



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

**UTILIZAÇÃO DE LINHAÇA DOURADA (*Linum Usitatissimum* L.)
EM PRODUTO CÁRNEO BOVINO REESTRUTURADO: EFEITO
SOBRE A COMPOSIÇÃO DE ÁCIDOS GRAXOS E ACEITAÇÃO
SENSORIAL**

DAIANA NOVELLO
Nutricionista

Prof^a. Dr^a. MARISE A. RODRIGUES POLLONIO
Orientadora

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

Campinas-SP

2011

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA FEA – UNICAMP

N857u Novello, Daiana
Utilização de linhaça dourada (*Linum Usitatissimum* L.) em produto cárneo bovino reestruturado: efeito sobre a composição de ácidos graxos e aceitação sensorial / Daiana Novello. -- Campinas, SP: [s.n], 2011.

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

1. Carne bovina. 2. Análise sensorial. 3. Linhaça. 4. Lipídios. 5. Ingrediente funcional. I. Pollonio, Marise Aparecida Rodrigues. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos. III. Título.

cars/bibfea

Título em inglês: Use of golden flaxseed (*Linum Usitatissimum* L.) in restructured beef meat product: effects on fatty acid composition and sensory acceptance

Palavras-chave em inglês (Keywords): Beef, Sensory analysis, Flaxseed, Lipids, Functional ingredient.

Titulação: Doutor em Tecnologia de Alimentos

Banca examinadora: Marise Aparecida Rodrigues Pollonio

Eliete Vaz de Faria

Maria Raquel Manhani

Neura Bragagnolo

Pedro Eduardo de Felício

Data da defesa: 19/04/2011

Programa de Pós Graduação: Programa em Tecnologia de Alimentos

**UTILIZAÇÃO DE LINHAÇA DOURADA (*Linum Usitatissimum* L.) EM
PRODUTO CÁRNEO BOVINO REESTRUTURADO: EFEITO SOBRE A
COMPOSIÇÃO DE ÁCIDOS GRAXOS E ACEITAÇÃO SENSORIAL**

**Este exemplar corresponde à redação final da tese defendida por Daiana
Novello em 19/04/2011, aprovado pela comissão julgadora em 19/04/2011.**

**Profª. Dra. Marise Aparecida Rodrigues Pollonio
(Orientadora)**

**Profª. Dra. Eliete Vaz de Faria
(Membro)**

**Profª. Dra. Maria Raquel Manhani
(Membro)**

**Profª. Dra. Neura Bragagnolo
(Membro)**

**Prof. Dr. Pedro Eduardo de Felício
(Membro)**

Dr. Chiu Chih Ming
(Suplente)

Profª. Dra. Elizabeth Aparecida Ferraz da Silva Torres
(Suplente)

Prof. Dr. Renato Grimaldi
(Suplente)

*Dedico este trabalho a
meus pais Claiton (in memoriam) e Gracy.*

AGRADECIMENTOS

Sim... passaram-se os 4 anos... em dias me parecendo tão longos e hoje tão rápidos. Parece ontem que cheguei a Campinas-SP, e me apaixonei a primeira vista! E a UNICAMP então... que sonho! Tudo tão novo para mim, mas confesso que com um pouco de medo iniciei a caminhada. Sabia que seria difícil, porém resolvi enfrentá-la para receber todo conhecimento que ninguém, jamais irá me tirar e hoje estou aqui para agradecer a algumas pessoas que fizeram parte da minha história, neste período imensamente importante.

Esta conquista se deve, principalmente, a uma pessoa especial que gostaria de agradecer inicialmente: a minha orientadora Prof^a. Dr^a. Marise Ap. Rodrigues Pollonio que acreditou em mim como orientada. Agradeço por me guiar pelo caminho mais correto, pela oportunidade, amizade, paciência e bom convívio nestes 4 anos.

A UNICENTRO-PR, meu local de trabalho tão querido, e meus colegas do Departamento de Nutrição que foram de fundamental importância, proporcionando meu afastamento para que eu pudesse permanecer em Campinas e completar o trabalho com determinação.

Agradeço, também, ao Departamento de Tecnologia de Alimentos, FEA-UNICAMP pela ótima recepção e apoio na realização do trabalho.

A todos os membros da banca, pelas opiniões e correções, que em muito valorizaram a qualidade técnica desta tese.

Aos funcionários da FEA: Alessandra, Ana Lourdes, Ana Maria, Jaime, Marlene, Renata e Cosme. As estagiárias do Laboratório de Carnes e Processos: Vanessa Ortiz, Danielle L. Kakutate e Mariana D. Rizzato pelo auxílio em todos os momentos necessários.

Aos técnicos José Roberto dos Santos e Judite pelo apoio, sugestões, ensinamentos e ajuda nos períodos importantes.

Ao Prof. Dr. Pedro Eduardo de Felício, pelas conversas e ensinamentos.

Ao Prof. Dr. Homero Ferracini Gumerato pela colaboração na solução das dúvidas dos cálculos estatísticos.

Agradecimento ao Laboratório de Óleos e Gorduras da FEA/UNICAMP que proporcionou a realização das análises de ácidos graxos dos produtos, em especial nas pessoas do Prof. Dr. Renato Grimaldi, Prof^a. Dr^a. Lireny A. G. Gonçalves, Dr. Chiu Chih Ming e da técnica Marcella Stahl.

À Indústria Agropalma e Triângulo Alimentos pelo fornecimento do óleo de palma utilizado como matéria-prima.

À New Max Industrial pelo fornecimento dos ingredientes empregados nas formulações dos produtos.

Ao Sr. Renato Laroca da Empresa Ibratec Gráfica, pelo fornecimento das embalagens cartonadas.

Agradecimentos sinceros aos queridos colegas: Tatiane Moura Rabelo, Vanessa C. Messias, Cláudia N. Chorita, Paulo Cezar Campagnol, Bibiana A. dos Santos, Edson Toneto, Ana Karoline F. Ignácio, Adrieli Martins, Renata M. S. Celeghini, Adriano Cruz, Sérgio Pflanzner, Caroline L. Gomes e Daniela Cordeiro, que sempre colaboraram na execução do meu trabalho.

A minha amiga Indiomara Baratto de Guarapuava-PR, pelo auxílio à distância nos momentos importantes.

Aos meus pais Claiton e Iracy e meu irmão Mateus, pelo que representam em minha vida e por todo o apoio e dedicação nestes 4 anos.

Ao Santuário de Maria Desatadora dos Nós de Campinas-Sp, que sempre me acolheu nestes 4 anos.

E, finalmente, a DEUS que proporcionou toda esta vivência em minha vida!

Obrigada a TODOS!

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	xv
LISTA DE FIGURAS.....	xxi
LISTA DE ABREVIATURAS.....	xxvi
RESUMO GERAL.....	xxvii
GENERAL SUMMARY.....	xxix
 INTRODUÇÃO GERAL.....	 01
 CAPÍTULO 1.....	 04
1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	04
1.1 Tendências na reformulação e consumo de produtos e derivados cárneos.....	04
1.1.1 Redução do teor de gordura em produtos cárneos.....	05
1.1.2 Reformulação do perfil lipídico de produtos cárneos.....	08
1.1.3 Seleção de matérias-primas com perfil lipídico favorável.....	11
1.1.4 Adição de ingredientes funcionais em produtos cárneos.....	13
1.2 Influência dos lipídios e ácidos graxos na dieta.....	14
1.2.1 Recomendações no consumo de ácidos graxos e nutrientes.....	24
1.3 Oxidação lipídica em carnes.....	26
1.4 Caracterização e propriedades da linhaça dourada (<i>Linum Usitatissimum</i> L.) e derivados.....	30
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	36
 2. OBJETIVOS.....	 64
2.1 Objetivo Geral.....	64
2.2 Objetivos Específicos.....	64
 CAPÍTULO 2.....	 66
CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DA LINHAÇA DOURADA E MARROM (<i>Linum Usitatissimum</i> L.) E DERIVADOS PARA UTILIZAÇÃO COMO INGREDIENTES FUNCIONAIS	66
RESUMO.....	66
SUMMARY.....	67
1. INTRODUÇÃO.....	68

2.	MATERIAL E MÉTODOS.....	69
2.1	Matéria-prima.....	69
2.1.1	Semente de linhaça dourada e marrom (<i>Linum Usitatissimum</i> L.)..	69
2.1.2	Farinha de linhaça dourada e marrom (<i>Linum Usitatissimum</i> L.)....	70
2.1.3	Óleo de linhaça dourada e marrom (<i>Linum Usitatissimum</i> L.).....	71
2.1.4	Óleo de palma refinado.....	71
2.2	Avaliação da composição centesimal.....	73
2.2.1	Determinação da umidade.....	73
2.2.2	Determinação de proteínas.....	73
2.2.3	Determinação de lipídios.....	73
2.2.4	Determinação de cinzas.....	73
2.2.5	Determinação de carboidratos.....	73
2.2.6	Determinação de fibras.....	74
2.2.7	Determinação do valor calórico.....	74
2.2.8	Determinação do perfil de ácidos graxos.....	74
2.3	Determinação das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS).....	75
2.4	Avaliação microbiológica.....	76
2.5	Análise estatística.....	76
3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	77
3.1	Óleo de linhaça dourada e marrom (<i>Linum Usitatissimum</i> L.).....	77
3.1.1	Avaliação da composição centesimal.....	77
3.1.2	Perfil de ácidos graxos.....	77
3.1.3	Avaliações microbiológicas.....	80
3.2	Linhaça (farinha/semente) dourada e marrom (<i>Linum Usitatissimum</i> L.).....	81
3.2.1	Avaliação da composição centesimal.....	81
3.2.2	Perfil de ácidos graxos.....	83
3.2.3	Avaliações microbiológicas.....	88
3.3	Óleo de palma.....	89
3.3.1	Avaliação da composição centesimal.....	89
3.3.2	Perfil de ácidos graxos.....	90
3.3.3	Avaliações microbiológicas.....	93
3.4	Teores de TBARS no óleo de palma, óleo de linhaça dourada e marrom (<i>Linum Usitatissimum</i> L.).....	93
4.	CONCLUSÕES.....	95

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	96
CAPÍTULO 3.....	104
INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE ÓLEO, FARINHA E SEMENTE DE LINHAÇA DOURADA (<i>Linum Usitatissimum</i> L.) NA ACEITAÇÃO SENSORIAL E ESTABILIDADE MICROBIOLÓGICA DE PRODUTO CÁRNEO BOVINO REESTRUTURADO.....	104
RESUMO.....	104
SUMMARY.....	105
1. INTRODUÇÃO.....	106
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	107
2.1 Matéria-prima.....	107
2.1.1 Cortes cárneos.....	107
2.1.2 Ingredientes da formulação.....	108
2.2 Processamento dos hambúrgueres bovinos.....	109
2.3 Cocção dos hambúrgueres bovinos.....	112
2.4 Preparo da matéria-prima cárnea para as análises.....	112
2.5 Preparo dos hambúrgueres para avaliação microbiológica.....	112
2.6 Avaliação físico-química da matéria-prima cárnea.....	113
2.6.1 Determinação da umidade.....	113
2.6.2 Determinação de proteínas.....	113
2.6.3 Determinação de lipídios.....	113
2.6.4 Determinação de cinzas.....	113
2.6.5 Determinação do valor calórico.....	113
2.6.6 Determinação do perfil de ácidos graxos.....	114
2.6.7 Determinação do colesterol.....	115
2.6.8 Determinação da Aw.....	116
2.6.9 Determinação de pH.....	116
2.7 Determinação das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) da matéria-prima cárnea.....	116
2.8 Avaliação microbiológica da matéria-prima cárnea e hambúrgueres bovinos.....	116
2.9 Avaliação sensorial para seleção do melhor nível de adição de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada (<i>Linum Usitatissimum</i> L.) nos hambúrgueres bovinos.....	117
2.10 Análise estatística para seleção do melhor nível de adição de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada (<i>Linum Usitatissimum</i> L.) nos hambúrgueres bovinos.....	118

2.11	Comitê de Ética em Pesquisa (CEP).....	119
3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	119
3.1	Matéria-prima carne <i>“in natura”</i>	119
3.1.1	Avaliação da composição centesimal, pH e Aw.....	119
3.1.2	Avaliação do perfil de ácidos graxos.....	121
3.1.3	Teores de TBARS.....	123
3.1.4	Avaliação microbiológica.....	124
3.2	Avaliação dos hambúrgueres adicionados de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada (<i>Linum Usitatissimum</i> L.).....	126
3.2.1	Avaliação microbiológica.....	126
3.2.2	Avaliação sensorial.....	131
3.3	Análise estatística de regressão logística e sobrevivência.....	135
4.	CONCLUSÕES.....	144
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	144
	 CAPÍTULO 4.....	 152
	PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS E ACEITAÇÃO SENSORIAL DE PRODUTO CÁRNEO BOVINO REESTRUTURADO ADICIONADO DE ÓLEO, FARINHA E SEMENTE DE LINHAÇA DOURADA (<i>Linum Usitatissimum</i> L.).....	152
	RESUMO.....	152
	SUMMARY.....	153
1.	INTRODUÇÃO.....	154
2.	MATERIAL E MÉTODOS.....	156
2.1	Matéria-prima.....	156
2.1.1	Cortes cárneos.....	156
2.1.2	Ingredientes da formulação.....	156
2.2	Processamentos dos hambúrgueres de carne bovina.....	158
2.3	Cocção dos hambúrgueres bovinos.....	159
2.4	Preparo da amostra de hambúrguer para realização das análises.....	160
2.5	Avaliação físico-química dos hambúrgueres bovinos.....	160
2.5.1	Determinação da umidade.....	160
2.5.2	Determinação de proteínas.....	160
2.5.3	Determinação de lipídios.....	160
2.5.4	Determinação de cinzas.....	161
2.5.5	Determinação de carboidratos.....	161

2.5.6	Determinação do valor calórico.....	161
2.5.7	Determinação do perfil de ácidos graxos.....	161
2.5.8	Determinação do colesterol.....	163
2.5.9	Determinação da Aw.....	163
2.5.10	Determinação de pH.....	163
2.6	Determinação das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS).....	164
2.7	Avaliação do perfil de textura (TPA).....	164
2.8	Determinação da força de cisalhamento.....	164
2.9	Avaliação do rendimento na cocção.....	165
2.10	Avaliação da % de encolhimento.....	165
2.11	Determinação da retenção de umidade e gordura.....	166
2.12	Determinação da cor objetiva.....	166
2.13	Avaliação sensorial dos hambúrgueres bovinos.....	167
2.14	Descrição da informação nutricional de hambúrgueres bovinos crus de marcas comerciais industrializadas.....	168
2.15	Análise estatística.....	168
3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	168
3.1	Avaliação físico-química dos hambúrgueres bovinos.....	168
3.2	Avaliação do perfil de ácidos graxos dos hambúrgueres bovinos..	172
3.3	Teores de colesterol dos hambúrgueres bovinos.....	181
3.4	Teores de TBARS dos hambúrgueres bovinos.....	183
3.5	Avaliação do perfil de textura (TPA) e força de cisalhamento dos hambúrgueres bovinos.....	187
3.6	Avaliação de rendimento na cocção e % de encolhimento dos hambúrgueres bovinos.....	191
3.7	Avaliação de % de retenção de umidade e gordura dos hambúrgueres bovinos.....	195
3.8	Parâmetros de cor objetiva dos hambúrgueres bovinos.....	198
3.9	Avaliação sensorial dos hambúrgueres bovinos.....	203
4.	CONCLUSÕES.....	207
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	208
	 CAPÍTULO 5.....	 220
	PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS E ACEITAÇÃO SENSORIAL DE PRODUTO CÁRNEO BOVINO REESTRUTURADO ADICIONADO DE “BLENDS” DE ÓLEO, FARINHA E SEMENTE DE LINHAÇA DOURADA (<i>Linum Usitatissimum</i> L.).....	220

RESUMO.....	220
SUMMARY.....	221
1. INTRODUÇÃO.....	222
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	224
2.1 Matéria-prima.....	224
2.1.1 Cortes cárneos.....	224
2.1.2 Ingredientes da formulação.....	225
2.2 Processamentos dos hambúrgueres de carne bovina.....	226
2.3 Cocção dos hambúrgueres bovinos.....	228
2.4 Preparo da amostra de hambúrguer para realização das análises	228
2.5 Avaliação físico-química dos hambúrgueres bovinos.....	228
2.5.1 Determinação da umidade.....	228
2.5.2 Determinação de proteínas.....	228
2.5.3 Determinação de lipídios.....	229
2.5.4 Determinação de cinzas.....	229
2.5.5 Determinação de carboidratos.....	229
2.5.6 Determinação do valor calórico.....	229
2.5.7 Determinação do perfil de ácidos graxos.....	230
2.5.8 Determinação do colesterol.....	231
2.5.9 Determinação da Aw.....	232
2.5.10 Determinação de pH.....	232
2.6 Determinação das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS).....	232
2.7 Avaliação do perfil de textura (TPA).....	232
2.8 Determinação da força de cisalhamento.....	233
2.9 Avaliação do rendimento na cocção.....	233
2.10 Avaliação da % de encolhimento.....	233
2.11 Determinação da retenção de umidade e gordura.....	234
2.12 Determinação da cor objetiva.....	234
2.13 Avaliação sensorial dos hambúrgueres bovinos.....	235
2.14 Análise estatística.....	236
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	236
3.1 Avaliação físico-química dos hambúrgueres bovinos.....	236
3.2 Avaliação do perfil de ácidos graxos dos hambúrgueres bovinos	241
3.3 Teores de colesterol dos hambúrgueres bovinos.....	251
3.4 Teores de TBARS dos hambúrgueres bovinos.....	253

3.5	Avaliação do perfil de textura (TPA) e força de cisalhamento dos hambúrgueres bovinos.....	256
3.6	Avaliação de rendimento na cocção e % de encolhimento dos hambúrgueres bovinos.....	260
3.7	Avaliação de % de retenção de umidade e gordura dos hambúrgueres bovinos.....	263
3.8	Parâmetros de cor objetiva dos hambúrgueres bovinos.....	266
3.9	Avaliação sensorial dos hambúrgueres bovinos.....	272
4.	CONCLUSÕES.....	280
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	281
	 CONCLUSÕES GERAIS.....	 293
	ANEXOS.....	295

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

TABELA 1.	Recomendações de gordura, ácidos graxos e colesterol.....	26
-----------	---	----

CAPÍTULO 2 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DA LINHAÇA DOURADA E MARROM (*Linum Usitatissimum* L.) E DERIVADOS PARA UTILIZAÇÃO COMO INGREDIENTES

TABELA 1.	Características físico-químicas do óleo de palma (empresa Triângulo Alimentos).....	72
TABELA 2.	Composição centesimal do óleo de linhaça dourada e marrom (<i>Linum Usitatissimum</i> L.).....	77
TABELA 3.	Perfil de ácidos graxos do óleo de linhaça dourada e marrom (<i>Linum Usitatissimum</i> L.) (g/100g de óleo).....	78
TABELA 4.	Avaliação microbiológica do óleo de linhaça dourada e marrom (<i>Linum Usitatissimum</i> L.).....	80
TABELA 5.	Composição centesimal da linhaça (farinha/semente) dourada e marrom (<i>Linum Usitatissimum</i> L.).....	81
TABELA 6.	Composição centesimal da linhaça (farinha/semente) dourada e marrom (<i>Linum Usitatissimum</i> L.) de acordo com a literatura.....	83
TABELA 7.	Perfil de ácidos graxos da linhaça (farinha/semente) dourada e marrom (<i>Linum Usitatissimum</i> L.) (g/100g de farinha/semente).....	84
TABELA 8.	Avaliação microbiológica da linhaça (farinha/semente) dourada e marrom (<i>Linum Usitatissimum</i> L.).....	88
TABELA 9.	Composição centesimal do óleo de palma utilizado como matéria-prima na formulação dos hambúrgueres bovinos.....	90
TABELA 10.	Perfil de ácidos graxos do óleo de palma utilizado como matéria-prima na formulação dos hambúrgueres bovinos (g/100g de óleo).....	90
TABELA 11.	Avaliações microbiológicas do óleo de palma utilizado como matéria-prima na formulação dos hambúrgueres bovinos.....	93

CAPÍTULO 3 INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE ÓLEO, FARINHA E SEMENTE DE LINHAÇA DOURADA (*Linum Usitatissimum* L.) NA ACEITAÇÃO SENSORIAL E ESTABILIDADE MICROBIOLÓGICA DE PRODUTO CÂRNEO BOVINO REESTRUTURADO

TABELA 1.	Formulações de hambúrgueres bovinos adicionados de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada (<i>Linum Usitatissimum</i> L.).....	111
TABELA 2.	Composição centesimal, pH e Aw da carne bovina “ <i>in natura</i> ”*, utilizada como matéria-prima na formulação dos hambúrgueres bovinos.....	120
TABELA 3.	Perfil de ácidos graxos da carne bovina “ <i>in natura</i> ”* (g/100g de carne) utilizada como matéria-prima na formulação dos hambúrgueres bovinos, no tempo zero.....	121
TABELA 4.	Teores de TBARS da carne bovina “ <i>in natura</i> ”*, utilizada como matéria-prima na formulação dos hambúrgueres bovinos, nos dias 0, 30, 60 e 90 de armazenamento sob congelamento a -18°C.....	123
TABELA 5.	Avaliação microbiológica da carne bovina “ <i>in natura</i> ”*, utilizada como matéria-prima na formulação dos hambúrgueres bovinos, nos dias 0, 30, 60 e 90 de armazenamento sob congelamento a -18°C.....	124
TABELA 6.	Avaliação microbiológica, psicrotróficos e mesófilos, dos hambúrgueres crus adicionados de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada (<i>Linum Usitatissimum</i> L.), nos dias 0, 30, 60 e 90 de armazenamento sob congelamento a -18°C.....	129
TABELA 7.	Avaliação microbiológica, coliformes totais e coliformes termotolerantes, dos hambúrgueres crus adicionados de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada (<i>Linum Usitatissimum</i> L.), nos dias 0, 30, 60 e 90 de armazenamento sob congelamento a -18°C.....	130
TABELA 8.	Avaliação sensorial dos hambúrgueres grelhados adicionados de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada (<i>Linum Usitatissimum</i> L.), no tempo zero.....	134

TABELA 9.	Parâmetros estimados, probabilidade e estimativa de “odds ratio” (OR) (razão de chances), para aceitação global e intenção de compra dos hambúrgueres grelhados adicionados de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada (<i>Linum Usitatissimum</i> L.).....	140
TABELA 10.	Taxa de acerto (“hit rate”, %) para aceitação global e intenção de compra dos hambúrgueres grelhados adicionados de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada (<i>Linum Usitatissimum</i> L.).....	141
TABELA 11.	Análise de sobrevivência das estimativas dos parâmetros, para avaliação sensorial de aceitação global para hambúrgueres grelhados, adicionados de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada (<i>Linum Usitatissimum</i> L.).....	143

CAPÍTULO 4 PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS E ACEITAÇÃO SENSORIAL DE PRODUTO CÁRNEO BOVINO REESTRUTURADO ADICIONADO DE ÓLEO, FARINHA E SEMENTE DE LINHAÇA DOURADA (*Linum Usitatissimum* L.)

TABELA 1.	Formulações de hambúrgueres bovinos adicionados de óleo ou farinha ou semente de linhaça dourada (<i>Linum Usitatissimum</i> L.).....	157
TABELA 2.	Composição centesimal, pH e Aw de hambúrgueres bovinos crus e grelhados adicionados de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada (<i>Linum Usitatissimum</i> L.), no tempo zero.....	171
TABELA 3.	Informação nutricional de duas marcas de hambúrgueres bovinos crus industrializadas na cidade de Campinas-SP.....	172
TABELA 4.	Perfil de ácidos graxos saturados dos hambúrgueres bovinos crus e grelhados (g/100g de produto) adicionados de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada (<i>Linum Usitatissimum</i> L.), no tempo zero.....	177
TABELA 5.	Perfil de ácidos graxos monoinsaturados (MUFAs) dos hambúrgueres bovinos crus e grelhados (g/100g de produto) adicionados de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada (<i>Linum Usitatissimum</i> L.), no tempo zero.....	178

TABELA 6.	Perfil de ácidos graxos poliinsaturados (PUFAs) dos hambúrgueres bovinos crus e grelhados (g/100g de produto) adicionados de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada (<i>Linum Usitatissimum</i> L.), no tempo zero.....	179
TABELA 7.	Perfil de ácidos graxos <i>trans</i> dos hambúrgueres bovinos crus e grelhados (g/100g de produto) adicionados de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada (<i>Linum Usitatissimum</i> L.), no tempo zero.....	180
TABELA 8.	Teores de colesterol dos hambúrgueres bovinos crus e grelhados adicionados de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada (<i>Linum Usitatissimum</i> L.), no tempo zero.....	183
TABELA 9.	Teores de TBARS para os hambúrgueres bovinos crus e grelhados adicionados de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada (<i>Linum Usitatissimum</i> L.), nos dias 0, 30, 60 e 90 de armazenamento sob congelamento a -18°C.....	186
TABELA 10.	Perfil de textura (TPA) dos hambúrgueres bovinos grelhados adicionados de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada (<i>Linum Usitatissimum</i> L.), no tempo zero.....	190
TABELA 11.	Força de cisalhamento (célula de Warner-Bratzler) dos hambúrgueres bovinos grelhados adicionados de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada (<i>Linum Usitatissimum</i> L.), no tempo zero.....	190
TABELA 12.	Rendimento na cocção e % encolhimento para os hambúrgueres bovinos grelhados adicionados de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada (<i>Linum Usitatissimum</i> L.), nos dias 0, 30, 60 e 90 de armazenamento sob congelamento a -18°C.....	194
TABELA 13.	% de retenção de umidade e gordura para os hambúrgueres bovinos grelhados adicionados de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada (<i>Linum Usitatissimum</i> L.), nos dias 0, 30, 60 e 90 de armazenamento sob congelamento a -18°C.....	197
TABELA 14.	Parâmetros de cor objetiva L*, a* e b* dos hambúrgueres bovinos crus e grelhados adicionados de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada (<i>Linum Usitatissimum</i> L.), nos dias 0, 30, 60 e 90 de armazenamento sob congelamento a -18°C.....	201

TABELA 15.	Avaliação sensorial das amostras dos hambúrgueres bovinos grelhados adicionados de óleo, ou' farinha ou semente de linhaça dourada (<i>Linum Usitatissimum</i> L.), nos dias 0, 30, 60 e 90 de armazenamento sob congelamento a -18°C.....	206
------------	---	-----

CAPÍTULO 5 PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS E ACEITAÇÃO SENSORIAL DE PRODUTO CÁRNEO BOVINO REESTRUTURADO ADICIONADO DE “BLENDS” DE ÓLEO, FARINHA E SEMENTE DE LINHAÇA DOURADA (*Linum Usitatissimum* L.)

