adição de antioxidantes na composição da mesma. Os pesquisadores se comprometem a cumprir todas as normas descritas na Resolução CNS 196/96 e suas complementares. O Termo de Consentimento Livre e Esclarecido apresentado é bastante esclarecedor.

V - PARECER DO CEP

O Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências Médicas da UNICAMP, após acatar os pareceres dos membros-relatores previamente designados para o presente caso e

ANEXO 1: Continuação Parecer do Comitê de ética em pesquisa Nº 281/2010



FACULDADE DE CIÊNCIAS MÉDICAS
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

www.fcm.unicamp.br/pesquisa/etica/index.html

atendendo todos os dispositivos das Resoluções 196/96 e complementares, resolve aprovar sem restrições o Protocolo de Pesquisa, o Termo do Consentimento Livre e Esclarecido, bem como todos os anexos incluídos na pesquisa supracitada.

O conteúdo e as conclusões aqui apresentados são de responsabilidade exclusiva do CEP/FCM/UNICAMP e não representam a opinião da Universidade Estadual de Campinas nem a comprometem.

VI - INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES

O sujeito da pesquisa tem a liberdade de recusar-se a participar ou de retirar seu consentimento em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma e sem prejuízo ao seu cuidado (Res. CNS 196/96 – Item IV.1.f) e deve receber uma cópia do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, na íntegra, por ele assinado (Item IV.2.d).

Pesquisador deve desenvolver a pesquisa conforme delineada no protocolo aprovado e descontinuar o estudo somente após análise das razões da descontinuidade pelo CEP que o aprovou (Res. CNS Item III.1.z), exceto quando perceber risco ou dano não previsto ao sujeito participante ou quando constatar a superioridade do regime oferecido a um dos grupos de pesquisa (Item V.3.).

O CEP deve ser informado de todos os efeitos adversos ou fatos relevantes que alterem o curso normal do estudo (Res. CNS Item V.4.). É papel do pesquisador assegurar medidas imediatas adequadas frente a evento adverso grave ocorrido (mesmo que tenha sido em outro centro) e enviar notificação ao CEP e à Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA – junto com seu posicionamento.

Eventuais modificações ou emendas ao protocolo devem ser apresentadas ao CEP de forma clara e sucinta, identificando a parte do protocolo a ser modificada e suas justificativas. Em caso de projeto do Grupo I ou II apresentados anteriormente à ANVISA, o pesquisador ou patrocinador deve enviá-las também à mesma junto com o parecer aprovatório do CEP, para serem juntadas ao protocolo inicial (Res. 251/97, Item III.2.e).

Relatórios parciais e final devem ser apresentados ao CEP, de acordo com os prazos estabelecidos na Resolução CNS-MS 196/96.

VII – DATA DA REUNIÃO

Homologado na IV Reunião Ordinária do CEP/FCM, em 27 de abril de 2010.

Prof. Dr. Carlos Eduardo Steiner
PRESIDENTE do COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA
FCM / UNICAMP