TABELA 1.	Formulações de hambúrgueres bovinos adicionados de “blends” de óleo e/ou farinha e/ou semente de linhaça dourada (<i>Linum Usitatissimum</i> L.).....	225
TABELA 2.	Composição centesimal, pH e Aw dos hambúrgueres bovinos crus e grelhados adicionados de “blends” de óleo e/ou farinha e/ou semente de linhaça dourada (<i>Linum Usitatissimum</i> L.), no tempo zero.....	240
TABELA 3.	Perfil de ácidos graxos saturados dos hambúrgueres bovinos crus e grelhados (g/100g de produto) adicionados de “blends” de óleo e/ou farinha e/ou semente de linhaça dourada (<i>Linum Usitatissimum</i> L.), no tempo zero.....	245
TABELA 4.	Perfil de ácidos graxos monoinsaturados (MUFAs) dos hambúrgueres bovinos crus e grelhados (g/100g de produto) adicionados de “blends” de óleo e/ou farinha e/ou semente de linhaça dourada (<i>Linum Usitatissimum</i> L.), no tempo zero.....	247
TABELA 5.	Perfil de ácidos graxos poliinsaturados (PUFAs) dos hambúrgueres bovinos crus e grelhados (g/100g de produto) adicionados de “blends” de semente, farinha e óleo de linhaça dourada (<i>Linum Usitatissimum</i> L.), no tempo zero.....	248
TABELA 6.	Perfil de ácidos graxos <i>trans</i> dos hambúrgueres bovinos crus e grelhados (g/100g de produto) adicionados de “blends” de semente, farinha e óleo de linhaça dourada (<i>Linum Usitatissimum</i> L.), no tempo zero.....	250
TABELA 7.	Teores de colesterol dos hambúrgueres bovinos crus e grelhados adicionados de “blends” de semente, farinha e óleo de linhaça dourada (<i>Linum Usitatissimum</i> L.), no tempo zero.....	252

TABELA 8.	Teores de TBARS para os hambúrgueres bovinos crus e grelhados adicionados de “ <i>blends</i> ” de óleo e/ou farinha e/ou semente de linhaça dourada (<i>Linum Usitatissimum</i> L.), nos dias 0, 30, 60 e 90 de armazenamento sob congelamento a -18°C.....	255
TABELA 9.	Perfil de textura (TPA) de hambúrgueres bovinos grelhados adicionados de “ <i>blends</i> ” de óleo e/ou farinha e/ou semente de linhaça dourada (<i>Linum Usitatissimum</i> L.), no tempo zero.....	259
TABELA 10.	Força de cisalhamento (célula de Warner-Bratzler) dos hambúrgueres bovinos grelhados adicionados de “ <i>blends</i> ” de óleo e/ou farinha e/ou semente de linhaça dourada (<i>Linum Usitatissimum</i> L.), no tempo zero.....	260
TABELA 11.	Rendimento na cocção e % encolhimento para os hambúrgueres bovinos grelhados adicionados de “ <i>blends</i> ” de óleo e/ou farinha e/ou semente de linhaça dourada (<i>Linum Usitatissimum</i> L.), nos dias 0, 30, 60 e 90 de armazenamento sob congelamento a -18°C.....	262
TABELA 12.	% de retenção de umidade e gordura dos hambúrgueres bovinos grelhados adicionados de “ <i>blends</i> ” de óleo e/ou farinha e/ou semente de linhaça dourada (<i>Linum Usitatissimum</i> L.), nos dias 0, 30, 60 e 90 de armazenamento sob congelamento a -18°C.....	265
TABELA 13.	Parâmetros de cor objetiva L*, a* e b* dos hambúrgueres bovinos crus e grelhados adicionados de “ <i>blends</i> ” de óleo e/ou farinha e/ou semente de linhaça dourada (<i>Linum Usitatissimum</i> L.), nos dias 0, 30, 60 e 90 de armazenamento sob congelamento a -18°C.....	269
TABELA 14.	Avaliação sensorial das amostras dos hambúrgueres bovinos grelhados adicionados de “ <i>blends</i> ” de óleo e/ou farinha e/ou semente de linhaça dourada (<i>Linum Usitatissimum</i> L.), nos dias 0, 30, 60 e 90 de armazenamento sob congelamento a -18°C.....	277

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 2 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DA LINHAÇA DOURADA E MARROM (*Linum Usitatissimum* L.) E DERIVADOS PARA UTILIZAÇÃO COMO INGREDIENTES FUNCIONAIS

FIGURA 1.	Matéria-prima utilizada no experimento. Semente de linhaça dourada (a) e marrom (b).....	70
FIGURA 2.	Matéria-prima utilizada no experimento. Farinha de linhaça dourada (a) e marrom (b).....	70
FIGURA 3.	Figura 3 - Matéria-prima utilizada no experimento. Óleo de linhaça dourada (a) e marrom (b).....	71
FIGURA 4.	Teor de TBARS no óleo de palma, óleo de linhaça dourada e marrom (<i>Linum Usitatissimum</i> L.).....	94

CAPÍTULO 3 INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE ÓLEO, FARINHA E SEMENTE DE LINHAÇA DOURADA (*Linum Usitatissimum* L.) NA ACEITAÇÃO SENSORIAL E ESTABILIDADE MICROBIOLÓGICA DE PRODUTO CÁRNEO BOVINO REESTRUTURADO

FIGURA 1.	Cortes cárneos utilizados na pesquisa. Paleta (código A 2100) (a) e Acém (código B 2211) (b).....	108
FIGURA 2.	Fluxograma geral do processamento dos hambúrgueres bovinos.....	110

CAPÍTULO 4 PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS E ACEITAÇÃO SENSORIAL DE PRODUTO CÁRNEO BOVINO REESTRUTURADO ADICIONADO DE ÓLEO, FARINHA E SEMENTE DE LINHAÇA DOURADA (*Linum Usitatissimum* L.)

FIGURA 1.	Hambúrgueres crus formulados sem adição de linhaça dourada (<i>Linum Usitatissimum</i> L.) controle (F1) e com adição de 5,0% de óleo (F2), ou 5,0% de farinha (F3) ou 5,0% de semente de linhaça dourada (F4).....	158
FIGURA 2.	Fluxograma geral do processamento do hambúrguer bovino.....	159

CAPÍTULO 5 PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS E ACEITAÇÃO SENSORIAL DE PRODUTO CÂRNEO BOVINO REESTRUTURADO ADICIONADO DE “*BLENDS*” DE ÓLEO, FARINHA E SEMENTE DE LINHAÇA DOURADA (*Linum Usitatissimum* L.)

FIGURA 1.	Hambúrgueres crus formulados sem adição de linhaça dourada (<i>Linum Usitatissimum</i> L.) controle (F1) e com adição de 2,5% de óleo, 2,5% de farinha e 2,5% de semente de linhaça dourada (F2), 2,5% de óleo e 2,5% de semente de linhaça dourada (F3), 2,5% de farinha e 2,5% de semente de linhaça dourada (F4), 2,5% de óleo e 2,5% de farinha de linhaça dourada (F5), 5,0% de óleo, 5,0% de farinha e 5,0% de semente de linhaça dourada (F6), 5,0% de óleo e 5,0% de farinha de linhaça dourada (F7), 5,0% de farinha e 5,0% de semente de linhaça dourada (F8) e 5,0% de óleo e 5,0% de semente de linhaça dourada (F9).....	227
FIGURA 2.	Fluxograma geral do processamento do hambúrguer bovino.....	227

ANEXOS

FIGURA 1.	Ficha de avaliação sensorial e intenção de compra utilizada na análise dos hambúrgueres bovinos.....	295
FIGURA 2.	Distribuição de frequência dos conceitos para o atributo aparência, conferidos pelos provadores aos hambúrgueres bovinos grelhados adicionados de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada (<i>Linum Usitatissimum</i> L.), no tempo zero.....	296
FIGURA 3.	Distribuição de frequência dos conceitos para o atributo aroma, conferidos pelos provadores aos hambúrgueres bovinos grelhados adicionados de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada (<i>Linum Usitatissimum</i> L.), no tempo zero.....	296
FIGURA 4.	Distribuição de frequência dos conceitos para o atributo sabor, conferidos pelos provadores aos hambúrgueres bovinos grelhados adicionados de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada (<i>Linum Usitatissimum</i> L.), no tempo zero.....	297

FIGURA 5.	Distribuição de freqüência dos conceitos para o atributo textura, conferidos pelos provadores aos hambúrgueres bovinos grelhados adicionados de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada (<i>Linum Usitatissimum</i> L.), no tempo zero.....	297
FIGURA 6.	Distribuição de freqüência dos conceitos para o atributo aceitação global, conferidos pelos provadores aos hambúrgueres bovinos grelhados adicionados de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada (<i>Linum Usitatissimum</i> L.), no tempo zero.....	298
FIGURA 7.	Distribuição de freqüência dos conceitos para o atributo intenção de compra, conferidos pelos provadores aos hambúrgueres bovinos grelhados adicionados de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada (<i>Linum Usitatissimum</i> L.), no tempo zero.....	298
FIGURA 8.	Gráficos do intervalo de confiança para a distribuição Log-Normal.....	299
FIGURA 9.	Distribuição de freqüência dos conceitos para o atributo aparência, conferidos pelos provadores aos hambúrgueres bovinos grelhados adicionados de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada (<i>Linum Usitatissimum</i> L.), nos dias 0, 30, 60 e 90 de armazenamento sob congelamento a -18°C.....	300
FIGURA 10.	Distribuição de freqüência dos conceitos para o atributo aroma, conferidos pelos provadores aos hambúrgueres bovinos grelhados adicionados de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada (<i>Linum Usitatissimum</i> L.), nos dias 0, 30, 60 e 90 de armazenamento sob congelamento a -18°C.....	301
FIGURA 11.	Distribuição de freqüência dos conceitos para o atributo sabor, conferidos pelos provadores aos hambúrgueres bovinos grelhados adicionados de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada (<i>Linum Usitatissimum</i> L.), nos dias 0, 30, 60 e 90 de armazenamento sob congelamento a -18°C.....	302
FIGURA 12.	Distribuição de freqüência dos conceitos para o atributo textura, conferidos pelos provadores aos hambúrgueres bovinos grelhados adicionados de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada (<i>Linum Usitatissimum</i> L.), nos dias 0, 30, 60 e 90 de armazenamento sob congelamento a -18°C.....	303

FIGURA 13. Distribuição de freqüência dos conceitos para o atributo aceitação global, conferidos pelos provadores aos hambúrgueres bovinos grelhados adicionados de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada (<i>Linum Usitatissimum</i> L.), nos dias 0, 30, 60 e 90 de armazenamento sob congelamento a -18°C.....	304
FIGURA 14. Distribuição de freqüência dos conceitos para o atributo intenção de compra, conferidos pelos provadores aos hambúrgueres bovinos grelhados adicionados de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada (<i>Linum Usitatissimum</i> L.), nos dias 0, 30, 60 e 90 de armazenamento sob congelamento a -18°C.....	305
FIGURA 15. Distribuição de freqüência dos conceitos para o atributo aparência, conferidos pelos provadores aos hambúrgueres bovinos grelhados adicionados de “blends” de óleo e/ou farinha e/ou semente de linhaça dourada (<i>Linum Usitatissimum</i> L.), nos dias 0, 30, 60 e 90 de armazenamento sob congelamento a -18°C.....	306
FIGURA 16. Distribuição de freqüência dos conceitos para o atributo aroma, conferidos pelos provadores aos hambúrgueres bovinos grelhados adicionados de “blends” de óleo e/ou farinha e/ou semente de linhaça dourada (<i>Linum Usitatissimum</i> L.), nos dias 0, 30, 60 e 90 de armazenamento sob congelamento a -18°C.....	307
FIGURA 17. Distribuição de freqüência dos conceitos para o atributo sabor, conferidos pelos provadores aos hambúrgueres bovinos grelhados adicionados de “blends” de óleo e/ou farinha e/ou semente de linhaça dourada (<i>Linum Usitatissimum</i> L.), nos dias 0, 30, 60 e 90 de armazenamento sob congelamento a -18°C.....	308
FIGURA 18. Distribuição de freqüência dos conceitos para o atributo textura, conferidos pelos provadores aos hambúrgueres bovinos grelhados adicionados de “blends” de óleo e/ou farinha e/ou semente de linhaça dourada (<i>Linum Usitatissimum</i> L.), nos dias 0, 30, 60 e 90 de armazenamento sob congelamento a -18°C.....	309
FIGURA 19. Distribuição de freqüência dos conceitos para o atributo aceitação global, conferidos pelos provadores aos hambúrgueres bovinos grelhados adicionados de “blends” de óleo e/ou farinha e/ou semente de linhaça dourada (<i>Linum Usitatissimum</i> L.), nos dias 0, 30, 60 e	

	90 de armazenamento sob congelamento a -18°C.....	310
FIGURA 20.	Distribuição de frequência dos conceitos para o atributo intenção de compra, conferidos pelos provadores aos hambúrgueres bovinos grelhados adicionados de “ <i>blends</i> ” de óleo e/ou farinha e/ou semente de linhaça dourada (<i>Linum Usitatissimum</i> L.), nos dias 0, 30, 60 e 90 de armazenamento sob congelamento a -18°C.....	311

LISTA DE ABREVIATURAS

ACAT	Acil CoA: colesterol aciltransferase
AMSA	<i>American Meat Science Association</i>
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
APD	Análise preditiva discriminante
ARL	Análise de regressão logística
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
CRP	Proteína C reativa
DHA	Ácido docosahexaenóico
DPA	Ácido docosapentaenóico
DRI	<i>Dietary Reference Intakes</i>
EPA	Ácido eicosapentaenóico
EPM	Erro padrão da média
HDL-colesterol	Lipoproteína de alta densidade
IL-6	Interleucina 6
LDL-colesterol	Lipoproteína de baixa densidade
MUFAs	Ácidos graxos monoinsaturados
NMP	Número Mais Provável
OMS	Organização Mundial da Saúde
OR	<i>Odds ratio</i>
PUFAs	Ácidos graxos poliinsaturados
SD	Desvio padrão da média
SDG	Diglicosídeo secoisolariciresinol
SFA	Ácidos graxos saturados
TACO	Tabela Brasileira de Composição de Alimentos
TBARS	Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico
TFA	Ácidos graxos trans
TPA	Análise do perfil de textura
UFC	Unidade formadora de colônia
USDA	<i>United States Department of Agriculture</i>
VLDL-colesterol	Lipoproteínas de muito baixa densidade

RESUMO GERAL

O objetivo principal deste trabalho foi avaliar o efeito da adição de diferentes concentrações de linhaça dourada e seus subprodutos em produto cárneo reestruturado tipo hambúrguer sobre a composição de ácidos graxos e aceitação sensorial dos respectivos produtos finais. Foi avaliada a composição físico-química e microbiológica da linhaça dourada e marrom e seus principais subprodutos selecionados para o estudo, previamente à aplicação como ingredientes não cárneos. A seguir, foram elaboradas formulações de hambúrgueres contendo diferentes níveis de óleo, e/ou farinha e/ou semente de linhaça dourada e mais um tratamento controle, cujos produtos foram avaliados quanto à composição físico-química, perfil de ácidos graxos, perfil de textura, cor objetiva, estabilidade oxidativa e análise sensorial, para avaliação dos atributos aparência, sabor, textura, aroma, aceitação global e intenção de compra, durante o armazenamento por 90 dias sob congelamento a -18°C. Os resultados revelaram um perfil nutricional favorável para a linhaça dourada, principalmente devido a sua menor composição em ácidos graxos saturados. Para os hambúrgueres processados, os atributos sabor e textura foram os mais afetados na avaliação sensorial, sendo que a adição de até 5,0% dos ingredientes não reduziu a aceitação pelos provadores, com mínimas modificações nos atributos sensoriais durante o tempo de estocagem de 90 dias. A adição dos ingredientes à base de linhaça dourada levou à redução da umidade e aumento no teor de cinzas, lipídios, proteínas, carboidratos e calorias. Nas amostras contendo linhaça e derivados houve diminuição da dureza, elasticidade, flexibilidade, coesivisidade, mastigabilidade e força de cisalhamento, melhorando a maciez, porém com aumento da fraturabilidade. Foi possível aumentar o rendimento na cocção e diminuir a % de encolhimento dos hambúrgueres com o acréscimo dos ingredientes à base de linhaça dourada. Maior oxidação lipídica foi observada nos produtos crus e grelhados contendo níveis mais elevados de linhaça dourada e subprodutos. Houve também, aumento no teor de L* e b* e diminuição de a* nas amostras. Foi possível melhorar o perfil de ácidos graxos dos hambúrgueres bovinos com

adição de linhaça dourada e derivados, aumentando principalmente o teor de ácidos graxos ω -3 e a relação PUFA/SFA e diminuindo, conseqüentemente, a relação ω -6/ ω -3, tornando os produtos mais favoráveis nutricionalmente. O presente estudo revelou que os maiores níveis de adição de “*blends*” de linhaça dourada nos hambúrgueres bovinos resultaram numa significativa melhoria da qualidade nutricional com aceitação sensorial e estabilidade físico-química durante o armazenamento.

GENERAL SUMMARY

The main objective of this study was to evaluate the effect of adding different concentrations of golden flaxseed and its byproducts in meat product restructured type patties on the fatty acid composition and sensory acceptance of their final products. The physico-chemical composition and microbiological analysis of golden and brown flaxseed and its main products selected for the study were evaluated, prior to the application as non-meat ingredients. Following, were prepared types of patties were prepared containing different levels of oil, and/or flour and/or golden flaxseed and plus a control, whose products were assessed according physico-chemical composition, fatty acid profile, texture profile, objective color, oxidative stability and sensory analysis to evaluate the attributes of appearance, flavor, texture, aroma, overall acceptability and purchase intent, during storage for 90 days at -18°C. The results revealed a favorable nutritional profile to the golden flaxseed, mainly due to its lower saturated fatty acid composition. The processed patties had the flavor and texture attributes severely affected by sensory evaluation, and the addition of up to 5.0% of the ingredients did not reduce the acceptance by the panelists, with minimal changes in sensory attributes during storage time of 90 days. The addition of ingredients based on golden flaxseed led to a reduction of moisture and increased the contents of ash, lipids, proteins, carbohydrates and calories. In samples containing flaxseed and derivatives decreased the hardness, springness, resilience, cohesivity, chewiness and shear force, improving softness, but increased the fracturability. It was possible to increase cooking yield and reduce the shrinkage % of the patties with the addition of ingredients based on golden flaxseed. Was observed an increased of lipid oxidation in raw and grilled containing higher levels of golden flaxseed and byproducts. There was also an increase in the level of L* and b* and a decrease of a* in the samples. It was possible to improve the fatty acid profile of beef patties with added golden flaxseed and derivatives, mainly by increasing the concentration of ω -3 fatty acids and the ratio PUFAs/SFA and consequently decreasing the relationship ω -6/ ω -3, making products nutritionally more

favorable. This study revealed that higher levels of addition of blends of golden flaxseed in beef patties resulted in a significant improvement of nutritional quality with sensory acceptability and physico-chemical stability during storage.

INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil situa-se em segundo lugar no ranking mundial de produtores de carne bovina com um rebanho bovino reportado em 2010, com cerca de 190 milhões de cabeças (ABIEC, 2010). Seu faturamento com exportações, em 2009, foi de US\$ 3.022.566 de carne “*in natura*” e US\$ 649.072 de carne processada correspondendo a uma quantidade próxima a 926.082 toneladas de carne “*in natura*”, e 163.363 toneladas de carne processada (ABIEC, 2010). Do total produzido, cerca de 10% é destinado ao mercado externo (ANUALPEC, 2007). Esses dados revelam o potencial brasileiro para ser o maior produtor mundial de carne bovina.

Atualmente, sabe-se que consumidores da maioria dos países, preferem comprar carne com menos gordura, especialmente gordura saturada em função da associação desse componente com várias doenças crônicas, principalmente as doenças cardíacas (HIGGS, 2000; GIVENS, 2005). Recomenda-se a redução da ingestão de gordura, colesterol e ácidos graxos saturados (SFA) e um aumento do consumo de ácidos graxos monoinsaturados (MUFAs) e poliinsaturados (PUFAs), com o propósito de diminuir o risco de obesidade, câncer e doenças cardiovasculares (JAKOBSEN, 1999). Dessa forma, pesquisas com o intuito de elaborar alimentos saudáveis têm sido implementadas. Esse desafio é mais urgente na indústria de produtos cárneos bovinos em função de muitas formulações que apresentam gordura saturada como componente relevante.

A carne bovina é um alimento de excelente qualidade nutricional, pois apresenta proteína de alto valor biológico associado aos ricos teores de vitaminas, especialmente do complexo B, acrescido do elevado teor de minerais, especialmente o ferro (SAUCIER, 1999). Por outro lado, o consumo de carne tem sido apontado como fator associado ao desenvolvimento de doenças cardiovasculares, obesidade, hipertensão e câncer, principalmente devido à presença de gordura saturada e colesterol (BNF, 1990; HIGGS, 2000;

GIVENS, 2005). No entanto, esse fato nem sempre é consistente, pois as análises químicas em alguns cortes da carne bovina, demonstram baixos teores de gordura (menos de 5% na porção muscular) e baixos teores de colesterol, alcançando cerca de um terço das necessidades diárias de um indivíduo adulto (JIMÉNEZ-COLMENERO *et al.*, 2001). Segundo Beaulieu *et al.* (2002), o consumo de carne vermelha nas duas últimas décadas tem sido reduzido, em função do interesse público na diminuição total de gordura e de ácidos graxos saturados. Assim, há a necessidade de desenvolver novos produtos ou estratégias de reformulação que modifiquem o perfil lipídico da carne visando o melhoramento nutricional e promovendo sua segura ingestão.

Apesar do consumo de linhaça não pertencer ao hábito alimentar brasileiro, este é um alimento rico em ácidos graxos ω -3, lignanas, fibras insolúveis, solúveis e vitamina E, os quais possuem propriedades funcionais, reduzindo o risco de doenças crônicas não transmissíveis. No entanto, é um alimento densamente energético (DAUN *et al.*, 2003).

O óleo obtido da semente de linhaça da variedade dourada possui um excelente valor nutricional por ser a maior fonte do ácido graxo α -linolênico (C18:3 ω -3), o qual não é produzido pelo organismo. Este ácido graxo traz alguns benefícios quando ingerido, onde o mais importante é a redução no nível de colesterol sangüíneo (PRASAD, 1997; PRASAD *et al.*, 1998). Estudos demonstram que a linhaça mostrou-se realmente eficiente em aumentar os ω -3 PUFAs na carne bovina (SCOLLAN *et al.*, 2006) e até no sangue de humanos que consumiram produtos animais, enriquecidos com ω -3 através da linhaça (WEILL *et al.*, 2002).

Porém, a aplicação de linhaça em carne e produtos cárneos através da adição como ingrediente não-cárneo não foi ainda devidamente avaliada. Essa estratégia tecnológica, se bem otimizada, poderia melhorar substancialmente o valor nutricional de produtos cárneos e promover apelos saudáveis consistentes. Embora haja grande interesse na área médica e

nutricional sobre os ácidos graxos ω -3 e ω -6, poucas pesquisas vêm sendo realizadas visando detectar as possíveis alterações que estes podem sofrer quando o alimento é processado, uma questão essencial no caso de produtos cárneos que sofrem muitas modificações ao longo de seu preparo, especialmente térmicas e ao longo da cadeia de frio durante o prazo de validade.

O presente trabalho tem por objetivo estudar a reformulação de um dos derivados cárneos mais importantes na dieta nacional, o hambúrguer, nas formas crua e grelhada, adicionado de produtos derivados de linhaça, através de técnicas analíticas. Espera-se com essa pesquisa, contribuir com o segmento de produtos cárneos que busca a reformulação de seus produtos no cenário atual com apelos para saudabilidade, especialmente no que se refere à modificação dietética mais favorável do perfil de ácidos graxos.

CAPÍTULO 1

1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1 Tendências na reformulação e consumo de produtos e derivados cárneos

Os últimos anos têm sido marcados pelo desenvolvimento de estratégias que visam agregar valor à carne, através de pesquisas que tornem seus produtos processados mais saudáveis e que compensem os apelos negativos sobre a saúde amplamente abordados em trabalhos científicos e, especialmente, pela mídia pouco especializada. Muitos estudos buscam estabelecer correlações mais consistentes entre consumo de carne, especialmente carne vermelha e seus derivados, e a ocorrência de doenças crônicas não transmissíveis. No entanto, antes que essas comprovações cheguem a publicações legítimas, os consumidores são alertados de forma nem sempre científica sobre esses perigos. Esse contexto move a indústria da carne a acompanhar a tendência de reformular produtos com foco na saúde.

As principais metas para tornar os produtos cárneos mais saudáveis muito estudadas na literatura como grandes desafios, são reportadas por Jiménez-Colmenero *et al.* (2001) e consistem em: modificação da composição da carcaça, manipulação de carnes em matérias-primas e reformulação de produtos cárneos. No que se refere aos produtos cárneos processados, a indústria necessita urgentemente reduzir o teor de gordura, colesterol, sal, aditivos, em especial nitrito de sódio, modificar favoravelmente o perfil de ácidos graxos e promover uma significativa diminuição do valor calórico de seus produtos. Um desafio adicional é realizar essas reformulações com adição de ingredientes funcionais.

Entretanto, sabe-se que a adição de novos ingredientes no processamento de produtos cárneos produz mudanças no aspecto nutricional, e nos parâmetros de textura, cor e sabor dos alimentos (ESTELLER *et al.*, 2005). Sendo assim, torna-se importante o estudo detalhado destas características.

1.1.1 Redução do teor de gordura em produtos cárneos

Estudos atuais indicam que dietas ricas em colesterol, óxidos de colesterol, gorduras saturadas e gorduras *trans* aumentam o risco de várias doenças, sendo as principais de origem cardiovascular, câncer de cólon e obesidade (PEARSON e GILLET, 1996; CENGIZ e GOKOGLU, 2005), despertando a pesquisa e a indústria alimentar para o desenvolvimento de alternativas. Além disso, alimentos com menores teores de gordura apresentam menor valor calórico, o que os torna mais atrativos ao consumidor por questões nutricionais (NABESHIMA, 1998; BAGGIO e BRAGAGNOLO, 2004).

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), as novas recomendações para uma dieta saudável com metas para a redução de risco de doenças, estabelecem que a gordura deve fornecer entre 15 e 30% das calorias totais da dieta, as gorduras saturadas não devem ser mais que 10% do total desse valor e a ingestão de colesterol deve ser limitada em menos de 300mg/dia (WHO, 2003; CENGIZ e GOKOGLU, 2005). Os produtos cárneos convencionais possuem um alto nível de gordura (20 a 30%), permitindo desta forma, uma grande conveniência para sua redução. A maioria dos hambúrgueres com teor de gordura reduzido possui cerca de 10% desse componente (GIESE, 1992).

Em geral, o conteúdo de colesterol de alguns produtos cárneos emulsionados (como salsichas, mortadelas, etc.), reestruturados (hambúrgueres, presuntos, apresuntados, empanados, etc.) e outros, podem

variar consideravelmente, na medida em que se alteram o teor e qualidade da gordura das formulações e, parece ser significativo só para os produtos com níveis muito elevados de gordura na matéria-prima. Nestes produtos, uma diminuição na quantidade de gordura pode ter efeitos refletidos no menor consumo de calorias e no conteúdo de colesterol, quando a redução de lipídios ocorre também pela utilização de cortes mais magros (HOELSCHER *et al.*, 1987).

Segundo o Ministério da Saúde (BRASIL, 1998), um produto com teor reduzido é aceito quando houver uma redução de no mínimo 25% do valor original de determinada substância. Além disso, consta que os termos “*low*” ou “baixo” ou “pobre”, podem ser utilizados para gorduras totais, quando no alimento houver no máximo 3g de gordura/100g de alimento (para sólidos) e 1,5g de gordura/100mL de alimento (líquido).

O desafio tecnológico para substituir ou reduzir teores de gordura em produtos cárneos tem sido buscado através de diferentes estratégias tecnológicas, tais como a seleção de cortes cárneos magros (o que pode encarecer o produto), variação na composição do produto final, introdução de ingredientes funcionais que podem contribuir na redução das calorias (JIMÉNEZ-COLMENERO, 1996), melhora da textura e das propriedades de ligação de água (GARCIA *et al.*, 2002).

A aceitação do produto cárneo com reduzido nível de gordura pode ser limitada pelo consumidor. Cada categoria de produto cárneo precisa encontrar um substituto que apresente propriedades tecnológicas adequadas com menor impacto possível na qualidade global dos produtos em questão. Alguns trabalhos destacam que, ao reduzir o teor lipídico abaixo de 20% em produtos cárneos pode resultar em um produto inaceitável ao consumidor por defeitos de textura, *flavor* e aparência, além de grande exsudação em embalagens a vácuo, redução da vida de prateleira e problemas de palatabilidade (YANG *et al.*, 2001).

Sendo assim, a redução de gordura em produtos cárneos finamente moídos como o hambúrguer também apresenta uma série de dificuldades em termos de aparência, sabor e textura, tornando-os menos aceitos pelo consumidor (TOKUSOGLU e ÜNAL, 2003; VANDENDRIESSCHE, 2008).

Ingredientes substitutos de gordura muito utilizados atualmente são as proteínas de diferentes fontes, amidos, gomas, carboximetilcelulose, estabilizantes, geleificantes, emulsificantes e fibras os quais, em condições bem estabelecidas, contribuem para obter produtos com qualidade próxima daqueles similares com alto teor de gordura (JONES e MANDIGO, 1982).

Estudos de Yang *et al.* (2001) reduziram em 50% o conteúdo de gordura de salsichas tipo *Frankfurt*, com melhores resultados utilizando-se amido modificado de milho ceroso, kappa-carragena e isolado protéico de soja, os quais obtiveram perfil sensorial mais próximo do padrão.

Pesquisas de Khalil (2000) avaliaram a qualidade de hambúrgueres com baixo teor de gordura. No trabalho houve substituição de gordura com níveis variando entre 25 a 100% por quantidades iguais de água ou de amido/água em combinações com diferentes proporções (1:3, 1:4 e 1:5). Hambúrgueres formulados com amido/água obtiveram maior teor de umidade e rendimento no cozimento em comparação aos formulados somente com água, melhores características de textura instrumental, e notas mais elevadas para suculência e maciez em relação ao controle. No entanto, os produtos formulados somente com água eram mais suaves no sabor do que o controle.

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

1.1.2 Reformulação do perfil lipídico de produtos cárneos

A reformulação de produtos cárneos em relação a fração lipídica é geralmente baseada na substituição (para menor grau) da gordura animal presente normalmente na formulação, cujas características interagem com as recomendações de saúde: ou seja, com proporções menores de ácidos graxos saturados e maiores proporções de MUFAs, PUFA's ou melhores relações ω -6/ ω -3, PUFA's/SFA e, se possível, livre ou baixos teores de colesterol. Existem várias fontes de lipídios vegetais e marinhos que podem ajudar a fornecer tais benefícios nutricionais e funcionais em diferentes graus (JIMÉNEZ-COLMENERO, 2007).

O tipo de óleo vegetal afeta a composição dos ácidos graxos de um produto reformulado à base de carne. A maioria dos óleos vegetais são ricas fontes de gorduras MUFAs e PUFA's e livres de colesterol. Visando melhorar a sua qualidade nutricional, vários alimentos reformulados foram produzidos com azeite de oliva, girassol, linhaça, soja, amendoim, palma, etc. Embora alguns desses óleos tenham sido utilizados para aumentar o conteúdo de MUFAs, outros foram utilizados essencialmente para elevar a quantidade de PUFA's, ou, mais especificamente, ω -3 como é caso da linhaça (ANSORENA e ASTIASARÁN, 2004; PELSER *et al.*, 2007; RUBIO *et al.*, 2008).

Estudos indicam a substituição parcial (em diferentes porcentagens) de toucinho de porco por azeite de oliva (rico em ácido graxo oleico – C18:1 ω -9), sendo o óleo mais estudado em diversos produtos. Alguns autores recomendam utilizar entre 1 e 10g de azeite de oliva por 100g de almôndegas (HSU E YU, 2002), de salsichas *Frankfurters* (LURUEÑA-MARTINEZ *et al.*, 2004) e de salames (MUGUERZA *et al.*, 2001; SEVERINI *et al.*, 2003). Verificou-se que o azeite de oliva aumenta os MUFAs nos produtos cárneos sem alterar significativamente a relação ω -6/ ω -3 (MUGUERZA *et al.*, 2002; ANSORENA e ASTIASARAN, 2004).

Quantidades substanciais de gorduras MUFAs também foram incorporadas pela adição de 10 a 27,5% de óleo de girassol (ácido oleico) em salsichas, salames e almôndegas sendo que houve aumento de MUFAs nos produtos (PANERAS e BLOUKAS, 1994; AMBROSIADIS *et al.*, 1996; HSU e YU, 2002).

Em algumas pesquisas, a gordura animal foi parcialmente substituída por óleos vegetais (algodão, milho, soja, amendoim, linhaça, etc) sendo possível aumentar os níveis de PUFA, melhorar a relação PUFA/SFA e reduzir o teor de colesterol de diferentes produtos cárneos como salames fermentados e almôndegas (MUGUERZA *et al.*, 2003; DZUDIE *et al.*, 2004; ANSORENA e ASTIASARAN, 2004). Os óleos de algodão e milho são muito ricos em PUFA e contêm altas concentrações de ácido linoleico – C18:2 ω -6 (>56% de ácidos graxos totais) e sua adição aos produtos cárneos melhora a relação PUFA/SFA, mas também tem o efeito negativo de aumentar a relação ω -6/ ω -3 (PANERAS e BLOUKAS, 1994; PANERAS *et al.*, 1998).

O óleo de soja que contém altos níveis de ácido linoleico (56,1% do total de ácidos graxos) e α -linolênico (7,3%) foi empregado em salsichas tipo *Frankfurters* (PANERAS *et al.*, 1998), obtendo-se um aumento no teor de PUFA. Óleo de canola (com 20% de C18:2 ω -6 e 8% de C18:3 ω -3) também tem sido utilizado para aumentar a relação PUFA/SFA de salames fermentados (PELSER *et al.*, 2007). Gordura animal foi substituída por óleos de amendoim e milho que contém uma maior proporção de PUFA/SFA, favorecendo assim, o aumento de PUFA na carne moída estudada (DZUDIE *et al.*, 2004).

Dentre todos os óleos vegetais, a linhaça recentemente ganhou a atenção devido a seu perfil único de nutrientes e potencial de diminuir o risco e evolução de muitas doenças crônicas não transmissíveis. A linhaça é rica em PUFA (73% de ácidos graxos totais), sendo que o α -linolênico constitui cerca de 57%, o maior de todos os óleo das sementes (RAMCHARITAR *et al.*, 2005).

Existem muitas informações sobre a utilização da linhaça e derivados em produtos de panificação (SHEARER e DAVIES, 2005; CONFORTI e DAVIS, 2006; KOCA e ANIL, 2007), porém são poucos os estudos em carnes e derivados (PELSER *et al.*, 2007; VALENCIA *et al.*, 2008). Raras também, são as pesquisas avaliando modificações no perfil de ácidos graxos em hambúrgueres utilizando linhaça (BILEK e TURHAN, 2009; PEREIRA e FEIHRMANN, 2009). Sendo que até o momento, estudos publicados relativos a este produto com linhaça dourada são inexistentes.

Valencia *et al.* (2008) estudaram lingüiças frescas onde 15% do toucinho suíno foi substituído por óleo de linhaça. Foram observados aumentos no teor de α -linolênico de 1,34% nas lingüiças controle para 8,91% naquelas adicionadas de óleo de linhaça. A avaliação sensorial dos produtos cozidos não foi afetada pela adição de óleo. Os resultados obtidos demonstram o potencial para o melhoramento nutricional destas lingüiças com o uso deste ingrediente.

Como os hambúrgueres contêm notavelmente mais gordura do que a carne pura, as propriedades texturais podem ser mais sensíveis às variações na composição da gordura utilizada na sua preparação (SCHEEDER *et al.*, 2001), o que resulta numa significativa influência na maciez, suculência e intensidade de sabor (SURKIEWICZ *et al.*, 1975; PRAYSON *et al.*, 2008). Além disso, a textura pode ser influenciada pela alteração da composição dos ácidos graxos utilizada na formulação. As diferenças na textura foram descritas principalmente como resultado de mudanças no teor de gordura, tipo de cocção, grau de cozimento e teor de tecido conjuntivo (TROUTT *et al.*, 1992; BERRY, 1994; BERRY e ABRAHAM, 1996; FAROUK *et al.*, 1999), mas os efeitos da composição de ácidos graxos não foram considerados por esses pesquisadores.

Óleos marinhos também têm sido utilizados para aumentar quantidades substanciais (maior que 87%) de ω -3 PUFAs em produtos

derivados cárneos como hambúrguer de peru, embutidos suínos, presunto cozido e bifes reestruturados (LEE *et al.*, 2006a,b).

Os óleos de peixe contendo aproximadamente 22% de EPA (C20:5 ω -3, ácido eicosapentaenóico), 3% de DPA (C22:5 ω -3, ácido docosapentaenóico) e 22% de DHA (C22:6 ω -3, ácido docosahexaenóico) (PELSER *et al.*, 2007) são uma das fontes alimentares de ω -3 PUFA de cadeia longa. No entanto, os principais problemas associados com eles são a suscetibilidade à oxidação lipídica e produção de aroma e sabor residual de peixe. Estes problemas podem muitas vezes ser minimizados pelo refino e desodorização do óleo, e aplicação de várias estratégias antioxidantes (GARG *et al.*, 2006). Este óleo tem sido utilizado em diversas formas para enriquecer diferentes produtos alimentares (KOLANOWSKI e FARRANT, 2006), incluindo carnes e derivados, sendo principalmente salames secos fermentados (MUGUERZA *et al.*, 2004; VALENCIA *et al.*, 2006).

1.1.3 Seleção de matérias-primas com perfil lipídico favorável

Vários autores sugerem que alimentos de origem animal, como as carnes, têm o potencial de aumentar a ingestão de ácidos graxos ω -3 (GIVENS e GIBBS, 2006; GIVENS *et al.*, 2006; HOWE *et al.*, 2006). Os produtos animais representam uma parte importante da dieta de estilo ocidental. Por exemplo, a contribuição relativa estimada de carne bovina e peixes para consumo total de proteínas nos Estados Unidos é de 36,1 e 5,5% de proteína total, respectivamente, uma relação de aproximadamente 7:1 (SMIT *et al.*, 1999).

Assim, a carne parece ser um vetor adequado de ingredientes funcionais para se obter derivados de carne, com efeitos funcionais em potencial (FERNÁNDEZ-GINÉS *et al.*, 2005; JIMÉNEZ-COLMENERO *et al.*, 2006). Estes produtos também podem ser uma boa fonte alimentar de alguns nutrientes, que trazem benefícios à saúde, incluindo alguns ácidos graxos, como os PUFA de cadeia longa e o ácido graxo linoleico conjugado (CLA). A

diminuição de ácidos graxos saturados e aumento de ácidos graxos benéficos à saúde, PUFA's e MUFA's, têm sido o tema principal da pesquisa de produtos “*in natura*” e subprodutos da carne.

Para tornar produtos cárneos mais saudáveis, alguns estudos avaliaram oportunidades para aumentar a concentração de ácidos graxos ω -3 em carnes e subprodutos (GIVENS *et al.*, 2006; JERÔNIMO *et al.*, 2009). Algumas pesquisas analisaram, com efeito, a inclusão de fontes ricas de α -linolênico em dietas de cordeiro, como forrageiras (BESSA *et al.*, 2005), pastagens (SANTOS-SILVA *et al.*, 2002), linhaça (DEMIREL *et al.*, 2004) ou óleo de linhaça (COOPER *et al.*, 2004; BESSA *et al.*, 2007).

Na carne de suínos, concentrações de ácido linoleico podem facilmente ser aumentadas em relação aos níveis basais de cerca de 10-15% de ácidos graxos para mais de 30% (HARTMAN *et al.*, 1985; WEST e MYER, 1987) e, este efeito pode ser rapidamente alcançado. Além disso, em estudos de Larick *et al.* (1992) não houve alteração no sabor de hambúrgueres feitos com carne de suínos alimentados com ácido linoleico e, nenhum efeito sobre a cor foi observado. Melton (1990) explica que a carne suína, por ser naturalmente alta em C18:2 ω -6, tem seus produtos de oxidação reconhecidos pelos consumidores como componentes naturais do sabor do suíno.

Vatansever *et al.* (2000) realizou experimentos com bovinos onde dietas eram compostas de silagem e lipídios contendo derivados de linhaça, óleo de peixe e mistura de linhaça/óleo de peixe. Os resultados mostraram que ácidos graxos contidos na linhaça aumentaram a proporção de ácido α -linolênico nos hambúrgueres formulados com esta carne, bem como a síntese de ácidos araquidônico (C20:4 ω -6) e eicosapentanoico na carne dos animais. O óleo de peixe dobrou as proporções de C20:5 ω -3 e C22:6 ω -3 e resultados intermediários foram relatados entre os tratamentos com linhaça e óleo de peixe. A dieta com óleo de peixe aumentou muito a oxidação lipídica e da cor

durante o armazenamento, mostrando menor aceitabilidade, sendo que aqueles com linhaça obtiveram aceitações iguais ao controle.

Vários estudos têm utilizado suplementos de óleo vegetal para modificar a composição de ácidos graxos de carnes (WACHIRA *et al.*, 2002; DEMIREL *et al.*, 2004). O importante ácido graxo ω -3 em óleos vegetais é exclusivamente o α -linolênico, que pode atuar como um precursor para a cadeia longa mais potente de PUFA's ω -3 como EPA, DHA e DPA (ROBERT *et al.*, 2005). Por outro lado, os efeitos hipotrigliceridêmicos dos ω -3 PUFA's em seres humanos são largamente atribuídos ao EPA e DHA, e o consenso atual é que os óleos alimentares que contenham C18:3 ω -3 são ineficazes na redução dos triacilglicerídeos circulantes (HARRIS, 1997; BURDGE e CALDER, 2006).

Portanto, o uso de óleos vegetais na alimentação animal, visando o enriquecimento da carne com ácidos graxos ω -3 para a saúde humana, precisa atender alguns critérios: (1) conversão adequada da cadeia curta de α -linolênico em PUFA's ω -3 de cadeia mais longa como EPA e DHA, (2) ingestão diária recomendada de ω -3 PUFA's, (3) enriquecimento adequado de carne com ω -3 e, (4) manutenção das propriedades sensoriais da carne (KITESSA *et al.*, 2009).

1.1.4 Adição de ingredientes funcionais em produtos cárneos

Produtos cárneos à base de ingredientes funcionais são vistos como uma oportunidade para melhorar sua “imagem” frente às necessidades dos consumidores, bem como a atualização dos objetivos dos nutrientes na dieta (JIMÉNEZ-COLMENERO, 2007). Como um dos mais importantes alimentos comumente consumidos, os produtos cárneos processados oferecem excelentes estratégias de promover a ingestão de ingredientes funcionais, sem qualquer mudança radical nos hábitos alimentares (COFRADES *et al.*, 2008).

Segundo explica Arihara (2006), oligossacarídeos, fibras alimentares, bactérias lácticas, proteínas da soja, peptídeos, cálcio, ferro, polifenóis, glicosídeos e lipídios, entre outros, podem ser considerados substâncias funcionais, podendo ser usados no desenvolvimento potencial de produtos cárneos à base de ingredientes funcionais ou também conhecidos como nutracêuticos (WILDMAN, 2000a,b).

Vários ingredientes já vêm sendo utilizados em carnes e derivados e incluem, vegetais, proteínas, fibras, antioxidantes, algas comestíveis, probióticos e prebióticos. Entre as fibras, fibra alimentar da aveia, beterraba, soja, maçãs, ervilhas e bactérias lácticas probióticas já foram utilizadas na formulação destes alimentos (FLEURENCE *et al.*, 1994; FLEURENCE, 1999; KOLB *et al.*, 2004; SÁNCHEZ-MACHADO *et al.*, 2004; FERNÁNDEZ-GINÉS *et al.*, 2005; JIMÉNEZ-COLMENERO *et al.*, 2006). Produtos cárneos reformulados com apelos de alimentos funcionais como salsicha, presunto e hambúrguer já foram aprovados no Japão (ARIHARA, 2004).

Dentre as substâncias funcionais mais estudadas na atualidade, destacam-se os ácidos graxos ω -3. Alimentos enriquecidos com estes ácidos graxos, entre eles os produtos cárneos, na Europa e E.U.A, foram os que mais aumentaram sua produção nos últimos anos (KOLANOWSKI e LAUFENBERG, 2006; RUBIO-RODRÍGUEZ *et al.*, 2010).

1.2 Influência dos lipídios e ácidos graxos na dieta

Embora a patogênese de doenças relacionadas com o estilo de vida seja complicada e os mecanismos subjacentes ao seu desenvolvimento ainda não foram totalmente elucidados, verificou-se através de várias pesquisas que a qualidade dos lipídios na dieta poderia ser uma importante moduladora em termos de morbidade e mortalidade destas doenças (VESSBY, 2003; RUBIO-RODRÍGUEZ *et al.*, 2010).

Ácidos graxos saturados (SFA – Saturated fatty acids)

Muitas organizações de saúde têm recomendado que a ingestão de ácidos graxos saturados deve ser diminuída em um esforço para reduzir as concentrações de colesterol sanguíneo e, assim, diminuir o risco de doenças cardíacas. Uma vez que dietas ricas em SFA, consistentemente, prejudicam tanto os lipídios sanguíneos (HEGSTED *et al.*, 1965) como a sensibilidade à insulina (STORLIEN *et al.*, 1996).

No entanto, há uma crescente investigação de que os vários ácidos graxos saturados têm diferentes efeitos sobre as concentrações de colesterol sérico. Assim, a recomendação geral para reduzir a ingestão de gorduras saturadas está constantemente sendo revista.

Os primeiros estudos de Ahrens *et al.* (1957), Keys *et al.* (1965a) e Hegsted *et al.* (1965), sugeriram que o ácido graxo esteárico (C18:0) não aumentava as concentrações de colesterol sérico (BONANOME e GRUNDY, 1988; DENKE e GRUNDY, 1991). Em particular, o ácido esteárico não eleva a lipoproteína de baixa densidade (LDL-colesterol), sendo que a maioria dos dados disponíveis sugerem que ele é neutro na ação da LDL. Este ácido também, não aumenta os triacilglicerídeos e é possível que possa ter um efeito de redução muito suave nas lipoproteínas de alta densidade (HDL-colesterol) (ZOCK e KATAN, 1992), mas isto é incerto (DENKE e GRUNDY, 1991).

Investigações indicam que mais de 90% do ácido esteárico normalmente disponíveis na dieta, são absorvidos na digestão (BONANOME e GRUNDY, 1988). Um razão possível para a não alteração do LDL, é que o C18:0 é rapidamente convertido em ácido oleico (BONANOME e GRUNDY, 1988; BONANOME *et al.*, 1992).

Alguns pesquisadores têm especulado que o ácido esteárico pode ser particularmente trombogênico. Se assim for, esta poderia ser uma razão para limitar sua ingestão. Normalmente, os ácidos graxos circulam no soro ligados à albumina. Se eles vierem desacoplados podem ativar o sistema de coagulação e promover a trombose. Entre os vários ácidos graxos saturados, especialmente, o ácido esteárico está menos fortemente ligado à albumina resultando em um risco aumentado para o desenvolvimento da trombose (GRUNDY, 1994).

Há fortes evidências de que o ácido palmítico (C16:0) aumente a concentração de colesterol total no sangue, em comparação com ácidos graxos insaturados ou carboidratos, baseando-se em estudos metabólicos e provas epidemiológicas (KEYS *et al.*, 1965a; HEGSTED *et al.*, 1965; KEYS, 1970; MATTSO e GRUNDY, 1985; GRUNDY e VEGA, 1988). O aumento das concentrações de colesterol total induzido pelo C16:0, ocorre predominantemente na elevação da fração da LDL, suprimindo a expressão de seus receptores (SPADY e DIETSCHY, 1985; NICOLOSI *et al.*, 1990). Um ligeiro aumento também pode ocorrer em lipoproteínas de muito baixa densidade (VLDLs-colesterol). Estudos recentes de Kien *et al.* (2005) mostram que o aumento no consumo de C16:0 pode elevar também o risco de obesidade e resistência à insulina.

Segundo Keys *et al.* (1965a), Spady *et al.* (1983) e Schaefer (2002), o ácido mirístico (C14:0) aumenta as concentrações séricas de colesterol tanto como o ácido palmítico. No entanto, Hegsted *et al.* (1965) e Lottenberg (2003) relatam que o C14:0 é ainda mais hipercolesterolêmico do que o ácido palmítico. A importância prática do ácido mirístico no aumento dos ácidos graxos para a maioria das dietas é muito menor do que ácido palmítico, porque ele está presente em bem menores quantidades na dieta (GRUNDY, 1994).

Sobre o ácido láurico (C12:0), Keys *et al.* (1965a) e Pronczuk *et al.* (1995) relataram, com base nos limitados dados da literatura, que ele é tão

hipercolesterolêmico como os ácidos palmítico e mirístico. Hegsted *et al.* (1965), Denke e Grundy (1992) e Adrizzo (1999), em contraste, alegaram que o ácido láurico aumenta as concentrações de colesterol muito menos do que os outros ácidos graxos de cadeia longa.

Ácidos graxos monoinsaturados (MUFAs – Monounsaturated fatty acids)

Conforme Grundy (1994), o ácido oleico é o principal MUFA da dieta, correspondendo a aproximadamente 45% do total de ácidos graxos. O mais comum MUFA na forma *trans* é o ácido elaídico (C18:1 *trans* 9).

O ácido oleico, em geral, tem sido considerado neutro, pois nem aumenta e nem diminui as concentrações de colesterol. Na verdade, essa neutralidade parece se estender a todas as frações de lipoproteínas: VLDL, LDL e HDL. Entretanto, muitos pesquisadores têm demonstrado que, quando se substituem os ácidos graxos saturados por MUFAs, estes têm um efeito hipocolesterolêmico (MATA *et al.*, 1992; LICHTENSTEIN *et al.*, 1993).

Os trabalhos de Keys *et al.* (1965b) e Mattson e Grundy (1985) indicam que para cada 1% da energia da dieta em que o ácido oleico é consumido ao invés dos ácidos graxos saturados, as concentrações do colesterol total sanguíneo diminuem em média 2,7mg/dL. A mudança deve-se exclusivamente a uma diminuição na LDL sendo que a HDL não foi alterada. Porém, estudos de Luscombe *et al.* (1999) e Thomsen *et al.* (1999) mostraram aumentos modestos dos níveis de HDL. Uma redução nos níveis de VLDL foi relatada quanto ao consumo de ácido oleico da dieta (RODRÍGUEZ-VILLAR *et al.*, 2004). Uma pesquisa de acompanhamento a longo prazo dos participantes do *Seven Countries Study* (KEYS *et al.*, 1986) revelou que o consumo de MUFAs foi correlacionado negativamente com a mortalidade por doenças cardíacas.

Em uma variedade de estudos sobre a relação de carcinogenicidade dos ácidos graxos em sua habilidade de suprimir o sistema imunológico, o ácido oleico emerge como um dos ácidos graxos mais benignos. Uma razão pela qual o ácido oleico não pode elevar as concentrações séricas de LDL é porque é o substrato preferido para acil CoA: colesterol aciltransferase (ACAT) no fígado. Quando há um excesso de ácido oleico, o colesterol não esterificado parece ser facilmente esterificado. A diminuição na quantidade de colesterol não esterificado nas células do fígado pode resultar na supressão de receptores da LDL (GRUNDY, 1991) ou a síntese desta lipoproteína pode ser diminuída (GRUNDY, 1994).

Ácidos graxos poliinsaturados (PUFAs - Polyunsaturated fatty acids) e estudos com linhaça

A substituição de ácidos graxos saturados por PUFAs é uma maneira muito eficaz para diminuir os níveis séricos de colesterol no homem, mas a ocorrência deste efeito ainda não é clara. Diversos mecanismos de ação têm sido propostos para explicar o efeito hipocolesterolêmico dos PUFAs, mas há controvérsias consideráveis (PAUL *et al.*, 1980). Alguns incluem o aumento da excreção de esteróides (WOODS *et al.*, 1966) e aumento do catabolismo de lipoproteínas através da alteração da estrutura (PAUL *et al.*, 1980). Um mecanismo proposto foi apoiado por estudos mostrando que uma dieta rica em PUFAs levaria à metabolização mais rápida das LDL, em humanos, pelas culturas de fibroblastos, ao contrário de uma alimentação com alto teor de ácidos graxos saturados (BAUDET *et al.*, 1984).

Foi proposto também, que os PUFAs levam à uma diminuição da produção de lipoproteínas (ILLINGWORTH *et al.*, 1984). Chait *et al.* (1974) e Cortese *et al.* (1983) sugeriram que os PUFAs, quando comparados aos saturados, são menos eficientemente incorporados aos triacilglicerídeos produzidos pelo fígado para utilização na forma de VLDLs. Isso ocorre através da inibição da secreção de VLDL e triacilglicerídeos e não através do aumento

da lipólise (NOZAKI *et al.*, 1991). Com isso, há uma queda na concentração de VLDL e triacilglicerídeos no plasma, levando à menor concentração de LDL (TURNER *et al.*, 1981; CORTESE *et al.*, 1983), que é comumente observada após o consumo dos PUFAs (BRUSSAARD *et al.*, 1980; CORTESE *et al.*, 1983).

Por muitos anos, pensou-se que o ácido linoleico era recomendado para uma dieta saudável, porque foi considerado o mais eficaz na redução do colesterol. Estudos anteriores sugeriram que esse ácido graxo era mais potente que o oleico na redução de concentrações de colesterol quando comparados com ácidos saturados (KEYS *et al.*, 1965a; HEGSTED *et al.*, 1965). Entretanto, Thijssen e Mensink (2005) verificaram que as diferenças entre seus efeitos sobre o perfil das lipoproteínas séricas foram pequenas.

Em humanos, o consumo elevado de ácido linoleico pode reduzir as concentrações de HDL (VEGA *et al.*, 1982; MATTSON e GRUNDY, 1985) e aumentar o risco de cálculos biliares de colesterol (STURDEVANT *et al.*, 1973; GRUNDY, 1975). Finalmente, a presença de ácido linoleico nas LDL torna-os mais propensos à oxidação, o que poderia promover o desenvolvimento da aterosclerose (PARTHASANATHY *et al.*, 1990).

Porém, os ácidos graxos ω -3 em concentrações elevadas podem reduzir os níveis de triacilglicerídeos no sangue, o que pode colaborar na redução de doenças cardiovasculares (SUN, 2008).

Níveis sanguíneos de PUFAs ω -3 são inversamente associados com eventos cardiovasculares em estudos epidemiológicos (HARRIS e VON SCHACKY, 2004; HANSEN e HARRIS, 2007). Buckley *et al.* (2004) e Mori e Woodman (2006) concluíram que a suplementação de DHA pode ter um maior impacto que o EPA para melhorar o perfil lipídico em indivíduos com níveis normais de colesterol e, assim, colaborando para o efeito cardioprotetor. Alguns dos mecanismos potenciais para este efeito cardioprotetor dos ácidos

graxos ω -3 incluem fatores antiarrítmicos, anti-inflamatórios, hipotensores e efeitos hipotrigliceridêmicos (BALK *et al.*, 2006).

Segundo Harris *et al.* (2003) e Calabresi *et al.* (2004), os PUFA ω -3 aumentam (2-8%) as concentrações de HDLs, o que tem um efeito cardioprotetor adicional.

No entanto, ainda não está claro se todos os ácidos graxos ω -3 podem ter efeitos benéficos nas doenças cardiovasculares, ou se o benefício se refere exclusivamente ao EPA e DHA (BARCELÓ-COBLIJN e MURPHY, 2009). Estudos em humanos demonstram que o ácido α -linolênico é rapidamente incorporado em lipoproteínas dentro de 3 horas após o seu consumo (FUENTES *et al.*, 2008; EGERT *et al.*, 2009) e, conseqüentemente, são elevadas as concentrações de ácido α -linolênico, EPA e DPA no plasma (GOYENS *et al.*, 2006; ZHAO *et al.*, 2007).

Schwab *et al.* (2006) demonstraram que um consumo de 30mL/dia (27g/dia) de óleo de linhaça (cerca de 14g/dia de ácido α -linolênico) durante 4 semanas é suficiente para aumentar significativamente os níveis séricos de ácido α -linolênico (5,7 vezes). Harper *et al.* (2006) relatam que a ingestão de óleo de linhaça (3g de ácido α -linolênico/dia) durante 12 semanas, leva a um aumento nos níveis plasmáticos de EPA (60%), DPA (25%), sem alterações no DHA.

Pacientes dislipidêmicos que consumiram 15mL de óleo de linhaça por dia (7g/dia de ácido α -linolênico) por 3 meses, conseguiram diminuições de 38% nos níveis de proteína C reativa (CRP), 10% de IL-6 (interleucina 6) comparados aos pacientes com níveis de consumo de 15mL de óleo de cártamo (rico em C18:3 ω -3) (RALLIDIS *et al.*, 2003). A IL-6 possui potente atividade pró e inflamatória (MALDOVEANU *et al.*, 2001; JAWA *et al.*, 2006). Ela participa de uma cascata de reações que iniciam com o dano tecidual e que objetiva, em última instância, a restauração do tecido (CRANE e MILLER,

1983). Já a CRP é uma proteína de fase aguda, produzida pelo fígado em resposta às citocinas, como a IL-6 (YEH *et al.*, 2001). É responsável por ampliar a resposta imune, aumentando a lesão e inflamação nos tecidos (PATEL *et al.*, 2001; YEH *et al.*, 2001). Reduções semelhantes nos níveis de CRP foram observadas em pacientes hipercolesterolêmicos com consumo de 6-8g/dia de ácido α -linolênico durante 2 anos (BEMELMANS *et al.*, 2004).

Um dos impactos mais atuais do potencial dos ácidos graxos ω -3 é sua atuação na redução do risco de doenças crônicas, principalmente doenças neurodegenerativas como a doença de Alzheimer. Sabe-se que o aumento no consumo de DHA pode reduzir o risco desta doença (TULLY *et al.*, 2003; CALON *et al.*, 2004).

Outros efeitos benéficos, recentemente estudados, dos ácidos graxos ω -3 na dieta foram observados em crianças prematuras (SIMMER *et al.*, 2008a) e recém-nascidos a termo (SIMMER *et al.*, 2008b), bem como na terapia da diabetes mellitus tipo 2 (HARTWEG *et al.*, 2008), doença de Crohn (TURNER *et al.*, 2007a), colite ulcerativa (TURNER *et al.*, 2007b), transtorno bipolar (MONTGOMERY e RICHARDSON, 2008), esclerose múltipla (FARINOTTI *et al.*, 2007), depressão e esquizofrenia (PEET, 2003; MAMALAKIS *et al.*, 2004), osteoartrite (CURTIS *et al.*, 2002), artrite reumatóide (COVINGTON, 2004), doenças infecciosas como a hepatite (LEU *et al.*, 2004), melhoria das características metabólicas e endócrinas em mulheres com síndrome dos ovários policísticos (KASIM-KARAKAS *et al.*, 2004) e em receptores de transplante renal (LIM *et al.*, 2007).

Em pacientes com câncer, a ingestão de ácidos graxos ω -3 restaurou o padrão alimentar normal, atrasou o início da anorexia, aparecimento e crescimento tumoral e impediu a perda de peso (DEWEY *et al.*, 2007).

As células inflamatórias, geralmente, contêm uma elevada proporção do ácido araquidônico e baixas proporções dos outros PUFA's com 20 carbonos (CALDER, 2006). Os eicosanóides (ω -6) são produzidos a partir do ácido araquidônico por enzimas ciclooxigenase, lipoxigenase e epoxigenase para a produção de prostaglandinas, leucotrienos e lipoxinas. Alguns eicosanóides produzidos a partir dos ácidos graxos ω -6, também podem aumentar a coagulação sanguínea, formação de trombos, ateromas, doenças alérgicas (SIMOPOULOS, 1991; MOYAD, 2005; RUSSO, 2009), frequência cardíaca, resposta imune e inflamação. Estudos sugerem que, com o aumento da ingestão de C20:4 ω -6, há uma incorporação deste ácido em células envolvidas nas respostas inflamatórias (KRIS-ETHERTON *et al.*, 2003), pois há a produção de eicosanóides inflamatórios (LICHTENSTEIN *et al.*, 2006) aumentando a viscosidade do sangue, vasoespasmo, vasoconstrição e diminuição do tempo de sangramento (SIMOPOULOS, 1991). No entanto, o ácido araquidônico tem pouco ou nenhum efeito sobre as concentrações plasmáticas de lipoproteínas (NELSON *et al.*, 1997).

Outros eicosanóides produzidos a partir do ácido graxo ω -3, como o EPA (C20:5) e DHA (C22:6), às vezes tem efeitos opostos, saudáveis. Os ácidos graxos ω -3 realmente podem competir com os ω -6 pelas mesmas enzimas ciclooxigenase, lipoxigenase e epoxigenase para formar uma classe diferente de eicosanóides, que podem concorrer e neutralizar os efeitos dos eicosanóides produzidos a partir dos ácidos graxos ω -6 (MOYAD, 2005), levando à produção de anti-inflamatórios, reduzindo a inflamação, refletindo em menores níveis circulantes de citocinas pró-inflamatórias (LENNIE *et al.*, 2005; MEHRA *et al.*, 2006; LEBLANC *et al.*, 2008).

Os PUFA's ω -3 também podem levar a uma redução da pressão arterial, sendo que o DHA é mais efetivo que o EPA (HOWE, 1997). Em pacientes hipertensos que receberam doses altas (3-6g/dia) de ácidos graxos ω -3, verificou-se uma redução positiva da pressão arterial sistólica/diastólica de 3,4-5,5 para 2,5-3,5mmHg (APPEL *et al.*, 1993; MORRIS *et al.*, 1993).

Ácidos graxos trans (TFA – Trans fatty acids)

A maioria dos estudos epidemiológicos têm ligado a ingestão dietética de ácidos graxos *trans* com aumento da morbidade e mortalidade por insuficiência coronária (LEMAITRE *et al.*, 2002). Curiosamente, os ácidos C18:1 *trans* 9 e C16:1 *trans* 9 (ácido palmitelaídico) não foram associados com aumento do risco desta doença (ZALOGA *et al.*, 2006).

Stender *et al.* (1995) relacionaram os TFA com o desenvolvimento da aterosclerose. Estes elevam as concentrações de LDL e reduzem a HDL, fatores que aumentam o risco de doenças cardíacas (MENSINK *et al.*, 1992). Estudos recentes têm ligado os TFA ao aumento da produção de moléculas inflamatórias (MOZAFFARIAN *et al.*, 2004; LOPEZ-GARCIA *et al.*, 2005) que podem ser relevantes para a aterosclerose, inflamação cardíaca, resistência à insulina (LEFEVRE *et al.*, 2005), risco de diabetes mellitus tipo 2 (SALMERON *et al.*, 2001) e, mais recentemente, ao maior risco de infertilidade ovulatória (CHAVARRO *et al.*, 2007). Vários estudos físicos têm apoiado o conceito básico de que apesar de serem insaturados, os TFA se aproximam mais dos ácidos graxos saturados dos que dos insaturados *cis* (ZALOGA *et al.*, 2006).

Há também evidências de que o aumento no consumo de TFA eleva as concentrações plasmáticas de lipoproteína (a), um fator de risco independente para doenças cardiovasculares (JUDD *et al.*, 1998; LICHTENSTEIN *et al.*, 1999).

Colesterol

O aumento do colesterol da dieta resulta em maiores concentrações de colesterol no plasma (BROWN *et al.*, 1991; HOPKINS, 1992) e está associado com aumento do risco de aterosclerose (KROMHOUT *et al.*, 1984, 1985; KUSHI *et al.*, 1985). Alguns estudos têm mostrado que o colesterol

dietético é menos potente na regulação das concentrações de colesterol plasmático do que os ácidos graxos, mas que o primeiro pode agir sinergicamente com estes últimos na mediação das concentrações de colesterol plasmático (KINSELLA *et al.*, 1990; CONIGLIO, 1992; NORUM, 1992; HARPER, 1993).

A resposta da LDL do plasma ao colesterol da dieta, bem como aos ácidos graxos na alimentação, pode ser influenciada também, por fatores genéticos (SCHAEFER, 2002).

1.2.1 Recomendações no consumo de ácidos graxos e nutrientes

Na Europa Ocidental e América do Norte, a relação de ácidos graxos ω -6 para ω -3 mudou dramaticamente de 8:1 para, atualmente, 20:1 (EATON *et al.*, 1998; SIMOPOULOS *et al.*, 2000), devido a uma dieta típica dos países desenvolvidos que tende a ser alta em carne e alimentos processados. Esta proporção muito elevada está longe do que é considerado ideal, ou seja, uma proporção de 4:1 (ω -6/ ω -3) (YEHUDA e CARASSO, 1993; BARCELÓ-COBLIJN *et al.*, 2003). Isto levou a uma crescente consciência por parte dos governantes na educação popular, que recomendam há muitos anos um aumento do consumo de ácido α -linolênico, EPA e DHA (DE DECKERE *et al.*, 1998).

Estudos realizados na Índia indicam que uma relação mais elevada de ácidos graxos ω -6 (ácido linoleico) para ω -3 (α -linolênico) igual a 20:1 no consumo de alimentos levou ao aumento da prevalência de diabetes mellitus na população, e uma dieta com uma proporção de 6:1 provocou a diminuição desta patologia (RAHEJA *et al.*, 1993).

As recomendações de ingestão diária para indivíduos saudáveis de ácidos graxos ω -3 de cadeia longa, tais como EPA e DHA é de 200-400mg/dia

(SIMOPOULOS *et al.*, 2000; GEBAUER *et al.*, 2006), enquanto que para o ácido α -linolênico varia de 1,35-2,2g/dia. Já a OMS recomenda que a ingestão de EPA + DHA seja de 0,3-0,5g/dia e de α -linolênico 0,8-1,1g/dia, enquanto que a Sociedade Espanhola de Nutrição Comunitária recomenda 2,2g (2g de ácido α -linolênico + 0,2g de DHA) (MATAIX e ARANCETA, 2001; GEBAUER *et al.*, 2006; DOMINGO, 2007).

Com base nas evidências obtidas em estudos epidemiológicos e de intervenção da *American Heart Association*, recomenda-se que os pacientes com doenças cardiovasculares devem consumir cerca de 1g/dia de EPA e DHA (DE BACKER *et al.*, 2003; LICHTENSTEIN *et al.*, 2006) e, em particular, os indivíduos com valores de triacilglicerídeos elevados podem ter efeito benéfico com ingestão de 2-4g/dia de EPA e DHA (WEBER e RAEDERSTORFF, 2000; WARD e SINGH, 2005). Para evitar o risco de infarto agudo do miocárdio recomenda-se a ingestão diária de 1g de ácidos graxos ω -3 (GEBAUER *et al.*, 2006; DOMINGO, 2007).

De acordo com as recomendações da *Dietary Reference Intakes* - DRI (2005) a ingestão de ácidos graxos essenciais (α -linolênico e o linoleico) deve ser em torno de 10% do total de lipídios na dieta, sendo que este valor vai de 5 a 10% para o ácido graxo linoleico e de 0,6 a 1-2% para o α -linolênico. O consumo de PUFA's deve variar até 10% do total calórico (ERITSLAND, 2000), sendo que a ingestão de ácidos graxos *trans* deve ser inferior a 1% do total de energia consumida diariamente (WILLET, 2005).

Quanto à relação poliinsaturados/saturados, o *Department of Health* (1994) cita que a razão inferior a 0,4 constitui uma dieta pouco saudável, estando relacionada com doenças cardiovasculares. A recomendação ideal para a relação PUFA's/SFA deve ser mantida em intervalo de 1 e 1,5 para o controle do colesterol plasmático (KANG *et al.*, 2004, 2005). No entanto, em trabalhos de Kang *et al.* (2005) foi observado que a regulação sérica do

colesterol total foi influenciada com uma relação PUFAs/SFA de até 4,8, entretanto houve uma diminuição na concentração de HDL.

A Tabela 1 mostra um resumo das recomendações para a população adulta saudável, em relação às gorduras da dieta e colesterol.

Tabela 1 - Recomendações de gordura, ácidos graxos e colesterol

Nutriente	Recomendação
Total de gordura	15-30% da energia total
Ácidos graxos saturados (SFA)	<10% da energia total
Ácidos graxos poliinsaturados (PUFAs)	6-10% da energia total
ω -6 PUFAs	5-8% da energia total
ácido linoleico (C18:2 ω -6)	17g/d para homens jovens e 12g/d para as mulheres
ω -3 PUFAs	1-2% da energia total
α -linolênico (C18:3 ω -3)	1,6g/dia para homens e 1,1g/d para mulheres
Ácidos graxos <i>trans</i> (TFA)	<1% da energia total
Ácidos graxos monoinsaturados (MUFAs)	Por diferença ^a
Colesterol	<300mg por dia
Relação ácidos PUFAs/SFA	1 a 1,5
Relação ω -6/ ω -3	4

*Fonte: adaptado de WHO (2003); DRI (2005), Kang *et al.* (2005); ^acálculo: total de gordura – (SFA + PUFAs + TFA).

1.3 Oxidação lipídica em carnes

Atualmente, a indústria da carne tenta oferecer ao consumidor produtos saudáveis, obtidos por diferentes estratégias como a melhoria da qualidade nutricional dos alimentos pela modificação da fração lipídica: aumentando assim, principalmente, os MUFAs e PUFAs. Porém, a elevada porcentagem de MUFAs e principalmente PUFAs torna estes produtos muito sensíveis à oxidação. A capacidade dos ácidos graxos, especialmente os poliinsaturados, para oxidar-se rapidamente influencia na vida de prateleira de carnes e produtos cárneos (SHEARD *et al.*, 2000; WOOD *et al.*, 2003).

A oxidação lipídica, geralmente, leva ao aparecimento do ranço, que é uma das principais razões da deterioração da qualidade de produtos à base de carne, principalmente devido ao seu alto conteúdo de gordura e das matérias-primas serem de natureza altamente cominuadas, bem como a possibilidade de congelamento a longo prazo, antes da utilização. Esta mudança irreversível contribui para o desenvolvimento de inaceitáveis características sensoriais e, é mais importante em produtos congelados e conservas de carne (GEORGANTELIS *et al.*, 2007).

A oxidação lipídica pode alterar as propriedades sensoriais dos produtos alimentícios, já que a gordura contribui para o aroma, textura, sabor e suculência do produto (MUGUERZA *et al.*, 2002; WEBB e O'NEILL, 2008). Além disso, a oxidação pode afetar o valor nutricional dos alimentos pela perda de vitaminas, ácidos graxos insaturados essenciais ou dar origem a compostos tóxicos nocivos à saúde humana (ANSORENA e ASTIASARÁN, 2004). Outra influência da oxidação nos produtos cárneos pode ser na formação de “*warmed-over flavour*” que é conhecido com um sabor desagradável (requeitado) que se desenvolve na carne cozida e refrigerada antes do reaquecimento (MORRISSEY *et al.*, 1994; GRAY *et al.*, 1996).

Esta oxidação produz numerosos compostos (hidroperóxidos, aldeídos, cetonas, óxidos de colesterol, etc), alguns dos quais acredita-se terem efeitos e propriedades mutagênicas, cancerígenas e citotóxicas. Nos ácidos graxos insaturados (oleico, linoleico e α -linolênico) (GRAY e PEARSON, 1984) a oxidação química forma peróxidos com os radicais livres, que podem reagir e formar danos nas proteínas, enzimas, outros lipídios e vitaminas. Os produtos de oxidação formados, geralmente, não são abundantes nos alimentos e estão bem abaixo do limiar de toxicidade. O limiar sensorial de detecção destes compostos é também muito baixo e, juntamente com seu cheiro e sabor desagradáveis, podem ser facilmente detectados pelo consumidor com rejeição dos alimentos. Este mecanismo é utilizado para proteger o organismo contra a exposição à altas concentrações destas

substâncias, mas o impacto a longo prazo, de pequenas quantidades ingeridas continuamente não é conhecido sobre a saúde humana (HOTCHKISS e PARKER, 1990).

A taxa de oxidação lipídica se eleva com o número de ligações duplas dos PUFA's, aumentando a probabilidade de afetar o sabor e o aroma da carne. Quanto maior a quantidade de ácidos graxos insaturados e o grau de insaturação, maior a suscetibilidade ao ranço e, conseqüentemente, menor será o tempo de armazenamento do produto congelado (KARWOWSKA e DOLATOWSKI, 2007).

A oxidação dos ácidos graxos da carne ocorre por meio da formação de radicais livres com posterior ataque à cadeia insaturada, envolvendo fases de iniciação, propagação e término (LABUZA e DUGAN, 1971).

Primeiramente, ocorre a reação dos radicais livres dos ácidos graxos com o oxigênio, havendo a formação dos peróxidos e hidroperóxidos, que são considerados os primeiros produtos formados na oxidação de gorduras (WONG e MAGA, 1995; ARAÚJO, 2004). A partir dos hidroperóxidos há a formação de produtos secundários como os aldeídos, cetonas, álcoois e ácidos sendo de grande importância para o desenvolvimento do odor característico do ranço.

O aldeído mais citado como produto da oxidação lipídica é o malonaldeído, que é um dialdeído de três carbonos, produzido durante a oxidação dos PUFA's (ARAÚJO, 2004).

Etapas de processamento também podem afetar a oxidação lipídica de várias maneiras. O tratamento térmico tem efeitos negativos sobre a estrutura celular, inativação de enzimas (incluindo aquelas com redução de atividade) liberando oxigênio da oxihemoglobina, criando desta forma as condições para produção de peróxido de hidrogênio. Cozinhar, especialmente

à baixas temperaturas por longos períodos, tem também o efeito de liberação de íons ferro de grupos heme (MEI *et al.*, 1994; MISTURA, 2006). Retalhamento, trituração e mistura modificam a estrutura muscular e, desta forma, aumentam a superfície exposta ao oxigênio e outros catalisadores de oxidação. O cloreto de sódio tem efeitos pró-oxidantes (KANNER, 1994) com mecanismos ainda obscuros. Porém, o cloreto de sódio pode reforçar o efeito de íons ferro por movê-los dos grupos prostéticos, para que estejam disponíveis para catálise oxidativa (NOVELLI *et al.*, 1998).

Hambúrgueres e bifes de bovinos, previamente alimentados com óleos de linhaça e peixe, foram formulados em pesquisas de Scollan *et al.* (2001) e Vatansever *et al.* (2000). A oxidação lipídica nos bifes aumentou no 8º e 11º dias de exposição a 4°C, e foi especialmente elevada nos bifes obtidos dos animais alimentados com óleo de peixe, excedendo o valor de 2mg de malonaldeído por kg de carne (considerado como limite). Nos hambúrgueres a oxidação foi muito mais acentuada, atingindo um valor de TBARS (substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico) de 2mg de malonaldeído por kg em apenas 3 dias (VATANSEVER *et al.*, 2000).

Pelser *et al.* (2007) estudaram salames fermentados fabricados com uma substituição de até 20% do toucinho suíno por óleo de linhaça, óleo de canola e adição de linhaça e óleo de peixe encapsulado. A adição de óleo de canola e óleo de linhaça encapsulado resultou em uma vida de prateleira comparável com o controle em termos de oxidação lipídica. Nas amostras com adição de óleo de linhaça, a oxidação lipídica aumentou durante o armazenamento.

As substâncias antioxidantes são adicionadas à carne “*in natura*” e carnes processadas para prevenir o ranço oxidativo, retardar o desenvolvimento de “*off-flavors*” e melhorar a estabilidade da cor (NAM e AHN, 2003). Antioxidantes sintéticos e naturais (OKADA *et al.*, 1990), como a vitamina E (MERCIER *et al.*, 1998), extrato de alecrim (*Rosmarinus officinalis*

L.) (SEBRANEK *et al.*, 2005) e extrato de semente de uva (SÁYAGO-AYERDI *et al.*, 2009), entre outros, com atividades diretas nos radicais livres, podem ajudar a proteger o hambúrguer bovino da oxidação lipídica (AHN *et al.*, 2002).

1.4 Caracterização e propriedades da linhaça dourada (*Linum Usitatissimum* L.) e derivados

A linhaça é uma cultura antiga que tem sido utilizada em alimentos, fibras e tecidos. Cerca de 200 espécies de *Linum* (linho ou linhaça) são conhecidas (CARTER, 1993). Na América do Norte, o termo preferido para linhaça é o linho (usado mais para tecidos), enquanto que os europeus usam o termo linho oleaginoso comestível (MORRIS e VAISEY-GENSER, 2003). Seu nome botânico é *Linum Usitatissimum* e pertence à família *Linaceae* (MORRIS e VAISEY-GENSER, 2003; TRUCOM, 2006), sendo muito utilizada no consumo humano e também animal. Os primeiros registros históricos da linhaça informam seu aparecimento em 9000-8000 a.C. no Irã (HELBAEK, 1969), Turquia (VAN ZEISTE, 1972), Síria (HILLMAN, 1975, 1989) e na Jordânia (HOPF, 1969; ROLLEFSON *et al.*, 1985).

A produção mundial se encontra entre 2.300.000 e 2.500.000 toneladas anuais, sendo o Canadá o principal produtor, com 930.100 mil toneladas até dezembro de 2009 (FLAX COUNCIL OF CANADÁ, 2010), seguido dos Estados Unidos, Índia e China, Ucrânia, Rússia, Bélgica, França e Alemanha (TRUCOM, 2006). Na América do Sul, o maior produtor é a Argentina, com cerca de 80 mil toneladas por ano, enquanto o Brasil produz 21 mil toneladas por ano (ACEITES e GRASAS, 2000; GÓMEZ, 2003), sendo que o consumo em 2006 foi de 1.700 toneladas. Até 2005, existia no Brasil somente o plantio da variedade de cor marrom-avermelhada. No entanto, no final de 2006 ocorreu a primeira colheita de 100 toneladas, da variedade dourada que até então era importada do Canadá (TRUCOM, 2006).

A linhaça, no Brasil, é produzida principalmente no noroeste gaúcho, sendo utilizada na fabricação de tecidos, óleos para tinturas, cosméticos, medicamentos e para a alimentação tanto animal, quanto humana (TRUCOM, 2006).

As sementes de linhaça apresentam duas variedades – marrom e dourada. A marrom é cultivada em regiões de clima quente e úmido, como o Brasil, e a dourada, em regiões frias como o norte dos Estados Unidos e o Canadá. No cultivo da linhaça marrom são utilizados agrotóxicos, o que não ocorre com a variedade dourada (CAMPOS, 2007; LIMA, 2008).

Conforme explicam WHO e FAO (1995), Morris e Vaisey-Genser (2003) e Roy *et al.* (2007), a linhaça é comercializada, principalmente, como uma semente lisa inteira ou moída grosseiramente na forma de farinha. Outro derivado é o óleo de linhaça vendido em garrafas ou cápsulas. Este óleo, para o mercado de alimentos saudáveis, é produzido por “pressão a frio” (ou bruto) da semente de linhaça onde a temperatura máxima permitida é de 35°C. Possui coloração amarelo-dourado, marrom ou âmbar, e apresenta-se mais viscoso que a maioria dos demais óleos vegetais. Tal fato explica-se pelo seu elevado teor de ácidos graxos insaturados (principalmente os ω -3) (TRUCOM, 2006). Normalmente é engarrafado em recipientes à prova de luz para evitar a oxidação fotoquímica e refrigerado para limitar a auto-oxidação (MORRIS e VAISEY-GENSER, 2003; ROY *et al.*, 2007).

A história mostra que a linhaça tem sido utilizada como ingrediente em cereais matinais e pães, no entanto, desde a década de 1990, uma série de produtos contendo linhaça foram desenvolvidos, principalmente para o mercado de alimentos saudáveis. O interesse renovado na linhaça como fonte de alimentos é devido aos resultados que sugerem que este alimento pode fornecer uma variedade de benefícios para a saúde, sendo considerada como funcional (THOMPSON e CUNNANE, 2003). Os componentes que contribuem para os benefícios à saúde incluem lignanas (diglicosídeo secoisolariciresinol -

SDG, que é considerado um potente fitoestrógeno) (SPENCE *et al.*, 2003) ácido α -linolênico e polissacarídeos (goma ou fibra).

As sementes da cor marrom e dourada são praticamente idênticas em seu conteúdo de nutrientes. As diferenças na composição química entre elas são pequenas e, provavelmente, resultado de diferenças nas condições de cultivo (CANADIAN GRAIN COMMISSION, 2001). A cor das sementes é determinada pela quantidade de pigmentos presentes, um recurso que pode ser alterado através de práticas de reprodução normal da planta (MORRIS, 2007). Ressalta-se que as condições de armazenamento podem afetar a cor das sementes, alterando o seu uso final.

A linhaça é uma semente oleaginosa que contém grande quantidade de óleo, fibra dietética e proteínas. Sua composição em média é de 41% de gordura, 28% de fibra alimentar total, 20% de proteína, 7,7% de umidade, 3,5% de cinzas e 1% de açúcares simples. A quantidade de gordura na linhaça pode variar de 34-47%, dependendo da localização, cultivo e condições ambientais (OOMAH e MAZZA, 1998; MORRIS e VAISEY-GENSER, 2003; DAUN *et al.*, 2003; FITZPATRICK, 2006). Geadas precoces ou tardias, calor ou períodos de seca podem ter efeitos negativos sobre a qualidade da semente (DAUN *et al.*, 2003) ou, significativamente, menores teores de óleo (GUBBELS *et al.*, 1994). Além disso, concentrações mais elevadas de ácido palmítico, linoleico e α -linolênico e menor de ácido oleico foram observadas prejudicando as sementes.

Com seu perfil único de ácidos graxos, a linhaça, é bastante pobre em ácidos graxos saturados. Dos ácidos graxos totais da linhaça, 9% são saturados, sendo que o nível de MUFAs desejáveis é modesto, em torno de 18% e ótimo perfil de PUFA's, em média 73% (MORRIS E VAISEY-GENSER, 2003; MORRIS, 2007; MADHUSUDHAN, 2009).

O ácido α -linolênico é responsável por 40% a 60% do total de ácidos graxos do óleo da linhaça, fazendo deste alimento uma das mais ricas fontes deste nutriente (MADHUSUDHAN, 2009). O ácido linoleico está presente em uma quantidade menor (16%). Devido ao elevado teor de α -linolênico, a linhaça tem uma relação ω -6/ ω -3 de 0.3:1, sendo muito favorável (MORRIS e VAISEY-GENSER, 2003).

Em relação ao perfil de aminoácidos, as proteínas da linhaça apresentam teores elevados de arginina, ácido aspártico e ácido glutâmico, enquanto a lisina, metionina e cistina são os aminoácidos encontrados em menores quantidades, sendo também deficientes em aminoácidos sulfurados (HALL *et al.*, 2006).

Quanto aos carboidratos, a semente de linhaça, apesar de conter cerca de 30% de carboidratos totais, não pode ser considerada um alimento glicêmico, pois é isenta de amidos e contém baixo teor de açúcar: 1 a 2%, dependendo da variedade. Os outros carboidratos da linhaça (fibras dietéticas) não são alterados pelo processo digestivo (TRUCOM, 2006). A linhaça fornece cerca de 28 a 40% de seu peso total de fibra alimentar por 100g de peso seco (CASTRO *et al.*, 2005; RUDKOWSKA e JONES, 2007). Um terço da fibra da linhaça é solúvel (6 a 11g/100g) em água, consistindo principalmente de goma e mucilagem. Os dois terços restantes são insolúveis (17 a 22g/100g) e, são constituídos, principalmente, de polissacarídeos não gomosos como celulose e lignina (MORRIS e VAISEY-GENSER, 2003; MORRIS, 2007).

Em sementes oleaginosas, compostos fenólicos ocorrem como derivados hidroxilados dos ácidos benzóico e cinâmico, cumarinas e compostos flavonóides. A linhaça contém 35 a 70mg de flavonóides/100g (RIBEREAU-GAYON, 1972; OOMAH e MAZZA, 1998). Oomah *et al.* (1995) relataram que o total de ácido fenólico em oito cultivares canadense variou de 790 a 1030mg/100g.

A linhaça é composta por glicosídeos cianogênicos, que são um grupo de substâncias naturais encontradas em mais de 2500 espécies de plantas que podem liberar o cianeto, uma substância prejudicial, sob certas condições. Não há evidências claras de que os glicosídeos cianogênicos representam um problema grave para a saúde. Métodos de processamento, principalmente a cocção, aparentemente, destroem ou volatinizam estes compostos (MORRIS e VAISEY-GENSER, 2003).

Tocoferóis também estão presentes na linhaça e consistem em isômeros α , β , γ , e δ , sendo considerados antioxidantes eficazes. Oomah *et al.* (1997) observaram que o γ -tocoferol (9,04mg/100g de sementes) foi o isômero predominante nos cultivares de linhaça canadense. Relatam também que o conteúdo γ -tocoferol na linhaça está relacionado ao alto conteúdo de ácido α -linolênico.

Os maiores esteróis na linhaça são estigmasterol, campesterol e δ -5 avenasterol (DAUN *et al.*, 2003). O conteúdo de esqualeno no óleo de linhaça foi relatado como 4mg/100g de óleo. O esqualeno é um composto intermediário na biossíntese de esteróis das plantas que tem efeitos protetores nos lipídios, inativando os radicais livres (DESSI *et al.*, 2002).

A linhaça, também contém pequenas quantidades de vitaminas lipossolúveis A, D, E e K e hidrossolúveis como a niacina e folato e minerais como potássio e fósforo (MORRIS e VAISEY-GENSER, 2003; DAUN *et al.*, 2003), que podem variar de acordo com a variedade, cultivo e meio ambiente (COSKUNER e KARABABA, 2007).

Em relação aos aspectos sensoriais, Oomah (2001) e Hall e Schwarz (2002) descrevem que a linhaça apresenta sabor agradável de nozes e cereais, ligeiramente amargo (CARTER, 1996; MORRIS e VAISEY-GENSER, 2003). No entanto, as características sensoriais não foram bem avaliadas e a preferência no consumo de linhaça é largamente dependente da qualidade das sementes.

Aparência, cor e atributos de sabor podem ser variáveis dependendo do cultivar e condições de crescimento. A linhaça inteira fornece crocância e mastigabilidade, características de textura que são menos pronunciadas sob a forma de farinha (MORRIS e VAISEY-GENSER, 2003).

A moagem da linhaça aumenta a liberação dos voláteis, podendo gerar aumento no sabor e a acessibilidade aos glicosídeos cianogênicos e componentes fenólicos que podem então, ser mais facilmente detectados pelos provadores sensoriais, pois podem contribuir para o amargor (CHIWONA-KARLTUN *et al.*, 2004).

Este alimento tem sido correlacionado com a redução no risco de doença cardiovascular (PAN *et al.*, 2009; ABDEL-RAHMAN *et al.*, 2009), hiperlipidemias (ABDEL-RAHMAN *et al.*, 2009), diminuição do risco de câncer (THOMPSON *et al.*, 2005; ABDEL-RAHMAN *et al.*, 2009), atividade antiviral e bactericida (ADLERCREUTZ *et al.*, 1986), atividade anti-inflamatória (RANICH *et al.*, 2001; ZHAO *et al.*, 2004), efeito laxante (CUNNANE *et al.*, 1995) e de prevenção dos sintomas da menopausa e osteoporose (KURZER e XU, 1997; GRIEL *et al.*, 2007).

A semente inteira ou moída pode ser utilizada em vários produtos alimentares, como pães e biscoitos (MACIEL *et al.*, 2008), macarrão (LEE e LIP *et al.*, 2003), doces e chocolates (KOZLOWSKA, 1989), cereais, coberturas de saladas (CARTER, 1993), lanches “*in natura*” ou torrados (AHMED, 1999; TULBEK *et al.*, 2004), bolos (LEE *et al.*, 2004), sorvetes (HALL e SCHWARZ, 2002), iogurte (HALL *et al.*, 2004) e atualmente em carne e produtos cárneos (VALENCIA *et al.*, 2008; SANTOS *et al.*, 2008; GUILLEVIC *et al.*, 2009).

Morris e Vaisey-Genser (2003) destacaram recomendações ideais quanto ao consumo diário de linhaça, para alcançar as ingestões de ácidos graxos ω -3 e ω -6, com uma ótima razão entre ω -6/ ω -3. Assim, porções de 8g (1 colher de sopa) de semente de linhaça moída ou 2,5g (1/2 colher chá) de

óleo de linhaça por dia, oferecem as quantidades desejadas. Entretanto, Tarpila *et al.* (2002) referem que o consumo de linhaça na dieta diária de até 20% de energia total tem sido recomendado para seu efeito na promoção da saúde.

Deve-se ressaltar no entanto, que a promoção à saúde advinda do consumo desses níveis recomendados de linhaça depende da atividade das enzimas envolvidas na conversão do ácido linoleico em seus derivados EPA e DHA. Observa-se também, que a competição com os ácidos graxos ω -6 pode reduzir a quantidade de α -linolênico convertido (CHAN *et al.*, 1993). Portanto, é recomendada a redução dos ω -6 quando os ω -3 são aumentados na dieta (SIMOPOULOS *et al.*, 1999).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDEL-RAHMAN, M.K. et al. Re-evaluation of individual and combined garlic and flaxseed diets on hyperlipidemic rats. **Pakistan Journal of Nutrition**, v.8, n.1, p.1-8, 2009.

ABIEC - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNE. **Estatísticas**. Disponível em: <<http://www.abiec.com.br>> Acesso em: 15 mar. 2010.

ACEITES & GRASAS. Lino, una oleaginosa con historia. Aceites & Grasas, v.38, p.59-72, 2000. In: TURATTI, J.M. **Óleos vegetais como fonte de alimentos funcionais**. Óleos e Grãos, 2000. set./out., n.56, p.20-27.

ADRIZZO, J.R. Use of goat milk and goat meat as therapeutic aids in cardiovascular diseases. **Meat goat production handbook**. 1999. Disponível em: <<http://goats.clemison.edu/mc%20handbook/health.htm>> Acesso em: 17 set. 2010.

AHMED, S.Z. Physico-chemical, structural and sensory quality of corn-based flax-snack. **Nahrung**, v.43, n.4, p.253-258, 1999.

AHN, J.H.; GRUN, I.V.; FERNANDO, L.N. Antioxidant properties of natural plants extract containing polyphenolic compounds in cooked ground beef. **Journal of Food Science**, v.67, n.4, p.1364–1368, 2002.

AHRENS, E.H. et al. The influence of dietary fats on serum-lipid levels in man. **Lancet**, v.1, n.1, p.943-953, 1957.

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.

ANSORENA, D.; ASTIASARÁN, I. Effect of storage and packaging on fatty acid composition and oxidation in dry fermented sausages made with added olive oil and antioxidants. **Meat Science**, v.67, n.2, p.237–244, 2004.

ANUALPEC. **Anuário da Pecuária Brasileira**. São Paulo: Instituto FNP, 2007. 368p.

APPEL, L.J. et al. Does supplementation of diet with 'fish oil' reduce blood pressure? A metaanalysis of controlled clinical trials. **Archives of Internal Medicine**, v.153, n.12, p.1429-1438, 1993.

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

ARIHARA, K. et al. Antihypertensive activities generated from porcine skeletal muscle proteins by lactic acid bacteria. In: ARIHARA, K. et al. (Eds.). **Abstracts of 50th international congress of meat science and technology**. Finland: Helsinki, 2004. p.236.

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

BAGGIO, S.R.; BRAGAGNOLO, N. Validação da metodologia para a determinação simultânea, por CLAE, de colesterol e óxidos de colesterol em produtos cárneos processados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.24, n.1, p.64–70, 2004.

BALK, E.M. et al. Effects of omega-3 fatty acids on serum markers of cardiovascular disease risk: a systematic review. **Atherosclerosis**, v.189, n.1, p.19–30, 2006.

BARCELÓ-COBLIJN, G. et al. Gene expression and molecular composition of phospholipids in rat brain in relation to dietary n-6 to n-3 fatty acid ratio. **Biochimica et Biophysica Acta**, v.1632, n.1-3, p.72–79, 2003.

BARCELÓ-COBLIJN, G.; MURPHY, E.J. Alpha-linolenic acid and its conversion to longer chain n-3 fatty acids: Benefits for human health and a role in maintaining tissue n-3 fatty acid levels. **Progress in Lipid Research**, v.48, n.6, p.355–374, 2009.

BAUDET, M.F. et al. Modification in the composition and metabolic properties of human low density and high density lipoproteins by different dietary fats. **Journal of Lipid Research**, v.25, n.5, p.456-468, 1984.

BEAULIEU, A.D.; DRACKLEY, J.K.; MERCHEN, N.R. Concentrations of conjugated linoleic acid (cis-9, trans-11-octadecadienoic acid) are not increased in tissue lipids of cattle fed a high-concentrate diet supplemented with soybean oil. **Journal Animal of Science**, v.80, n.3, p.847-861, 2002.

BEMELMANS, W.J. et al. Increased alpha-linolenic acid intake lowers C-reactive protein, but has no effect on markers of atherosclerosis. **European Journal of Clinical Nutrition**, v.58, n.7, p.1083–1089, 2004.

BERRY, B.W. Fat level, high temperature cooking and degree of doneness affect sensory, chemical and physical properties of beef patties. **Journal of Food Science**, v.59, n.1, p.10-14, 1994.

BERRY, B.W.; ABRAHAM, H.C. Sensory, shear force and cooking properties of commercially processed ground beef patties. **Food Quality and Preference**, v.7, n.1, p.55–59, 1996.

BESSA, R.J.B. et al. Effect of lipid supplementation on growth performance, carcass and meat quality and fatty acid composition of intramuscular lipids of lambs fed dehydrated lucerne or concentrate. **Livestock Production Science**, v.96, n.2-3, p.185–194, 2005.

BESSA, R.J.B. et al. Effect of lipid supplements on ruminal biohydrogenation intermediates and muscle fatty acids in lambs. **European Journal of Lipid Science Technology**, v.109, n.8, p.868–878, 2007.

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

BNF - BRITISH NUTRITION FOUNDATION. **Meat in the diet**. London: The British Nutrition Foundation, 1990.

BONANOME, A.; BENNETT, M.; GRUNDY, S.M. Metabolic effects of dietary stearic acid in mice: changes in the fatty acid composition of triglycerides and phospholipids in various tissues. **Atherosclerosis**, v.94, n.2-3, p.119-127, 1992.

BONANOME, A.; GRUNDY, S.M. Effect of dietary stearic acid on plasma cholesterol and lipoprotein levels. **The New England Journal of Medicine**, v.318, n.19, p.1244-1248, 1988.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. **Portaria nº 27:** Regulamento técnico sobre a informação nutricional complementar de 13 de janeiro de 1998. Disponível em: http://www.engetecno.com.br/port/legislacao/geral_inf_nutr_complementar.htm> Acesso em: 17 set. 2010.

BROWN, S.A. et al. Influence of short term dietary cholesterol and fat on human plasma Lp[a] and LDL levels. **Journal Lipid Research**, v.32, n.8, p.1281–1294, 1991.

BRUSSAARD, J.H. et al. Effects of amount and type of dietary fat on serum lipids, lipoproteins and apolipoproteins in man: A controlled 8-week trial. **Atherosclerosis**, v.36, n.4, p.515-527, 1980.

BUCKLEY, R. et al. Circulating triacylglycerol and apoE levels in response to EPA and docosahexaenoic acid supplementation in adult human subjects. **The British journal of nutrition**, v.92, n.3, p.477–483, 2004.

BURDGE, G.C.; CALDER, P.C. Dietary alpha-linolenic acid and health-related claims: a metabolic perspective. **Nutrition Research Reviews**, v.19, n.1, p.26–52, 2006.

CALABRESI, L. et al. An omega-3 polyunsaturated fatty acid concentrate increases plasma high-density lipoprotein 2 cholesterol and paraoxonase levels in patients with familial combined hyperlipidemia. **Metabolism**, v.53, n.2, p.153-158, 2004.

CALDER, P.C. N-3 polyunsaturated fatty acids, inflammation, and inflammatory diseases. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.83, 6 suppl, p.1505S–1519S, 2006.

CALON, F. et al. Docosahexaenoic acid protects from dendritic pathology in an Alzheimer's disease mouse model. **Neuron**, v.43, n.5, p.633-645, 2004.

CAMPOS, C.M.O. **Resposta técnica**. Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais – CETEC, 21 de março de 2007. 4p.

CANADIAN GRAIN COMMISSION. **Canada Western flaxseed and of yellow flaxseed samples**. Nutritional profile of n.1 Winnipeg, Manitoba: Can. Grain Comm., 2001.

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.753–759, 1993.

CARTER, J.F. Sensory evaluation of flaxseed of different varieties. **Proceedings Flax Institute**, v.56, n.1, p.201-203, 1996.

CASTRO, I.A.; BARROSO, L.P.; SINNECKER, P. Functional foods for coronary heart disease risk reduction: a meta-analysis using a multivariate approach. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.82, n.1, p.32-40, 2005.

CENGIZ, E.; GOKOGLU, N. Changes in energy and cholesterol contents of frankfurter – type sausages with fat reduction and fat replacers addition. **Food Chemistry**, v.91, n.3, p.443-447, 2005.

CHAIT, A. et al. Reduction of serum triglyceride levels by polyunsaturated fat. Studies on the mode of action and on very low density lipoprotein composition. **Atherosclerosis**, v.20, n.2, p.347-364, 1974.

CHAN, J.K. et al. Effect of dietary alpha-linolenic acid and its ratio to linoleic acid on platelet and plasma fatty acids and thrombogenesis. **Lipids**, v.28, n.9, p.811-817, 1993.

CHAVARRO, J.E. Dietary fatty acid intakes and the risk of ovulatory infertility. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.85, n.1, p.231-237, 2007.

CHIWONA-KARLTUN, L. et al. Bitter taste in cassava roots correlates with cyanogenic glucoside levels. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.84, n.6, p.581-590, 2004.

COFRADES, S. et al. 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.

CONFORTI, F.D.; DAVIS, S.F. The effect of soya flour and flaxseed as a partial replacement for bread flour in yeast bread. **International Journal of Food Science and Technology**, v.41, 2 suppl, p.95-101, 2006.

CONIGLIO, J.G. How does fish oil lower plasma triglycerides? **Nutrition Reviews**, v.50, n.7, p.195-206, 1992.

COOPER, S.L. et al. Manipulation of the n-3 polyunsaturated fatty acid content of muscle and adipose tissue in lambs. **Journal of Animal Science**, v.82, n.5, p.1461-1470, 2004.

CORTESE, C. et al. Modes of action of lipid lowering diets in man: studies of apolipoprotein B kinetics in relation to fat consumption and dietary fatty acid composition. **European Journal of Clinical Investigation**, v.13, n.1, p.79-85, 1983.

COSKUNER, Y.; KARABABA, E. Some physical properties of flaxseed (*linum usitatissimum* L.). **Journal of Food Engineering**, v.78, n.3, p.1067-1073, 2007.

COVINGTON, M.B. Omega-3 fatty acids. **American Family Physician**, v.70, n.1, p.133-140, 2004.

CRANE, L.J.; MILLER, D.L. Plasma protein induction by isolated hepatocytes. **Molecular and Cellular Biochemistry**, v.53-54, n.1-2, p. 89-109, 1983.

CUNNANE, S.C. et al. Nutritional attributes of traditional flaxseed in healthy young adults. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.61, n.1, p.62-68, 1995.

CURTIS, C.L. et al. Pathologic indicators of degradation and inflammation in human osteoarthritic cartilage are abrogated by exposure to n-3 fatty acids. **Arthritis and Rheumatism**, v.46, n.6, p.1544-1553, 2002.

DAUN, J.K. et al. Structure, composition, and variety development of flaxseed, 1-40p. In: THOMPSON, L.U.; CUNNANE, S.C. (Eds.). **Flaxseed in Human Nutrition**. 2 ed. Champaign IL.: AOCS Press, 2003. p.1-40.

DE BACKER, G. et al. European guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice. Third joint task force of European and other societies on cardiovascular disease prevention in clinical practice. **European Heart Journal**, v.24, n.17, p.1601-1610, 2003.

DE DECKERE, E.A. et al. Health aspects of fish and n-3 polyunsaturated fatty acids from plant and marine origin. **European Journal of Clinical Nutrition**, v.52, n.10, p.749-753, 1998.

DEMIREL, G. et al. Effects of dietary n-3 polyunsaturated fatty acids, breed and dietary vitamin E on the fatty acids of lamb muscle, liver and adipose tissue. **British Journal of Nutrition**, v.91, n.4, p.551-565, 2004.

DENKE, M.A.; GRUNDY, S.M. Effects of fats high in stearic acid on lipid and lipoprotein concentrations in men. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.54, n.6, p.1036-1040, 1991.

DENKE, M.A; GRUNDY, S.M. Comparison of effects of lauric acid and palmitic acid on plasma lipids and lipoproteins. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.56, n.1, p.895–898, 1992.

DEPARTMENT OF HEALTH. Report on health and social subjects nº46. **Nutritional Aspects of Cardiovascular Disease**. HMSO: London, 1994. 178p.

DESSI, M.A. et al. Oxidative stability of polyunsaturated fatty acids: effect of squalene. **European Journal of Lipid Science**, v.104, n.8, p.506-512, 2002.

DEWEY, A. et al. Eicosapentaenoic acid (EPA, an omega-3 fatty acid from fish oils) for the treatment of cancer cachexia. **Cochrane Database of Systematic Reviews**, n.1, p.CD004597, 2007.

DOMINGO, J.L. Omega-3 fatty acids and the benefits of fish consumption: Is all that glitters gold?. **Environment International**, v.33, n.7, p.993–998, 2007.

DRI - DIETARY REFERENCE INTAKES. **Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein, and Amino Acids (Macronutrients)**. 2005. Disponível em: <<http://search.nap.edu/nap/cgi/de.cgi?term=fiber>> Acesso em: 23 jul. 2010.

DZUDIE, T. et al. Lipid sources and essential oils effects on quality and stability of beef patties. **Journal of Food Engineering**, v.65, n.1, p.67-72, 2004

EATON, S.B. et al. Dietary intake of longchain polyunsaturated fatty acids during the paleolithic. **World Review of Nutrition and Dietetics**, v.83, n.1, p.12–23, 1998.

EGERT, S. et al. Dietary alpha-linolenic acid, EPA, and DHA have differential effects on LDL fatty acid composition but similar effects on serum lipid profiles in normolipidemic humans. **The Journal of Nutrition**, v.139, n.5, p.861–868, 2009.

ERITSLAND, J. Safety considerations of polyunsaturated fatty acids. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.71, n.1, p.197-201, 2000.

ESTELLER, M.S.; PITOMBO, R.N.M.; LANNES, S.C.S. Effect of freeze-dried gluten addition on texture of hamburger buns. **Journal of Cereal Science**, v.41, n.1, p.19-21, 2005.

FARINOTTI, M. et al. Dietary interventions for multiple sclerosis. **Cochrane Database of Systematic Reviews**, n.1, p.CD004192, 2007.

FAROUK, M.M. et al. Instrumental and sensory measurement of beef patty and sausage texture. **Journal of Muscle Foods**, v.10, n.1, p.17–28, 1999.

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

FITZPATRICK, K. **North America Flax Facts Important Questions & Answers For Improved Health and Nutrition**. 2 ed. Revised May 2006. Disponível em: <http://www.ameriflax.com/UserFiles/Image/Flax_Facts_II.pdf>. Acesso em: 29 jul. 2010.

FLAX COUNCIL OF CANADA. **Statistics**. 2010. Disponível em: <<http://www.flaxcouncil.ca/english/index.jsp?p=statistics2&mp=statistics>>. Acesso em: 14 jul. 2010.

FLEURENCE, J. et al. Fatty-acids from 11 marine macroalgae of the French Brittany coast. **Journal of Applied Psychology**, v.6, n.5–6, p.527–532, 1994.

FLEURENCE, J. Seaweed proteins: Biochemical, nutritional aspects and potential uses. **Trends in Food Science and Technology**, v.10, n.1, p.25–28, 1999.

FUENTES, F. et al. Chronic effects of a high-fat diet enriched with virgin olive oil and a low-fat diet enriched with alpha-linolenic acid on postprandial endothelial function in healthy men. **The British Journal of Nutrition**, v.100, n.1, p.159–165, 2008.

GARCIA, M.L. et al. Utilization of cereal and fruit fibres in low fatty dry fermented frankfurters. **Meat Science**, v.60, n.3, p.227–236, 2002.

GARG, M. et al. Means of delivering recommended levels of long chain n-3 polyunsaturated fatty acids in human diets. **Journal of Food Science**, v.71, n.5, p.66–71, 2006.

GEBAUER, S.K. et al. N-3 fatty acid dietary recommendations and food sources to achieve essentiality and cardiovascular benefits. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.83, 6 suppl, p.1526S–1535S, 2006.

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

GIESE, J. Developing low-fat meat products. **Food Technology**, v.46, n.4, p.100–108, 1992.

GIVENS, D.I. The role of animal nutrition in improving the nutritive value of animal-derived foods in relation to chronic disease. **Proceedings of the Nutrition Society**, v.64, n.3, p.395–402, 2005.

GIVENS, D.I.; GIBBS, R.A. Very long chain n-3 polyunsaturated fatty acids in the food chain in the UK and the potential of animal-derived foods to increase intake. **Nutrition Bulletin**, v.31, n.2, p.104–110, 2006.

GIVENS, D.I.; KHEM, K.E.; GIBBS, R.A. The role of meat as a source of n-3 polyunsaturated fatty acids in the human diet. **Meat Science**, v.74, n.1, p.209-218, 2006.

GLICKSMAN, M. Hydrocolloids and the research for the “oil grail”. **Food Technology**, v.10, n.1, p.94-96, 1991.

GÓMEZ, M. E. D. B. **Modulação da composição de ácidos graxos poliinsaturados ômega 3 de ovos e tecidos de galinhas poedeiras, através da dieta. I. Estabilidade oxidativa.** São Paulo, 2003. 149 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos), Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo - USP.

GOYENS, P.L. et al. Conversion of alpha-linolenic acid in humans is influenced by the absolute amounts of alpha-linolenic acid and linoleic acid in the diet and not by their ratio. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.84, n.1, p.44–53, 2006.

GRAY, I.J.; PEARSON, A.M. Cured meat flavor. **Advances in Food Research**, v.29, n.1, p.1-86, 1984.

GRAY, J.I.; GOMAA, E.A.; BUCKLEY, D.J. Oxidative quality and shelf life of meats. **Meat Science**, v.43, 1 suppl, p.111-123, 1996.

GRIEL, A.E. et al. An increase in dietary n-3 fatty acids decreases a marker of bone resorption in humans. **Nutrition Journal**, v.6, n.1, p.2–10, 2007.

GRUNDY, S.M. Effects of polyunsaturated fats on lipid metabolism in patients with hypertriglyceridemia. **The Journal of Clinical Investigation**, v.55, n.2, p.269-82, 1975.

GRUNDY, S.M. Influence of stearic acid on cholesterol metabolism relative to other long-chain fatty acids. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.60, 6 suppl, p.986S-990S, 1994.

GRUNDY, S.M. Multifactorial etiology of hypercholesterolemia. Implications for prevention of coronary heart disease. **Arteriosclerosis and Thrombosis**, v.11, n.6, p.1619-1635, 1991.

GRUNDY, S.M.; VEGA, G.L. Plasma cholesterol responsiveness to saturated fatty acids. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.47, n.5, p.822-824, 1988.

GUBBELS, G.H.; BONNER, D.M.; KENASCHUK, E.O. Effect of frost injury on quality of flax seed. **Canadian Journal of Plant Science**, v.74, n.2, p.331-333, 1994.

GUILLEVIC, M.; KOUBA, M.; MOUROT, J. Effect of a linseed diet on lipid composition, lipid peroxidation and consumer evaluation of French fresh and cooked pork meats. **Meat Science**, v.81, n.4, p.612-618, 2009.

HALL, C. et al. Flaxseed in yogurt: Lignan stability and effect on processing. In: **"Proceedings of the 60th Flax institute of the United States"**. Fargo, ND, 2004. p.1-7.

HALL, C.; SCHWARZ, J. Functionality of flaxseed in frozen desserts—Preliminary report. FLAX – A Health and Nutrition Primer 103. **Proceedings Flax Institute**, v.59, p.21-24, 2002.

HALL, III.C.; TULBEK, M.C.; XU, Y. Flaxseed. In: TAYLOR, S. (Ed.). **Advances in food and nutrition research (51)**. San Diego, CA, USA: Academic Press, 2006. Chapter 1, p.1-97.

HANSEN, S.N.; HARRIS, W.S. New evidence for the cardiovascular benefits of long chain omega-3 fatty acids. **Current atherosclerosis reports**, v.9, n.6, p.434-440, 2007.

HARPER, A.E. Dietary guidelines challenge animal product consumption. **Feedstuffs**, v.65, n.32, p.13-17, 1993.

HARPER, C.R.; EDWARDS, M.C.; JACOBSON, T.A. Flaxseed oil supplementation does not affect plasma lipoprotein concentration or particle size in human subjects. **The Journal of Nutrition**, v.136, n.11, p.2844-2848, 2006.

HARRIS, W.S. N-3 fatty acids and serum lipoproteins: human studies. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.65, 5 suppl, p.1645S-1654S, 1997.

HARRIS, W.S.; PARK, Y.; ISLEY, W.L. Cardiovascular disease and long-chain omega-3 fatty acids. **Current Opinion in Lipidology**, v.14, n.1, p.9-14, 2003.

HARRIS, W.S.; VON SCHACKY, C. The Omega-3 Index: a new risk factor for death from coronary heart disease? **Preventive Medicine**, v.39, n.1, p.212-20, 2004.

HARTMAN, A.D. et al. Effect of sunflower seeds on performance, carcass quality, fatty acids and acceptability of pork. **Journal of Animal Science**, v.60, n.1, p.212–219, 1985.

HARTWEG, J. et al. Omega-3 polyunsaturated fatty acids (PUFA) for type 2 diabetes mellitus. **Cochrane Database of Systematic Reviews**, n.1, p.CD003205, 2008

HEGSTED, D.M. et al. Quantitative effects of dietary fat on serum cholesterol in man. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.17, n.5, p.281–295, 1965.

HELBÆK, H. Plant collecting, dry-farming, and irrigation agriculture in prehistoric Deh Luran. In: HOLE, F.; FLANNERY, K.; NEELY, J. (Eds.). **Prehistory and human ecology of the Deh Luran Plain**, Memoirs of the Museum of Anthropology, University of Michigan, 1969. p.386-426.

HIGGS, J.D. The changing nature of the red meat: 20 years of improving nutritional quality. **Trends in Food Science and Technology**, v.11, n.3, p.85–95, 2000.

HILLMAN, G.C.; COLLEDGE, S.M.; HARRIS, D.R. Plant-food economy during the Epipalaeolithic period at Tell Abu Hureyra. Syria: Dietary diversity, seasonality, and modes of exploitation. In: HARRIS D.R.; HILLMAN, O.H. (Eds.). **Foraging and Farming: The Evolution of Plant Exploitation**. London: Unwin & Hyman, 1989. p.240-268.

HILLMAN, O. The plant remains from Tell Abu Hureyra: A preliminary report. **Proceedings of the Prehistoric Society**, v.41, n.1, p.70-73, 1975.

HOELSCHER, L.M. et al. Effect of initial fat level and cooking method Cholesterol content and caloric value of ground beef patties. **Journal of Food Science**, v.52, n.4, p.882–885, 1987.

HOPF, M. Jericho Plant Remains. In: KENYON K.M.; HOLLAND T.A. (Eds.). **Excavations at Jericho**. London: British School of archaeology in Jerusalem, 1969. v.5, p.576-621.

HOPKINS, P.N. Effects of dietary cholesterol on serum cholesterol: a meta-analysis and review. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.55, n.6, p.1060–1070, 1992.

HOTCHKISS, J.H.; PARKER, R.S. Toxic compounds produced during cooking and meat processing. **Advances in meat research**, v.6, n.1, p.105–134, 1990.

HOWE, P. et al. Dietary intake of long-chain omega-3 polyunsaturated fatty acids: contribution of meat sources. **Nutrition**, v.22, n.1, p.47-53, 2006.

HOWE, P.R. Dietary fats and hypertension: focus on fish oil. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v.827, n.1, p.339-352, 1997.

HSU, S.Y.; YU, S.H. Comparisons on 11 plant oil fat substitutes for low-fat Kung-wans. **Journal of Food Engineering**, v.51, n.3, p.215-220, 2002.

ILLINGWORTH, D.R.; HARRIS, W.S.; CONNOR, W.E. Inhibition of low density lipoprotein synthesis by dietary omega-3 fatty acids in humans. **Arteriosclerosis**, v.4, n.3, p.270-275, 1984.

JAKOBSEN, K. Dietary modifications of animal fats: Status and future perspectives. **Fett Lipid**, v.101, n.12, p.475-483, 1999.

JAWA, R.S. et al. What is new in cytokine research related to trauma/critical care? **Journal of Intensive Care Medicine**, v.21, n.2, p.63-85, 2006.

JERÔNIMO, E. et al. Effect of dietary replacement of sunflower oil with linseed oil on intramuscular fatty acids of lamb meat. **Meat Science**, v.83, n.3, p.499-505, 2009.

JIMÉNEZ-COLMENERO, F. Healthier lipid formulation approaches in meatbased 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. Technologies for developing low-fat meat products-Review. **Trends in Food Science & Technology**, v.7, n.2, p.41-48, 1996.

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

JIMÉNEZ-COLMENERO, F.; REIG, M.; TOLDRÁ, F. New approaches for the development of functional meat products. In: NOLLET, L.M.L.; TOLDRÁ, F. (Eds.). **Advanced technologies for meat processing**. Boca Raton, FL: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2006. p.275-308.

JONES, K.W.; MANDIGO, R.W. Effects of chopping temperature on the microstruture of meat emulsions. **Food Microstructure**, n.47, n.6, p.63-72, 1982.

JUDD, J.T. et al. Effects of margarine compared with those of butter on blood lipid profiles related to cardiovascular disease risk factors in normolipemic adults fed

controlled diets. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.68, n.4, p.768–777, 1998.

KANG, M.J. et al. The effects of polyunsaturated:saturated fatty acids ratios and peroxidizability index values of dietary fats on serum lipid profiles and hepatic enzyme activities in rats. **British Journal of Nutrition**, v.94, n.4, p.526–532, 2005.

KANG, M.J.; LEE, E.K.; LEE, S.S. Effects of two P/S ratios with the same peroxidizability index value and antioxidants supplementation on serum lipid concentration and hepatic enzyme activities of rats. **Clinica Chimica Acta**, v.350, n.1-2, p.79–87, 2004.

KANNER, J. Oxidative processes in meat and meat products: Quality implications. **Meat Science**, v.36, n.1-2, p.169–189, 1994.

KARWOWSKA, M.; DOLATOWSKI, Z.J. Oxidation stability of comminuted meat products with oat addition. **Polish Journal of Food and Nutrition Sciences**, v.57, n.3, p.55-57, 2007.

KASIM-KARAKAS, S.E. et al. Metabolic and endocrine effects of a polyunsaturated fatty acid-rich diet in polycystic ovary syndrome. **The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism**, v.89, n.2, p.615–620, 2004.

KEYS, A. Coronary heart disease in seven countries. **Circulation**, v.41, 4 suppl, p.186S-195S, 1970.

KEYS, A. et al. The diet and 15-year death rate in the Seven Countries Study. **American Journal of Epidemiology**, v.124, n.6, p.903-915, 1986.

KEYS, A.; ANDERSON, J.T.; GRANDE, F. Serum cholesterol response to changes in the diet. IV. Particular saturated fatty acids in the diet. **Metabolism**, v.14, n.7, p.776-787, 1965a.

KEYS, A.; ANDERSON, J.T.; GRANDE, F. Serum cholesterol response to changes in the diet. I. Iodine value of dietary fat versus 2S-P. **Metabolism**, v.14, n.7, p.747-758, 1965b.

KHALIL, A.H. Quality characteristics of low-fat beef patties formulated with modified corn starch and water. **Food Chemistry**, v.68, n.1, p.61-68, 2000.

KIEN, C.L.; BUNN, J.Y.; UGRASBUL, F. Increasing dietary palmitic acid decreases fat oxidation and daily energy expenditure. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.82, n.2, p.320–326, 2005.

KINSELLA, J.E.; LOKESH, B.; STONE, R.A. Dietary n-3 polyunsaturated fatty acids and amelioration of cardiovascular disease: Possible mechanisms. **American Journal Clinical Nutrition**, v.52, n.1, p.1-28, 1990.

KITESSA, S.M. et al. Influence of duration of supplementation with ruminally protected linseed oil on the fatty acid composition of feedlot lambs. **Animal Feed Science and Technology**, v.151, n.3, p.228–239, 2009.

KOCA, A.F.; ANIL, M. Effect of flaxseed and wheat flour blends on dough rheology and bread quality. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.87, n.6, p.1172–1175, 2007.

KOLANOWSKI, W.; LAUFENBERG, G. Enrichment of food products with polyunsaturated fatty acids by fish oil addition. **European Food Research and Technology**, v.222, n.3-4, p.472-477, 2006.

KOLB, N. et al. Evaluation of marine algae wakame (*Undaria pinnatifida*) and kombu (*Laminaria digitata japonica*) as food supplements. **Food Technology and Biotechnology**, v.42, n.1, p.57–61, 2004.

KOZLOWSKA, J. The use of flax seed for food purposes. In: KOZLOWSKA, R. (Ed.). **“Flax in Europe Production and Processing**. Proceedings of the European Regional Workshop on Flax” Poznan, Poland, 1989. p.189-199.

KRIS-ETHERTON, P.M.; HARRIS, W.S.; APPEL, L.J. Fish consumption, fish oil, omega-3 fatty acids, and cardiovascular disease. **Circulation**, v.107, n.3, p.512-512, 2003.

KROMHOUT, D.; BOSSCHIETER, E.B.; DE LEZENNE COULANDER, C. The inverse relation between fish consumption and 20-year mortality from coronary heart disease. **The New England Journal of Medicine**, v.312, n.19, p.1205–1211, 1985.

KROMHOUT, D.; DE LEZENNE COULANDER, C. Diet, prevalence and 10-year mortality from coronary heart disease in 871 middle-aged men. The Zutphen Study. **American Journal of Epidemiology**, v.119, n.5, p.733–743, 1984.

KURZER, M.S.; XU, X. Dietary phytoestrogens. **Annual Reviews of Nutrition**, v.17, n.1, p.353–381, 1997.

KUSHI, L.H.; LEW, R.A.; STARE, F.J. Diet and 20-year mortality from coronary heart disease. The Ireland-Boston Diet-Heart Study. **The New England Journal of Medicine**, v.312, n.13, p.811–820, 1985.

LABUZA, T.P.; DUGAN, L.R.J. Kinetics of lipid oxidation in foods. **CRC Critical Reviews in Food Science and Technology**, v.2, n.3, p.355–405, 1971.

LARICK, D.K. et al. Volatile compound contents and fatty acid composition of pork as influenced by linoleic acid content of the diet. **Journal of Animal Science**, v.70, n.5, p.1397–1403, 1992.

LEBLANC, C.J. et al. Effects of dietary supplementation with fish oil on in vivo production of inflammatory mediators in clinically normal dogs. **American journal of veterinary research**, v.69, n.4, p.486–493, 2008.

LEE, S.; INGLETT, G.E.; CARRIERE, C.J. Effect of nutrim and flaxseeds on the physical rheological properties of cakes. **Cereal Chemysrty**, v.81, n.5, p.637-642, 2004.

LEE, K.W.; LIP, G.Y.H. The role of omega-3 fatty acids in the secondary prevention of cardiovascular disease. **QJM monthly journal of the Association of Physicians**, v.96, n.7, p.465-480, 2003.

LEE, S. et al. Effect of antioxidants on stabilization of meat products fortified with n-3 fatty acids. **Meat Science**, v.72, n.1, p.18-24, 2006a.

LEE, S. et al. Effect of antioxidants and cooking on stability of n-3 fatty acids in fortified meat products. **Journal of Food Science**, v.71, n.3, p.233-238, 2006b.

LEFEVRE, M. et al. Comparison of the acute response to meals enriched with cis- or trans-fatty acids on glucose and lipids in overweight individuals with differing FABP2 genotypes. **Metabolism**, v.54, n.12, p.1652–1658, 2005.

LEMAITRE, R.N. et al. Cell membrane trans-fatty acids and the risk of primary cardiac arrest. **Circulation**, v.105, n.6, p.697–701, 2002.

LENNIE, T.A. et al. Dietary fat intake and proinflammatory cytokine levels in patients with heart failure. **Journal of Cardiac Failure**, v.11, n.8, p.613–618, 2005.

LEU, G.Z.; LIN, T.Y.; HSU, J.T. Anti-HCV activities of selective polyunsaturated fatty acids. Anti-HCV activities of selective polyunsaturated fatty acids. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, v.318, n.1, p.275–280, 2004.

LICHTENSTEIN, A.H. et al. Diet and lifestyle recommendations revision 2006: a scientific statement from the American Heart Association Nutrition Committee. **Circulation**, v.114, n.1, p.82–96, 2006.

LICHTENSTEIN, A.H. et al. Effects of canola, corn, and olive oils on fasting and postprandial plasma lipoproteins in humans as part of a National Cholesterol Education Program Step 2 diet. **Arteriosclerosis and Thrombosis**, v.13, n.10, p.1533–1542, 1993.

LICHTENSTEIN, A.H. et al. Effects of different forms of dietary hydrogenated fats on serum lipoprotein cholesterol levels. **The New England Journal of Medicine**, v.340, n.25, p.1933–1940, 1999.

LIM, A.K. et al. Fish oil for kidney transplant recipients. **Cochrane Database of Systematic Reviews**, n.2, p.CD005282, 2007.

LIMA, J.R. Caracterização físico-química e sensorial de hambúrguer vegetal elaborado à base de caju. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, n.1, p.191-195, 2008.

LOPEZ-GARCIA, E. et al. Consumption of trans fatty acids is related to plasma biomarkers of inflammation and endothelial dysfunction. **The Journal of Nutrition**, v.135, n.3, p.562–566, 2005.

LOTTENBERG, A.M.P. Perspectivas atuais sobre a gordura alimentar e dislipidemias. **Nutrição Brasil**, v.2, n.6, p.327-329, 2003.

LURUEÑA-MARTINEZ, 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.

LUSCOMBE, N.D.; NOAKES, M.; CLIFTON, P.M. Diets high and low in glycemic index versus high monounsaturated fat diets: effects on glucose and lipid metabolism in NIDDM. **European Journal of Clinical Nutrition**, v.53, n.6, p.473–478, 1999.

MACIEL, L.M.B.; PONTES, D.F.; RODRIGUES, M.C.P. Efeito da adição de farinha de linhaça no processamento de biscoito tipo *cracker*. **Alimentos e Nutrição**, v.19, n.4, p.385-392, 2008.

MADHUSUDHAN, B. Potential benefits of flaxseed in health and disease - A perspective. **Agriculturae Conspectus Scientificus**, v.74, n.2, p.67-72, 2009.

MALDOVEANU, A.I.; SHEPARD, R.J.; SHEK, P.N. The cytokine response to physical activity and training. **Sports Medicine**, v.3, n.2, p.115-144, 2001.

MAMALAKIS, G. et al. Depression and adipose polyunsaturated fatty acids in the survivors of the Seven Countries Study population of Crete. **Prostaglandins, Leukotrienes, and Essential Fatty Acids**, v.70, n.6, p.495–501, 2004.

MATA, P.; GARRIDO, J.A.; ORDOVAS, J.M. Effect of dietary monounsaturated fatty acids on plasma lipoproteins and apolipoproteins in women. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.56, n.1, p.77–83, 1992.

MATAIX, J.; ARANCETA, J. Aceites y grasas. En: **Sociedad Española de Nutrición Comunitaria. Guías alimentarias para la población española**. Madrid: 2001. p.121-132.

MATTSON, F.H.; GRUNDY, S.M. Comparison of effects of dietary saturated, monounsaturated, and polyunsaturated fatty acids on plasma lipids and lipoproteins in man. **Journal Lipid Research**, v.26, n.2, p.194-202, 1985.

MEHRA, M.R. et al. Fish oils produce anti-inflammatory effects and improve body weight in severe heart failure. **The Journal of heart and lung transplantation**, v.25, n.7, p.834–838, 2006.

MEI, L.; CRUM, A.D.; DECKER, E.A. Development of lipid oxidation and inactivation of antioxidant enzymes in cooked pork and beef. **Journal of Food Lipids**, v.1, n.4, p.273–283, 1994.

MELTON, S.L. Effects of feeds on flavour of red meat: a review. **Journal of Animal Science**, v.68, n.12, p.4421–4435, 1990.

MENSINK, R.P. et al. Effect of dietary *cis* and *trans* fatty acids on serum lipoprotein[a] levels in humans. **Journal of Lipid Research**, v.33, n.10, p.1493–1501, 1992.

MERCIER, Y. et al. Effect of dietary fat and vitamin E on lipid and protein oxidation in turkey meat during storage. **Meat Science**, v.48, n.3–4, p.301–317, 1998.

MISTURA, L.P.F. **Cinética de ruptura do ferro heme em carne bovina (coxão mole - semi membranosus) submetida a diferentes tratamentos térmicos**. 2006. 85p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

MONTGOMERY, P.; RICHARDSON, A.J. Omega-3 fatty acids for bipolar disorder. **Cochrane Database of Systematic Reviews**, n.2, p.CD005169, 2008.

MORI, T.A.; WOODMAN, R.J. The independent effects of eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acid on cardiovascular risk factors in humans. **Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care**, v.9, n.2, p.95–104, 2006.

MORRIS, D.H. **Flax – A Health and Nutrition Primer**. 4 ed. Winnipeg, MB: Flax Council of Canada, 2007. 106p.

MORRIS, D.H.; VAISEY-GENSER, M. Flaxseed. **Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition**, v.10, n.2, p.2525-2531, 2003.

MORRIS, M.C.; SACKS, F.; ROSNER, B. Does fish oil lower blood pressure? A meta-analysis of controlled trials. **Circulation**, v.88, n.2, p.523-533, 1993.

MORRISSEY, P.A. et al. Vitamin E and meat quality. **Proceedings of the Nutrition Society**, v.53, n.2, p.289-295, 1994.

MOYAD, M.A. An introduction to dietary/supplemental omega-3 fatty acids for general health and prevention: Part I. **Urologic Oncology: Seminars and Original Investigations**, v.23, n.1, p.28–35, 2005.

MOZAFFARIAN, D. et al. Trans fatty acids and systemic inflammation in heart failure. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.80, n.6, p.1521–1525, 2004.

MUGUERZA, E. et al. 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. et al. Effect of replacing pork backfat with preemulsified olive oil on lipid fraction and sensory quality of Chorizo de Pamplona e a traditional Spanish fermented sausage. **Meat Science**, v.59, n.3, p.251-258, 2001.

MUGUERZA, E. et al. New formulations for healthier dry fermented sausages: A review. **Trends in Food Science and Technology**, v.15, n.9, p.452–457, 2004.

MUGUERZA, E.; ANSORENA, D.; ASTIASARÁN, I. Improvement of nutritional properties of Chorizo de Pamplona by replacement of pork backfat with soy oil. **Meat Science**, v.65, n.4, p.1361-1367, 2003.

NABESHIMA, E.H. Amidos modificados em produtos cárneos em baixo teor de gordura. **Revista Higiene Alimentar**, v.12, n.54, p.36-41, 1998.

NAM, K.C.; AHN, D.U. Use of antioxidants to reduce lipid oxidation and off-odor volatiles of irradiated pork homogenates and patties. **Meat Science**, v.63, n.1, p.1–8, 2003.

NELSON, G.J. et al. The effects of dietary arachidonic acid on plasma lipoprotein distributions, apoproteins, blood lipid levels, and tissue fatty acid composition in humans. **Lipids**, v.32, n.4, p.427–33, 1997.

NICOLOSI, R.I. et al. Effect of dietary fat saturation and cholesterol on LDL composition and metabolism. **Arteriosclerosis**, v.10, n.1, p.119-128, 1990.

NORUM, K.R. Dietary fat and blood lipids. **Nutrition Reviews**, v.50, n.4, p.30-37, 1992.

NOVELLI, E. et al. Lipid and cholesterol oxidation in frozen stored pork, salame milano and mortadella. **Meat Science**, v.48, n.1-2, p.29-40, 1998.

NOZAKI, S.; VEGA, G.L.; GRUNDY, S.M. Postheparin lipolytic activity and plasma lipoprotein response to omega-3 polyunsaturated fatty acids in patients. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.53, n.3, p.638-43, 1991.

OKADA, Y. et al. Antioxidant effect of naturally occurring furan fatty acids on oxidation of linoleic acid in aqueous dispersion. **Journal of American Oil Chemical Society**, v.67, n.11, p.858-862, 1990.

OOMAH B.D.; MAZZA, G. Flaxseed products for disease prevention. In: MAZZA, G. (Ed.). **Functional Foods: Biochemical & Processing Aspects**. Lancaster, PA: Technomic Publishing, 1998. p.91-138.

OOMAH, B.D. Flaxseed as a functional food source. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.81, n.9, p.889-894, 2001.

OOMAH, B.D.; KENASCHUCK, E.O.; MAZZA, G. Phenolic acids in flaxseed. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.43, n.8, p.2016-2019, 1995.

OOMAH, B.D.; KENASCHUK, E.O.; MAZZA, G. Tocopherols in flaxseed. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.45, n.6, p.2076-2080, 1997.

PAN, A. et al. Meta-analysis of the effects of flaxseed interventions on blood lipids. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.90, n.2, p.288-297, 2009.

PANERAS, E.D.; BLOUKAS, J.G. Vegetable oils replace pork backfat for low-fat frankfurters. **Journal of Food Science**, v.59, n.4, p.725-728, 1994.

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, n.2, p.111-126, 1998.

PARTHASANATHY, S. et al. Low density lipoprotein rich in oleic acid is protected against oxidative modification: implications for dietary prevention of atherosclerosis.

Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, v.87, n.10, p.3894-3898, 1990.

PATEL, V.B.; ROBBINS, M.A.; TOPOL, E.J. C-reactive protein: a 'golden marker' for inflammation and coronary artery disease. **Cleveland Clinic Journal of Medicine**, v.68, n.6, p.521-534, 2001.

PAUL, R.; RAMESHA, C.S.; GANGULY, J. On the mechanism of hypocholesterolemic effects of polyunsaturated lipids. **Advances in Lipid Research**, v.17, n.1, p.155-171, 1980.

PEARSON, A.M.; GILLETT, T.A. **Processed meats**. 3 ed. New York: Chapman & Hall, 1996. 664p.

PEET, M. Eicosapentaenoic acid in the treatment of schizophrenia and depression: Rationale and preliminary double-blind clinical trial results. **Prostaglandins, Leukotrienes, and Essential Fatty Acids**, v.69, n.6, p.477–485, 2003.

PELSE, W.M. et al. Lipid oxidation in n-3 fatty acid enriched Dutch style fermented sausages. **Meat Science**, v.75, n.1, p.1–11, 2007.

PEREIRA, A.M.; FEHRMANN, A.C. Farinha de linhaça em hambúrguer de carne bovina. **Revista Nacional da Carne**, v.389, p.110-114, 2009.

PRASAD, K. Dietary flax seed in prevention of hypercholesterolemic atherosclerosis. **Atherosclerosis**, v.132, n.1, p.69–76, 1997.

PRASAD, K. et al. Reduction of hypercholesterolemic atherosclerosis by CDC-flaxseed with very low alpha-linolenic acid. **Atherosclerosis**, v.136, n.2, p.367–375, 1998.

PRAYSON, B. et al. Fast food hamburgers: what are we really eating? **Annals of Diagnostic Pathology**, v.12, n.6, p.406–409, 2008.

PRONCZUK, A. et al. Plasma lipids are affected similarly by dietary lauric or palmitic acid in gerbils and monkeys. **Lipids**, v.30, n.12, p.1157-1161, 1995.

RAHEJA, B.S. et al. Significance of the n-6/n-3 ratio for insulin action in diabetes. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v.683, n.1, p.258–271, 1993.

RALLIDIS, L.S. et al. Dietary alpha-linolenic acid decreases C-reactive protein, serum amyloid A and interleukin-6 in dyslipidaemic patients. **Atherosclerosis**, v.167, n.2, p.237–242, 2003.

RAMCHARITAR, A. et al. Consumer acceptability of muffins with flaxseed (*Linum usitatissimum*). **Journal of Food Science**, v.70, n.7, p.504–507, 2005.

RANICH, T.; BHATHENA, S.J.; VELASQUES, M.T. Protective effects of dietary phytoestrogens in chronic renal disease. **Journal of Renal Nutrition**, v.11, n.4, p.183–193, 2001.

RIBEREAU-GAYON, P. “**Plant Phenolics**”. Edinburg: Oliver and Boyd, 1972. 254p.

ROBERT, S.S. et al. Metabolic engineering of *Arabidopsis* to produce nutritionally important DHA in seed oil. **Functional Plant Biology**, v.32, n.6, p.473–479, 2005.

RODRÍGUEZ-VILLAR C. et al. Comparison of a high-carbohydrate and a high-monounsaturated fat, olive oil-rich diet on the susceptibility of LDL to oxidative modification in subjects with Type 2 diabetes mellitus. **Diabetic Medicine**, v.21, n.2, p.142–149, 2004.

ROLLEFSON, G.O. et al. Excavations at the Pre-Pottery Neolithic B Village of Ain Ghazal (Jordan), (1983). **Mitteilungen der Deutschen Orient Gesellschaft**, v.117, n.1, p.69–116, 1985.

ROY, H.J.; LUNDY, S.; ERIKSEN, C. Healthier lives through education in nutrition and preventive medicine. Flaxseed a review of health benefits. **Pennington Nutrition Series**, n.5, p.1–4, 2007.

RUBIO, B. et al. Effect of the packaging method and the storage time on lipid oxidation and colour stability on dry fermented sausage *salchichón* manufactured with raw material with a high level of mono and polyunsaturated fatty acids. **Meat Science**, v.80, n.4, p.1182–1187, 2008.

RUBIO-RODRÍGUEZ, N. et al. Production of omega-3 polyunsaturated fatty acid concentrates: A review. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v.11, n.1, p.1–12, 2010.

RUDKOWSKA, I.; JONES, P.J. Functional foods for the prevention and treatment of cardiovascular diseases: cholesterol and beyond. **Expert Review of Cardiovascular Therapy**, v.5, n.3, p.477–90, 2007.

RUSSO, G.L. Dietary *n*-6 and *n*-3 polyunsaturated fatty acids: From biochemistry to clinical implications in cardiovascular prevention. **Biochemical Pharmacology**, v.77, n.6, p.937–946, 2009.

SALMERON, J. et al. Dietary fat intake and risk of type 2 diabetes in women. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.73, n.6, p.1019–1026, 2001.

SÁNCHEZ-MACHADO, D.I. et al. Fatty acids, total lipid, protein and ash contents of processed edible seaweeds. **Food Chemistry**, v.85, n.3, p.439–444, 2004.

SANTOS, C. et al. Enrichment of dry-cured ham with α -linolenic acid and α -tocopherol by the use of linseed oil and α -tocopheryl acetate in pig diets. **Meat Science**, v.80, n.3, p.668–674, 2008.

SANTOS-SILVA, J.; BESSA, R.J.B.; SANTOS-SILVA, F. Effect of genotype, feeding system and slaughter weight on the quality of light lambs II. Fatty acid composition of meat. **Livestock Production Science**, v.77, n.2-3, p.187–194, 2002.

SAUCIER, L. Meat safety: challenges for the future. **Nutrition Abstracts & Reviews** (Serie A), v.69, p.705-708, 1999.

SÁYAGO-AYERDI, S.A.; BRENES A.; GONI, I. Effect of grape antioxidant dietary fiber on the lipid oxidation of raw and cooked chicken hamburgers. **LWT - Food Science and Technology**, v.42, n.5, p.971–976, 2009.

SCHAEFER, E.J. Lipoproteins, nutrition, and heart disease. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.75, n.2, p.191–212, 2002.

SCHEEDER, R.L. et al. Fatty acid composition, cooking loss and texture of beef patties from meat of bulls fed different fats. **Meat Science**, v.58, n.3, p.321-328, 2001.

SCHWAB, U.S. et al. Effects of hempseed and flaxseed oils on the profile of serum lipids, serum total and lipoprotein lipid concentrations and haemostatic factors. **European Journal of Nutrition**, v.45, n.8, p.470–477, 2006.

SCOLLAN, N. et al. Innovations in beef production systems that enhance the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality. **Meat Science**, v.74, n.1, p.17–33, 2006.

SCOLLAN, N.D. et al. Manipulating the fatty acid composition of muscle and adipose tissue in beef cattle. **British Journal of Nutrition**, v.85, n.1, p.115–124, 2001.

SEBRANEK, J.G. et al. Comparison of a natural rosemary extract and BHA/BHT for relative antioxidant effectiveness in pork sausage. **Meat Science**, v.69, n.2, p.289–296, 2005.

SEVERINI, C.; DE PILLI, T.; BAIANO, A. Partial substitution of pork backfat with extra-virgin olive oil in 'salami' products: effects on chemical, physical and sensorial quality. **Meat Science**, v.64, n.3, p.323-331, 2003.

SHEARD, P.R. et al. Shelf life and quality of pork and pork products with raised n-3 PUFA. **Meat Science**, v.55, n.2, p.213-221, 2000.

SHEARER, A.E.H.; DAVIES, C.G.A. Physicochemical properties of freshly baked and stored whole-wheat muffins with and without flaxseed meal. **Journal of Food Quality**, v.28, n.2, p.137-153, 2005.

SIMMER, K.; SCHULZKE, S.M.; PATOLE, S. Long chain polyunsaturated fatty acid supplementation in preterm infants. **Cochrane Database of Systematic Reviews**, n.1, p.CD000375, 2008a.

SIMMER, K.; PATOLE, S.K.; RAO, S.C. Longchain polyunsaturated fatty acid supplementation in infants born at term. **Cochrane Database of Systematic Reviews**, n.4, p.CD000376, 2008b.

SIMOPOULOS, A.P. Omega-3 fatty acids in health and disease and in growth and development. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.54, n.3, p.438-463, 1991.

SIMOPOULOS, A.P.; LEAF, A.; SALEM Jr., N. Essentiality of and recommended dietary intakes for omega-6 and omega-3 fatty acids. **Annals of Nutrition and Metabolism**, v.43, n.2, p.127-130, 1999.

SIMOPOULOS, A.P.; LEAF, A.; SALEM, J.N. Workshop statement on the essentiality of and recommended dietary intakes for omega-6 and omega-3 fatty acids. **Prostaglandins, Leukotrienes, and Essential Fatty Acids**, v.63, n.3, p.119-121, 2000.

SMIT, E. et al. Estimates of animal and plant protein intakes in US adults: results from the third national health and nutrition examination survey, 1988-1991. **Journal of the American Dietetic Association**, v.99, n.7, p.813-820, 1999.

SPADY, D.K.; BILHEIMER, D.W.; DIETSCHY, J.M. Rates of receptor-dependent and -independent low density lipoprotein uptake in the hamster. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v.80, n.11, p.3499-3503, 1983.

SPADY, D.K.; DIETSCHY, J.M. Dietary saturated triacylglycerols suppress hepatic low density lipoprotein receptors in the hamster. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v.82, n.13, p.4526-4530, 1985.

SPENCE, J.D. et al. The effect of flax seed cultivars with differing content of α -linolenic acid and lignans on responses to mental stress. **Journal of the American College of Nutrition**, v.22, n.6, p.494–501, 2003.

STENDER, S. et al. The influence of trans fatty acids on health: a report from the Danish Nutrition Council. **Clinical Science**, v.88, n.4, p.375–392, 1995.

STORLIEN, L.H. et al. Dietary fats and insulin action. **Diabetologia**, v.39, n.6, p.621–631, 1996.

STURDEVANT, R.A.L.; PEARCE, M.L.; DAYTON, S. Increased prevalence of cholelithiasis in men ingesting a serum cholesterol-lowering diet. **New England Journal of Medicine**, v.288, n.1, p.24–27, 1973.

SUN, Q. et al. Blood concentrations of individual long-chain n-3 fatty acids and risk of nonfatal myocardial infarction. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.88, n.1, p.216–223, 2008.

SURKIEWICZ, B.F. et al. Bacteriological survey of raw beef patties produced at establishments under federal inspection. **Applied Microbiology**, v.29, n.3, p.331–334, 1975.

TARPILA, S. et al. The effect of flaxseed supplementation in processed foods on serum fatty acids and enterolactone. **European Journal of Clinical Nutrition**, v.56, n.2, p.157–165, 2002.

THIJSSSEN, M.A.; MENSINK, R.P. Small differences in the effects of stearic acid, oleic acid, and linoleic acid on the serum lipoprotein profile of humans. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.82, n.3, p.510–516, 2005.

THOMPSON, L.U. et al. Dietary flaxseed alters tumor biological markers in postmenopausal breast cancer. **Clinical Cancer Research**, v.11, n.10, p.3828–3835, 2005.

THOMPSON, L.U.; CUNNANE, S.C. **Flaxseed in human nutrition**. Champaign, Illinois: AOCS Press, 2003. 458p.

THOMSEN, C. et al. Comparison of the effects of a monounsaturated fat diet and a high carbohydrate diet on cardiovascular risk factors in first degree relatives to type-2 diabetic subjects. **European Journal of Clinical Nutrition**, v.53, n.10, p.818–823, 1999.

TOKUSOGLU, O.; ÜNAL, K.M. Fat replacers in meat products. **Pakistan Journal of Nutrition**, v.2, n.3, p.196–203, 2003.

TROUTT, E.S. et al. Chemical, physical, and sensory characterization of ground beef containing 5 to 30 percent fat. **Journal of Food Science**, v.57, n.1, p.25–29, 1992.

TRUCOM, C. **A importância da linhaça na saúde**. São Paulo: Alaúde, 2006. 151p.

TULBEK, M.C. et al. Chemical and sensory analysis and shelf life stability of roasted flaxseed. In: "**Proceedings of the 60th Flax Institute of the United States**". Fargo, ND, 2004. p.31-36.

TULLY, A.M. et al. Low serum cholesterol ester-docosahexaenoic acid levels in Alzheimer's disease: A case control study. **The British Journal of Nutrition**, v.89, n.4, p.483–489, 2003.

TURNER, J.D.; LE, N.A.; BROWN, W.V. Effect of changing dietary fat saturation on low-density lipoprotein metabolism in man. **The American Journal of Physiology**, v.241, n.1, p.57-63, 1981.

TURNER, D. et al. Omega 3 fatty acids (fish oil) for maintenance of remission in Crohn's disease. **Cochrane Database of Systematic Reviews**, n.2, p.CD006320, 2007a.

TURNER, D.; STEINHART, A.H.; GRIFFITHS, A.M. Omega 3 fatty acids (fish oil) for maintenance of remission in ulcerative colitis. **Cochrane Database of Systematic Reviews**, n.3, p.CD006443, 2007b.

VALENCIA, I. et al. 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, n.4, 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, n.2, p.269–277, 2006.

VAN ZEISTE, W. Paleobotanical Results of the 1970 Season at Çayönü, Turkey. **Helinium**, v.12, n.1, p.3-19, 1972.

VANDENDRIESSCHE, F. Meat products in the past, today and in the future. **Meat Science**, v.78, n.1-2, p.104–113, 2008.

VATANSEVER, L. et al. Shelf life and eating quality of beef from cattle of different breeds given diets differing in n-3 polyunsaturated fatty acid. **Animal Science**, v.71, n.3, p.471-482, 2000.

VEGA, G.L. et al. Influence of polyunsaturated fats on composition of plasma lipoproteins and apolipoproteins. **Journal of Lipid Research**, v.23, n.6, p.811-822, 1982.

VESSBY, B. Dietary fat, fatty acid composition in plasma and the metabolic syndrome. **Current Opinion in Lipidology**, v.14, n.1, p.15-19, 2003.

WACHIRA, A.M. et al. Effects of dietary fat source and breed on the carcass composition, n-3 polyunsaturated fatty acid and conjugated linoleic acid content of sheep meat and adipose tissue. **British Journal of Nutrition**, v.88, n.6, p.697-709, 2002.

WARD, O.P.; SINGH, A. Omega-3/6 fatty acids: Alternative sources of production. **Process Biochemistry**, v.40, n.12, p.3627-3652, 2005.

WEBB, E.C.; O'NEILL, H.A. The animal fat paradox and meat quality. **Meat Science** v.80, n.1, p.28-36, 2008.

WEBER, P.; RAEDERSTORFF, D. Triglyceride-lowering effect of omega-3 LC-polyunsaturated fatty acids—a review. **Nutrition, Metabolism, and Cardiovascular Diseases**, v.10, n.1, p.28-37, 2000.

WEILL, P. et al. Effects of introducing linseed in livestock diet on blood fatty acid composition of consumers of animal products. **Annals of nutrition and metabolism**, v.46, n.5, p.182-191, 2002.

WEST, R.L.; MYER, O.L. Carcass and meat quality characteristics and backfat fatty acid composition of swine as affected by the consumption of peanuts remaining in the field after harvest. **Journal of Animal Science**, v.65, n.2, p.475-480, 1987.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. FAO - FOOD AGRICULTURE ORGANIZATION. WHO and FAO joint consultation: fats and oils in human nutrition. **Nutrition Reviews**, v.53, n.7, p.202-205, 1995.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases**. Technical Report Series 916, Geneva: WHO, 2003.148p.

WILDMAN, R.E.C. Nutraceuticals: a brief review of historical and teleological aspects. In: WILDMAN, R.E.C. (Ed.). **Handbook of nutraceuticals and functional foods**. Boca Raton, FL: CRC Press, 2000a. p.1–12.

WILDMAN, R.E.C. Classifying nutraceuticals. In: WILDMAN, R.E.C. (Ed.). **Handbook of nutraceuticals and functional foods**. Boca Raton, FL: CRC Press, 2000b. p.13–30.

WILLET, W.C. The scientific basis for TFA regulation – is it sufficient? In: **Proceedings of the first international symposium on “Trans Fatty Acids and Health”**, Rungstedgaard, Denmark, 11–13 September 2005. p.24.

WONG, N.H.; MAGA, J.A. The effect of fat content on the quality of ground beef patties In: CHARALAMBOUS, G. (Ed.). **Food Flavors: Generation, Analysis and Process Influence**. Proceedings of the 8th International Flavor Conference. New York: Developments in Food Science, 1995. v.37, part 2, p.1345-1351.

WOOD, J.D. et al. Effect of fatty acids on meat quality: A review. **Meat Science**, v.66, n.1, p.21–32, 2003.

WOODS, P.D.S.; SHIODA, R.; KINSELL, L.W. Dietary regulation of cholesterol metabolism. **Lancet**, v.2, n.1, p.604-607, 1966.

YANG, A. et al. Evaluation of Some Binders and Fat Substitutes in Low-fat Frankfurters, **Journal of Food Science**, v.66, n.7, p.1039–1046, 2001.

YEH, E.T. et al. C-reactive protein: linking inflammation to cardiovascular complications. **Circulation**, v.104, n.9, p.974-975, 2001.

YEHUDA, S.; CARASSO, R.L. Modulation of learning, pain thresholds, and thermoregulation in the rat by preparations of free purified alpha-linolenic and linoleic acids: determination of the optimal omega 3-to-omega 6 ratio. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v.90, n.21, p.10345–10349, 1993.

ZALOGA, G.P. et al. Trans Fatty Acids and Coronary Heart Disease. **Nutrition in Clinical Practice**, v.21, n.5, p.505-512, 2006.

ZHAO, G. et al. Dietary alpha-linolenic acid inhibits proinflammatory cytokine production by peripheral blood mononuclear cells in hypercholesterolemic subjects. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.85, n.2, p.385–391, 2007.

ZHAO, G. et al. Dietary α -linolenic acid reduces inflammatory and lipid cardiovascular risk factors in hypercholesterolemic men and women. **Journal of Nutrition**, v.134, n.11, p.2991–2997, 2004.

ZOCK, P.L; KATAN, M.B. Hydrogenation alternatives: effects of *trans* fatty acids and stearic acid versus linoleic acid on serum lipids and lipoproteins in humans. **Journal Lipid Research**, v.33, n.3, p.399-410, 1992.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

- Avaliar o efeito da adição de óleo, farinha e semente de linhaça dourada (*Linum Usitatissimum* L.) na reformulação de produto cárneo bovino reestruturado.

2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar o óleo, farinha e semente de linhaça dourada e marrom quanto à composição centesimal, perfil de ácidos graxos e propriedades microbiológicas.
- Estabelecer os níveis de adição de óleo, farinha e semente de linhaça dourada para aplicação em hambúrguer de carne bovina, considerando-se os aspectos sensoriais.
- Avaliar as propriedades físico-químicas de hambúrgueres de carne bovina adicionados de óleo, farinha e semente de linhaça dourada e seus respectivos “*blends*”.
- Avaliar as propriedades físico-químicas e aceitação sensorial de hambúrgueres de carne bovina adicionados de óleo, farinha e semente de linhaça dourada durante armazenamento por 90 dias sob congelamento.

- Determinar o efeito da adição de óleo, farinha e semente de linhaça dourada na composição de ácidos graxos de hambúrgueres de carne bovina recém processados.

CAPÍTULO 2

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DA LINHAÇA DOURADA E MARROM (*Linum Usitatissimum* L.) E DERIVADOS PARA UTILIZAÇÃO COMO INGREDIENTES FUNCIONAIS

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a composição do óleo de linhaça e da linhaça (farinha/semente) dourada e marrom comercializados no Brasil e selecionados para estudos de aplicação futura em produtos cárneos. Foram determinadas a composição centesimal e de ácidos graxos, avaliação microbiológica e estabilidade à oxidação lipídica. Não houve diferença significativa ($p > 0,05$) nos nutrientes da composição centesimal, entre as amostras de óleo de linhaça da variedade dourada e marrom. Teores mais elevados no total de ácidos graxos saturados foram verificados no óleo de linhaça marrom. Não houve diferença significativa no teor total de ácidos graxos monoinsaturados (MUFAs) de ambas as amostras. O teor total de ácidos graxos poliinsaturados (PUFAs) e relação PUFAs/saturados (SFA) foram estatisticamente superiores ($p < 0,05$) no óleo de linhaça dourada. A farinha/semente de linhaça marrom apresentou maiores teores ($p < 0,05$) de umidade, lipídios, proteínas e calorias que a variedade dourada. O total de ácidos graxos saturados foi superior ($p < 0,05$) na farinha/semente de linhaça marrom, não havendo diferenças estatísticas entre o teor de MUFAs e PUFAs. Uma menor relação PUFAs/SFA foi observada na farinha/semente de linhaça marrom. As avaliações microbiológicas apresentaram-se satisfatórias e em conformidade com parâmetros de segurança. Todos os óleos avaliados

mostraram baixas concentrações de malonaldeído. Concluiu-se, portanto, que a linhaça dourada possui melhor perfil nutricional, principalmente devido a sua composição em ácidos graxos.

PHYSICO-CHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL CHARACTERIZATION OF THE GOLDEN BROWN FLAXSEED (*Linum Usitatissimum* L.) AND DERIVATIVES AS FUNCTIONAL INGREDIENTS

SUMMARY

The objective of this study was to evaluate the composition of the golden and brown oil and flaxseed (flour/seed) sold in Brazil and selected for future application studies in meat products. Were determined the proximate and fatty acid composition, microbiological evaluation and stability to lipid oxidation. There was no significant difference ($p>0.05$) in the nutrient proximate composition among the flaxseed oil samples of variety of golden and brown. Higher levels of total saturated fatty acids were found in the brown flaxseed oil. There was no significant difference in the total content of monounsaturated fatty acids (MUFAs) in both samples. The total content of polyunsaturated fatty acids (PUFAs) and ratio PUFAs/saturated (SFA) were significantly higher ($p<0.05$) in oil golden flaxseed. The brown flaxseed flour/seed had higher levels ($p<0.05$) of moisture, lipids, proteins and calories than the golden variety. The total saturated fatty acids was higher ($p<0.05$) in the brown flaxseed flour/seed, with no statistical differences between the content of MUFAs and PUFAs. A lower ratio PUFAs/SFA was observed in flour/seed brown flaxseed. The microbiological evaluations were satisfactory and in accordance with safety standards. All the examined oils showed low concentrations of malonaldehyde.

Therefore, that the golden flaxseed has presented a better nutritional profile, mainly due to its fatty acid composition.

1. INTRODUÇÃO

A linhaça ou linho (*Linum Usitatissimum* L.) é uma das mais antigas culturas conhecidas pelo homem (OOMAH e MAZZA, 1993), principalmente pela utilização integral de seu óleo e fibras para fins alimentares, em muitos países do mundo (WANASUNDARA e SHAHIDI, 1997).

Os benefícios fisiológicos da linhaça são geralmente atribuídos à presença de altas quantidades de ácido graxo α -linolênico (C18:3 ω -3), lignanas, fibras ou goma (OOMAH *et al.*, 2006) e vitamina E, os quais estão intimamente relacionados à redução do risco de doenças crônicas não transmissíveis (DAUN *et al.*, 2003).

As sementes da linhaça podem variar na cor, sendo de castanho-avermelhado a amarelo-dourada. Ela é determinada pela quantidade de pigmento exterior contido nas sementes e, quanto maior o teor de pigmento na casca, mais escura será a semente (COSKUNER e KARABABA, 2007). São ricas em lipídios, proteínas e fibras alimentares. Sua composição pode variar de acordo com a genética, ambiente, processamento e métodos de análise (CARTER, 1993; BHATTY, 1995; OOMAH e MAZZA, 1997).

Em relação à diferença na composição físico-química e teor de ácidos graxos das variedades de linhaça dourada e marrom, Trucom (2006) afirma que as mesmas são idênticas, entretanto outras pesquisas mostraram resultados diferentes (OOMAH *et al.*, 1996; MORRIS, 2007; MADHUSUDHAN, 2009; MUELLER *et al.*, 2010). Diante disso, há a necessidade constante da

avaliação da composição físico-química de um maior número de amostras de linhaça marrom e dourada e derivados, principalmente da linhaça comercializada no Brasil, onde há ainda raros estudos.

O objetivo deste trabalho foi caracterizar a composição físico-química e microbiológica do óleo e da linhaça (farinha/semente) dourada e marrom distribuídas no Brasil, visando sua futura aplicação como ingrediente funcional em produtos cárneos industrializados.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Matéria-prima

2.1.1 Semente de linhaça dourada e marrom (*Linum Usitatissimum* L.)

Utilizaram-se aproximadamente 7kg de amostras de linhaça dourada e marrom (Figura 1), provenientes de embalagens individuais de 200g, homogeneizadas e então amostradas para as análises. Estas amostras da mesma marca selecionada e amplamente comercializada no país foram adquiridas através de fornecedores especializados da cidade de Campinas-SP, durante os meses de janeiro a junho de 2009, sempre observando-se um prazo de validade maior que 12 meses como critério de obtenção.

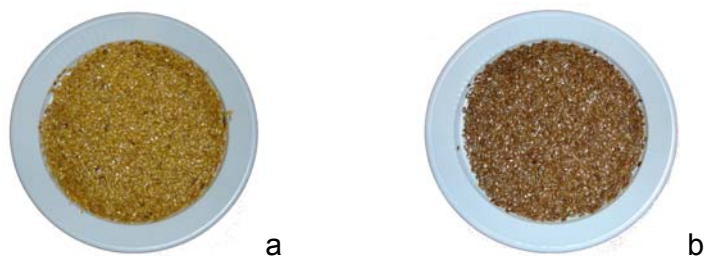


Figura 1 - Matéria-prima utilizada no experimento. Semente de linhaça dourada (a) e marrom (b).

2.1.2 Farinha de linhaça dourada e marrom (*Linum Usitatissimum* L.)

Para a preparação da farinha de linhaça dourada e marrom (Figura 2), 7kg de sementes inteiras foram removidas de embalagens individuais de 200g, sendo então homogeneizadas. A seguir, as sementes foram moídas em porções de aproximadamente 50 gramas por 15 segundos em liquidificador (*Waring Commercial*, USA) na velocidade máxima, no dia anterior às análises. Após a moagem, a farinha de linhaça foi acondicionada em sacos plásticos utilizados em embalagens a vácuo, firmemente selados com fita adesiva e guardados em filme plástico escuro para prevenção da oxidação lipídica até sua utilização, sendo no máximo 48 horas após a moagem.

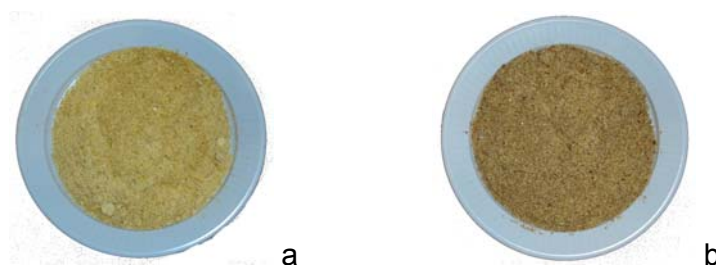


Figura 2 - Matéria-prima utilizada no experimento. Farinha de linhaça dourada (a) e marrom (b).

2.1.3 Óleo de linhaça dourada e marrom (*Linum Usitatissimum* L.)

As amostras de óleo de linhaça dourada e marrom (Figura 3) da mesma marca selecionada e amplamente comercializada no país, foram obtidas através de fornecedores especializados da cidade de Campinas-SP, durante os meses de janeiro a junho de 2009, sempre observando-se um prazo de validade mínimo de 8 meses (estabelecido pelo fabricante). Foram utilizadas para amostragem 7 embalagens de vidro na cor âmbar que continham 250mL de óleo linhaça cada uma.

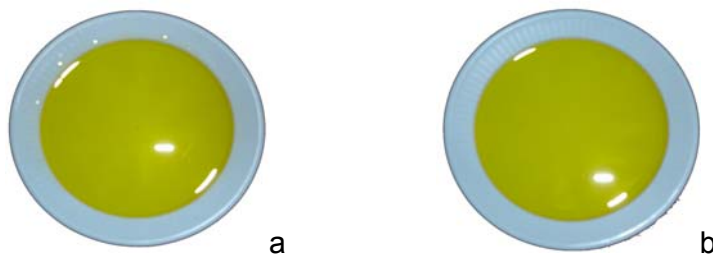


Figura 3 - Matéria-prima utilizada no experimento. Óleo de linhaça dourada (a) e marrom (b).

2.1.4 Óleo de palma refinado

O óleo de palma utilizado para o experimento foi cedido pela empresa Triângulo Alimentos, produzido na cidade de Itápolis-SP. É descrito como um óleo extraído da polpa do fruto da palmeira oleaginosa (*Elaeis Guineensis*) por método físicos, sem uso de solventes e submetido a processo de refino. Segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA (BRASIL, 2005b), a designação "Azeite de Dendê" pode ser utilizada somente para o óleo de palma bruto. Na Tabela 1 encontram-se as características físico-químicas do óleo de palma informadas pela empresa.

Tabela 1 - Características físico-químicas do óleo de palma (empresa Triângulo Alimentos)

Análises	Especificação	
	Mínimo	Máximo
Ponto de Fusão Mettler (°C)	34,0	40,0
Índice de Iodo (Wijs)	50,0	57,0
Índice de Peróxido (meqO ₂ /kg)		1,00
Acidez - em ácido oleico (%)		0,05
Sabões - em oleato de sódio (ppm)		0,00
Umidade e Voláteis (%)		0,10
Cor Lovibond (cubeta 5 _{1/4} ") - Vermelho		5,0
Sabor/Odor	7,0	10,0
SFC – 10,0°C (%)	43,0	53,0
SFC – 21,1°C (%)	18,0	24,0
SFC – 26,7°C (%)	8,0	13,0
SFC – 33,3°C (%)	4,0	8,0
SFC – 37,8°C (%)	1,0	5,0
SFC – 45,0°C (%)	0,0	0,0

*SFC – Conteúdo de gordura sólida.

Quanto às características microbiológicas, a empresa informou Coliformes a 45°C com um máximo de 5,0UFC/g e Estafilococos Coagulase Positiva com máximo de 10²UFC/g, e ausência de matéria estranha prejudicial à saúde humana conforme a ANVISA (BRASIL, 2003a).

Utilizaram-se 5 embalagens plásticas de óleo de palma que continham 3kg de óleo refinado cada uma, sendo armazenadas em local fresco, limpo e seco, com prazo de validade de 6 meses a partir da data de fabricação.

Segundo informado pela indústria Triângulo Alimentos, foram adicionados ao óleo de palma, antioxidantes terc butil-hidroquinona - TBHQ (máximo 200ppm) de acordo com a ANVISA (BRASIL, 2005a) e ácido cítrico (50ppm) conforme a ANVISA (BRASIL, 1999).

2.2 Avaliação da composição centesimal

2.2.1 Determinação da umidade

Foi realizada de acordo com a *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC, 1980) em triplicata, que consiste em secagem a 105°C até peso constante.

2.2.2 Determinação de proteínas

Avaliaram-se as amostras através da análise do nitrogênio total, em triplicata, pelo método KJELDAHL determinado ao nível semimicro (AOAC, 1980). Utilizou-se o fator de conversão de nitrogênio para proteína de 6,25.

2.2.3 Determinação de lipídios

O teor de lipídios foi verificado em triplicata, pelo método de Bligh e Dyer (1959).

2.2.4 Determinação de cinzas

A porcentagem de cinzas foi determinada em mufla a 550°C, em triplicata, conforme metodologia de AOAC (1975) e Lees (1979).

2.2.5 Determinação de carboidratos

A determinação de carboidratos da linhaça (farinha/semente) dourada e marrom foi realizada através de cálculo teórico (por diferença) nos resultados das triplicatas, conforme fórmula abaixo:

$$\% \text{ Carboidratos} = 100 - (\% \text{ umidade} + \% \text{ proteína} + \% \text{ lipídios} + \% \text{ cinzas})$$

2.2.6 Determinação de fibras

Foram realizadas análises de fibra bruta da linhaça (farinha/semente) dourada e marrom, conforme metodologia do Instituto Adolfo Lutz (1985).

2.2.7 Determinação do valor calórico

O total de calorias (kcal) foi calculado em relação a 100g da amostra utilizando os valores Atwater (ou calor de combustão) para gordura (9kcal por grama), proteína (4,02kcal por grama) e carboidratos (3,87kcal por grama) (ATWATER e WOODS, 1896).

2.2.8 Determinação do perfil de ácidos graxos

Esta análise foi realizada no Laboratório de Óleos e Gorduras do Departamento de Tecnologia de Alimentos da FEA/UNICAMP.

Para o preparo dos ésteres metílicos, as amostras de farinha/semente de linhaça dourada e marrom passaram inicialmente por processo de extração de lipídios segundo Bligh e Dyer (1959). O óleo de linhaça dourada, marrom e de palma bem como os lipídios extraídos da farinha/semente de linhaça dourada e marrom foram saponificados e esterificados, em triplicata, conforme metodologia proposta por Hartmann e Lago (1973).

O perfil de ácidos graxos foi determinado por cromatografia gasosa de alta resolução (AOCS, 2004), sendo avaliados: ácidos graxos saturados, MUFAs e PUFAs, individualmente. Foi utilizado um cromatógrafo Gasoso

Capilar (Agilent, 6850 Series GC System, U.S.A.), contendo coluna capilar: DB-23 Agilent (50% cyanopropyl – methylpolysiloxane), dimensões 60 m, Ø int: 0,25 mm, 0,25 µm filme.

As condições de operação do cromatógrafo foram: fluxo da coluna de 1,00mL/min.; velocidade linear de 24cm/seg.; temperatura do detector de 280°C; temperatura do injetor de 250°C; temperatura do forno de 110°C – 5 minutos, 110 – 215°C (5°C/min), 215°C – 24 minutos; o gás de arraste utilizado foi o Hélio, sendo injetada uma alíquota de 1µL das amostras no aparelho.

A identificação dos ácidos graxos foi realizada pela comparação dos tempos de retenção dos picos da amostra com os tempos de retenção dos picos dos padrões. Os resultados obtidos foram em % de área e convertidos a g/100g, utilizando o fator de conversão indicado para óleos e gorduras (0,956) (HOLLAND, 1997). O cálculo utilizado para conversão da % de área em g/100g de alimento avaliado encontra-se a seguir:

$$AGi = \frac{\% \text{ área} \times L \times F}{100}$$

Onde:

AGi = ácido graxo individual, expresso em g/100g de amostra;

% área = porcentagem de área dos picos obtidos nos cromatogramas;

L = teor de lipídio da amostra em g/100g;

F = Fator de conversão do alimento.

2.3 Determinação das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS)

A extensão da oxidação lipídica foi determinada no óleo de linhaça dourada e marrom e, também no óleo de palma refinado, através da

quantidade (mg/kg) de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico, de acordo com Tarladgis *et al.* (1960), em triplicata.

2.4 Avaliação microbiológica

Foram realizadas avaliações microbiológicas em amostras de farinha/semente e óleo de linhaça dourada e marrom estocadas a temperatura ambiente (20°C), preparadas conforme item 2.1.2 e 2.1.3, respectivamente. Os coliformes foram enumerados pela técnica do Número Mais Provável (NMP). A contagem total de microrganismos mesófilos aeróbios (UFC/g), microrganismos aeróbios psicrótróficos (UFC/g), coliformes totais (35°C) e coliformes termotolerantes (45°C) foram realizadas de acordo com Downes e Ito (2001). A linhaça (farinha/semente) dourada e marrom foram analisadas pela técnica *pour plate*, com inoculação por plaqueamento em profundidade e as amostras de óleo foram emulsionadas com Tween 80 (90 mL do diluente com 1% de Tween 80 e 10g de amostra) para posteriormente serem avaliadas pela técnica de inoculação por superfície, conforme metodologia citada.

2.5 Análise estatística

Os resultados estatísticos foram avaliados através da análise de variância (ANOVA), com o teste de Tukey para comparação de médias em nível de 5% de significância. Todos os cálculos foram realizados pelo *software Statgraphics® Plus, versão 5.1*.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Óleo de linhaça dourada e marrom (*Linum Usitatissimum* L.)

3.1.1 Avaliação da composição centesimal

A Tabela 2 apresenta a composição centesimal do óleo de linhaça dourada e marrom.

Tabela 2 - Composição centesimal do óleo de linhaça dourada e marrom (*Linum Usitatissimum* L.)

Determinação	Óleo de linhaça Dourada		Óleo de linhaça marrom	
	Média±SD	EPM	Média±SD	EPM
Umidade (g/100g)	0,06±0,00 ^a	0,00	0,06±0,00 ^a	0,00
Cinzas (g/100g)	0,02±0,01 ^a	0,01	0,02±0,00 ^a	0,00
Lipídios (g/100g)	99,92±0,28 ^a	0,20	99,92±0,14 ^a	0,10
Proteínas (g/100g)	0,00 ^a	-	0,00 ^a	-
Carboidratos (g/100g)	0,00 ^a	-	0,00 ^a	-
Calorias - (kcal/100g)	899,28±2,54 ^a	1,80	899,28±1,27 ^a	0,90

*Letras diferentes na linha indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); SD: Desvio padrão da média; EPM: Erro padrão da média; carboidratos: calculados por diferença.

Não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre as amostras de óleo de linhaça dourada e marrom, em relação aos nutrientes da composição centesimal. Conforme explica Choo *et al.* (2007), a água contribui para a hidrólise do óleo durante a manipulação e o processamento de várias etapas que geram ácidos graxos livres e glicerol, assim, é desejável haver baixa umidade nos óleos, o que foi constatado na avaliação.

3.1.2 Perfil de ácidos graxos

O perfil de ácidos graxos dos óleos de linhaça dourada e marrom pode ser verificado na Tabela 3.

Tabela 3 - Perfil de ácidos graxos do óleo de linhaça dourada e marrom (*Linum Usitatissimum* L.) (g/100g de óleo)

Ácidos Graxos	Óleo de linhaça dourada		Óleo de linhaça marrom	
	Média±SD	EPM	Média±SD	EPM
SFA				
Ac. Láurico (C12:0)	0,02±0,00 ^b	0,00	0,03±0,00 ^a	0,00
Ac. Mirístico (C14:0)	0,05±0,00 ^a	0,00	0,06±0,05 ^a	0,06
Ac. Pentadecanóico (C15:0)	0,02±0,00 ^a	0,00	0,02±0,00 ^a	0,00
Ac. Palmítico (C16:0)	5,49±0,00 ^b	0,00	6,05±0,10 ^a	0,10
Ac. Margárico (C17:0)	0,06±0,00 ^a	0,00	0,07±0,00 ^a	0,00
Ac. Esteárico (C18:0)	3,86±0,00 ^b	0,00	5,03±0,10 ^a	0,07
Ac. Araquídico (C20:0)	0,19±0,00 ^a	0,00	0,19±0,00 ^a	0,00
Ac. Behênico (C22:0)	0,17±0,00 ^a	0,00	0,18±0,00 ^a	0,00
Ac. Lignocérico (C24:0)	0,11±0,00 ^a	0,00	0,11±0,00 ^a	0,00
Total	9,97±0,06 ^b	0,04	11,74±0,06 ^a	0,04
Porcentagem total (%)	10,48		12,36	
MUFAs				
Ac. Palmitoleico (C16:1 ω-7)	0,09±0,00 ^a	0,00	0,09±0,01 ^a	0,01
Ac. Margaroleico (C17:1 ω-7)	0,04±0,00 ^a	0,00	0,04±0,00 ^a	0,00
Ac. Oleico (C18:1 ω-9)	21,31±0,00 ^a	0,00	20,73±0,14 ^a	0,10
Ac. Gadoleico (C20:1 ω-9)	0,17±0,00 ^a	0,00	0,12±0,01 ^b	0,00
Ac. Erúcido (C22:1 ω-9)	0,00 ^b	0,00	0,01±0,00 ^a	0,00
Total	21,61±0,05 ^a	0,03	20,99±0,16 ^a	0,11
Porcentagem total (%)	22,71		22,10	
PUFAs				
Ac. Linoleico (C18:2 ω-6)	17,41±0,01 ^a	0,00	16,01±0,15 ^b	0,61
Ac. α-Linolênico (C18:3 ω-3)	46,15±0,00 ^a	0,00	46,24±1,29 ^a	0,91
Total	63,56±0,01 ^a	0,01	62,25±0,06 ^b	0,02
Porcentagem total (%)	66,80		65,54	
Porcentagem total ω-6 (%)	18,30		16,86	
Porcentagem total ω-3 (%)	48,51		48,68	
Ácidos graxos trans				
Ac. Linolelaídico (C18:2 trans t9, t12)	0,05±0,00 ^a	0,00	0,05±0,00 ^a	0,00
Ac. trans Linolênico (C18:3 trans)	0,19±0,00 ^a	0,00	0,19±0,00 ^a	0,00
Total	0,24±0,00 ^a	0,00	0,24±0,00 ^a	0,00
Relações				
Relação ω-6/ω-3	0,38±0,00 ^a	0,00	0,35±0,03 ^a	0,02
Relação PUFAs/SFA	6,38±0,04 ^a	0,03	5,30±0,17 ^b	0,12

*Letras diferentes na linha indicam diferença significativa pelo teste de Tukey (p<0,05); SD: Desvio padrão da média; EPM: Erro padrão da média; MUFAs: monoinsaturados; PUFAs: poliinsaturados; SFA: saturados; Ac.: ácido. Obs.: aproximadamente 5g de ácidos graxos (do total de lipídios) não foram identificados na análise.

Em relação aos ácidos graxos saturados, o ácido palmítico foi encontrado em maior quantidade, seguido do esteárico, concordando com estudos de Oomah e Mazza (1997) e Lichtenthaler (2009) com óleo de linhaça marrom. A porcentagem total de ácidos graxos saturados foi de 10,48% para o óleo de linhaça dourada, concordando com estudos de Morris (2007), e 12,36% para o óleo de linhaça marrom.

Não houve diferença estatística entre as amostras de óleo de linhaça dourada e marrom entre os ácidos mirístico, pentadecanóico, margárico, araquídico, behênico e lignocérico. Valores maiores estatisticamente, de ácidos láurico, palmítico, esteárico e, conseqüentemente, no total de saturados foram observados no óleo de linhaça marrom. Assim, este óleo apresentou-se menos propício ao consumo humano que o óleo de linhaça dourada, uma vez que ofereceu uma maior quantidade de gorduras saturadas, consideradas prejudiciais ao organismo, principalmente o ácido palmítico que é correlacionado à hipercolesterolemia (SPARKS *et al.*, 2000; ENGELHART *et al.*, 2002; KIEN *et al.*, 2005).

O ácido oleico obteve maior teor, dentre os MUFAs, em ambos os óleos, com porcentagem total de MUFAs de 22,71% no óleo de linhaça dourada e 22,10% no óleo de linhaça marrom, dados que corroboram com pesquisas de Morris (2007). A maioria dos MUFAs mostrou valores que não diferiram significativamente entre as amostras. Porém, o ácido gadoleico foi superior no óleo de linhaça dourada e o ácido erúcico foi maior no óleo de linhaça marrom. Entretanto, não houve diferença ($p > 0,05$) entre o teor total de MUFAs, de ambas as amostras. Neste quesito, ambos os óleos são igualmente benéficos para o consumo.

O ácido α -linolênico foi verificado em maior quantidade, dentre os PUFA's, seguido pelo ácido linoleico tanto no óleo de linhaça dourada como marrom. Oomah e Mazza (1997) pesquisando a variedade *Norman* de linhaça marrom (óleo) também encontraram valores semelhantes de C18:2 ω -6. A porcentagem total de PUFA's foi de 66,80% no óleo de linhaça dourada e 65,54% no óleo de linhaça marrom, corroborando com resultados de Morris (2007). A porcentagem total de ω -3 e ω -6 do óleo de linhaça dourada resultou em 48,51% e 18,30%, respectivamente, sendo 48,68% e 16,86%, respectivamente, no óleo de linhaça marrom.

Constatou-se também, que o teor de ácido linoleico, total de PUFA's e relação PUFA's/SFA foi superior no óleo de linhaça dourada, sendo que o α -linolênico não diferiu ($p>0,05$) entre os produtos. Sabendo-se disso, o óleo de linhaça dourada mostrou-se de melhor qualidade para a ingestão humana, uma vez que este perfil, principalmente os ácidos graxos ω -3, é considerado como preventivo de várias patologias (MOZAFFARIAN, 2005; HANSEN e HARRIS, 2007; SUN, 2008).

O teor de ácidos graxos *trans* e a relação ω -6/ ω -3 das amostras de óleo de linhaça dourada e marrom não mostraram diferença significativa, sendo o ácido *trans* linolênico encontrado em maior quantidade nos óleos. Portanto, tanto o óleo de linhaça dourada quanto a marrom, são fontes igualmente benéficas para aquisição dos consumidores, nesta avaliação.

Green e Marshall (1981) analisando variedades de linhaça dourada e marrom (óleo) observaram diferenças consideráveis entre os ácidos graxos, sendo 3,80 a 9,20% de ácido palmítico, 1,30 a 6,20% de ácido esteárico, 13,30 a 25,20% de ácido oleico, 10,40 a 20,90% de ácido linoleico e 45,50 a 63,10% de α -linolênico. Assim, verificou-se que as análises do atual trabalho estão dentro das variações relatadas pelos autores, sendo que o principal motivo destas diferenças está na heterogeneidade genética do produtos.

3.1.3 Avaliações microbiológicas

Na Tabela 4 podem ser observadas as avaliações microbiológicas dos óleos de linhaça dourada e marrom.

Tabela 4 – Avaliação microbiológica do óleo de linhaça dourada e marrom (*Linum Usitatissimum* L.)

Determinação	Óleo de linhaça dourada	Óleo de linhaça marrom
Psicrotróficos (UFC/g)	<1	<1
Mesófilos (UFC/g)	<1	<1

NMP Coliformes totais/g (35°C)	<3	<3
NMP Coliformes termotolerantes/g (45°C)	<3	<3

*UFC: Unidade formadora de colônia; NMP: número mais provável.

Todas as avaliações microbiológicas encontraram-se dentro dos limites aceitáveis (FUNG *et al.*, 1980; RIEDEL, 1992) para as amostras de óleo de linhaça dourada e marrom, sugerindo condições higiênicas satisfatórias dos produtos.

3.2 Linhaça (farinha/semente) dourada e marrom (*Linum Usitatissimum* L.)

3.2.1 Avaliação da composição centesimal

Na Tabela 5 pode-se verificar a composição centesimal da linhaça (farinha/semente) dourada e marrom.

Tabela 5 - Composição centesimal da linhaça (farinha/semente) dourada e marrom (*Linum Usitatissimum* L.)

Determinação	Linhaça dourada		Linhaça marrom	
	Média±SD	EPM	Média±SD	EPM
Umidade (g/100g)	4,30±0,03 ^b	0,02	5,05±0,01 ^a	0,01
Cinzas (g/100g)	3,77±0,05 ^a	0,03	2,67±0,02 ^b	0,04
Lipídios (g/100g)	35,62±0,09 ^b	0,07	36,91±0,04 ^a	0,03
Proteínas (g/100g)	23,14±0,13 ^b	0,09	27,14±0,82 ^a	0,58
Carboidratos (g/100g)	33,17±0,04 ^a	0,03	28,23±0,85 ^b	0,60
Fibra Bruta (g/100g)	16,88±0,95 ^a	0,67	17,10±0,41 ^a	0,21
Calorias - (kcal/100g)	542,05±0,13 ^b	0,09	550,53±0,42 ^a	0,30

*Letras diferentes na linha indicam diferença significativa pelo teste de Tukey (p<0,05); SD: Desvio padrão da média; EPM: Erro padrão da média; carboidratos: calculados por diferença.

Houve diferença na composição centesimal das amostras de linhaça (farinha/semente) dourada e marrom, com maiores teores para a linhaça marrom (p<0,05) de umidade, lipídios, proteínas e calorias. A linhaça dourada

apresentou maiores valores de cinzas e carboidratos. Não houve diferença em relação à fibra bruta das duas amostras.

Na Tabela 6 é possível observar que os valores dos nutrientes da composição centesimal variam amplamente na literatura. Em estudos de Morris (2007), a linhaça dourada apresentou valores superiores aos encontrados neste trabalho. Oomah *et al.* (1996), também relataram valores diferentes, principalmente no baixo teor de carboidratos.

A quantidade de lipídios na linhaça pode variar de 34-47g/100g, e esta diferença é variável de acordo com a origem, localização, cultivo e condições ambientais (OOMAH e MAZZA, 1998; DAUN *et al.*, 2003; MORRIS e VAISEY-GENSER, 2003; FITZPATRICK, 2006).

Madhusudhan (2009) verificou em amostras de linhaça marrom, maiores teores de umidade, lipídios e cinzas e menores de proteínas, comparando-se a presente pesquisa. Já, Morris (2007) avaliando variedades de linhaça marrom canadense observou também, menores resultados de proteínas e calorias e maiores de lipídios, porém semelhantes em carboidratos.

Nos trabalhos de Oomah *et al.* (1996) e Oomah e Mazza (1998) que avaliaram variedades de linhaça marrom provenientes do Canadá, foram observados além de menores teores de proteínas e maiores de lipídios, como os demais autores, valores bem inferiores de carboidratos, quando correlacionados a atual pesquisa.

Madhusudhan e Singh (1983) avaliando variedades de linhaça marrom da Índia constataram teores de cinzas bem próximos aos encontrados neste trabalho, sendo divergentes quanto aos outros nutrientes avaliados.

Mueller *et al.* (2010) compararam em seus estudos linhaça dourada e marrom, e não observaram nenhuma diferença estatística entre os dois produtos o que discorda da presente pesquisa.

Conforme Oomah e Mazza (1993), os teores de proteína na linhaça também podem ser diferentes entre países e cultivares, cujas diferenças podem ser atribuídas à genética e ao ambiente. Outro ponto que pode ter influência sobre a composição físico-química dos alimentos é o método de extração dos compostos para realização das análises. Estes fatores, portanto, podem explicar a grande variação nos resultados obtidos na literatura e no presente trabalho, tanto na variedade de linhaça (farinha/semente) dourada como na marrom utilizada em todo o mundo, necessitando assim de constantes avaliações.

Tabela 6 - Composição centesimal da linhaça (farinha/semente) dourada e marrom (*Linum Usitatissimum* L.) de acordo com a literatura

Linhaça dourada							
Referência	Umidade (g/100g)	Proteína (g/100g)	Lipídios (g/100g)	Carboidratos (g/100g)	Cinzas (g/100g)	Fibra bruta (g/100g)	Kcal (kcal/100g)
Oomah <i>et al.</i> (1996)	-	19,02	43,61	7,99	-	-	-
Morris (2007)	7,00	29,20	43,60	-	-	-	-
Mueller <i>et al.</i> (2010)	7,30	23,30	44,00	29,40	3,38	-	-
Linhaça marrom							
Madhusudhan e Singh (1983)	-	21,90	42,30	21,00	2,60	4,80	-
Oomah <i>et al.</i> (1996)	-	19,53	40,33	8,19	-	-	-
Oomah e Mazza (1998)	-	20,34	43,79	9,86	4,81	-	-
Morris (2007)	-	20,00	41,00	29,00	-	-	450,00
Madhusudhan (2009)	8,00	20,00	41,00	-	4,00	-	-
Mueller <i>et al.</i> (2010)	7,40	23,40	45,20	27,80	3,50	-	-
Morris (2010)	7,00	20,00	41,00	-	-	-	-

3.2.2 Perfil de ácidos graxos

O perfil de ácidos graxos da linhaça (farinha/semente) dourada e marrom pode ser verificado na Tabela 7.

Tabela 7 - Perfil de ácidos graxos da linhaça (farinha/semente) dourada e marrom (*Linum Usitatissimum* L.) (g/100g de farinha/semente)

Ácidos Graxos	Linhaça dourada		Linhaça marrom	
	Média±SD	EPM	Média±SD	EPM
SFA				
Ac. Láurico (C12:0)	0,01±0,00 ^a	0,00	0,01±0,00 ^a	0,00
Ac. Mirístico (C14:0)	0,03±0,00 ^b	0,00	0,04±0,04 ^a	0,04
Ac. Pentadecanóico (C15:0)	0,01±0,00 ^a	0,00	0,01±0,02 ^a	0,00
Ac. Palmítico (C16:0)	1,93±0,01 ^b	0,07	2,31±0,05 ^a	0,10
Ac. Margárico (C17:0)	0,02±0,00 ^a	0,00	0,02±0,00 ^a	0,00
Ac. Esteárico (C18:0)	1,44±0,07 ^b	0,05	1,84±0,04 ^a	0,03
Ac. Araquídico (C20:0)	0,06±0,00 ^b	0,00	0,07±0,00 ^a	0,00
Ac. Behênico (C22:0)	0,06±0,00 ^a	0,00	0,06±0,00 ^a	0,00
Ac. Lignocérico (C24:0)	0,05±0,00 ^a	0,00	0,05±0,00 ^a	0,00
Total	3,61±0,04 ^b	0,03	4,40±0,10 ^a	0,07
Porcentagem total (%)	10,66		12,65	
MUFAs				
Ac. Palmitoleico (C16:1 ω-7)	0,05±0,00 ^a	0,00	0,05±0,01 ^a	0,00
Ac. Margaroleico (C17:1 ω-7)	0,02±0,00 ^a	0,00	0,02±0,00 ^a	0,00
Ac. Oleico (C18:1 ω-9)	8,70±0,31 ^a	0,22	8,43±0,07 ^a	0,05
Ac. Gadoleico (C20:1 ω-9)	0,06±0,00 ^a	0,00	0,06±0,00 ^a	0,00
Ac. Erúcico (C22:1 ω-9)	0,00 ^b	0,00	0,02±0,00 ^a	0,00
Total	8,83±0,31 ^a	0,22	8,57±0,06 ^a	0,04
Porcentagem total (%)	26,08		24,62	
PUFAs				
Ac. Linoleico (C18:2 ω-6)	5,14±0,05 ^a	0,03	5,23±0,03 ^a	0,02
Ac. α-Linolênico (C18:3 ω-3)	16,28±0,00 ^a	0,00	16,61±0,12 ^a	0,08
Total	21,42±0,05 ^a	0,00	21,84±0,08 ^a	0,06
Porcentagem total (%)	63,26		62,75	
Porcentagem total ω-6 (%)	15,18		15,02	
Porcentagem total ω-3 (%)	48,08		47,73	
Ácidos graxos trans				
Ac. Linolelaídico (C18:2 trans t9, t12)	0,02±0,00 ^a	0,00	0,02±0,00 ^a	0,00
Ac. trans Linolênico (C18:3 trans)	0,08±0,00 ^a	0,00	0,08±0,00 ^a	0,00
Total	0,10±0,00 ^a	0,00	0,10±0,00 ^a	0,00
Relações				
Relação ω-6/ω-3	0,32±0,00 ^a	0,00	0,31±0,00 ^a	0,00
Relação PUFAs/SFA	5,93±0,08 ^a	0,06	4,97±0,23 ^b	0,16

*Letras diferentes na linha indicam diferença significativa pelo teste de Tukey (p<0,05); SD: Desvio padrão da média; EPM: Erro padrão da média; MUFAs: monoinsaturados; PUFAs: poliinsaturados; SFA: saturados; Ac.: ácido. Obs.: aproximadamente 2g de ácidos graxos (do total de lipídios) não foram identificados na análise.

Conforme a Tabela 7, os ácidos palmítico e esteárico foram aqueles encontrados em maior quantidade. A porcentagem total de ácidos graxos saturados foi menor na linhaça dourada (10,66%) e maior na marrom (12,65%).

Ressalta-se que, segundo Grundy (1994), o ácido palmítico aumenta a lipoproteína de baixa densidade (LDL-colesterol), sendo considerado

hipercolesterolêmico na dieta, aumentando o risco de doenças como obesidade e resistência à insulina. Porém, apesar da linhaça conter um teor relativamente alto deste ácido graxo, o consumo diário pelos indivíduos é de pequena quantidade e não chega a ser preocupante, pois ela possui também outros nutrientes considerados essenciais ao organismo.

Já o ácido esteárico, presente também na linhaça, pode ser considerado neutro nos seus efeitos sobre as lipoproteínas (HEGSTED *et al.*, 1965; GRANDE *et al.*, 1970; BONANOME e GRUNDY, 1988; DENKE e GRUNDY, 1991).

Os ácidos mirístico, palmítico, esteárico, araquídico e o total de saturados foram superiores ($p < 0,05$) na linhaça marrom. Os demais ácidos graxos saturados não apresentaram diferença estatística ($p > 0,05$). Como ocorreu com o óleo, a linhaça dourada (farinha/semente) por apresentar menor teor de ácidos graxos saturados, pode ser considerada de melhor qualidade nutricional para o consumo humano. Apesar dessa diferença entre as duas variedades, a linhaça, em geral, pode ser considerada um alimento naturalmente pobre em gorduras saturadas (MADHUSUDHAN, 2009).

O ácido oleico foi verificado em maior teor, dentre os MUFAs, obtendo-se uma porcentagem total destes ácidos graxos de 26,08% e 24,62%, respectivamente, para a linhaça dourada e marrom. O ácido graxo erúcido foi superior na linhaça marrom, não havendo diferença significativa entre os demais ($p > 0,05$). Os dois produtos apresentaram semelhantes teores totais de MUFAs e, são avaliados por Madhusudhan (2009) como um alimento que fornece quantidades moderadas de monoinsaturados. Sendo assim, ambas as variedades possuem boas características nutricionais.

De acordo com estes resultados, verificou-se um benefício no consumo da linhaça e derivados, uma vez que o ácido oleico, em geral, tem sido considerado neutro para o risco de hipercolesterolemia (BERRY *et al.*,

1992; VALSTA *et al.*, 1992; LICHTENSTEIN *et al.*, 1993). Porém, alguns autores relatam que este ácido graxo pode ter efeito hipocolesterolêmico, baixando a concentração sérica de colesterol total (HEGSTED *et al.*, 1965).

O ácido α -linolênico apresentou-se em maior quantidade, seguido pelo ácido linoleico, na avaliação dos PUFA. A porcentagem total de PUFA foi de 63,26% na linhaça dourada e 62,75% na marrom. A porcentagem total de ácidos graxos ω -3 e ω -6 da linhaça dourada resultou em 48,08% e 15,18%, respectivamente, sendo 47,73% e 15,02%, respectivamente, na linhaça marrom. Não houve diferença significativa entre os ácidos linoleico, α -linolênico e total de PUFA.

Como verificado, a linhaça é um alimento rico em ácidos graxos ω -3. Muitos estudos têm demonstrado que a ingestão de ácidos graxos de cadeia longa ω -3, bem como o consumo de α -linolênico podem reduzir o risco de doenças cardíacas (HU *et al.*, 1999; DJOUSSE *et al.*, 2001; MEDEIROS *et al.*, 2007). Portanto, uma alimentação com linhaça pode trazer resultados positivos para a saúde pública (CONNER, 1999; KRIS-ETHERTON *et al.*, 2000), ajudando a aumentar o nível deste ácido graxo na dieta.

Não foi verificada diferença estatística entre os ácidos graxos *trans* nas duas variedades. Apesar dos produtos apresentarem teores de ácidos graxos *trans*, estes valores podem ser considerados muito pequenos, devido a baixa recomendação na ingestão diária da linhaça e também conforme a ANVISA (BRASIL, 2003b) que informa que produtos contendo menos que 0,2g por porção podem ser declarados na rotulagem como “zero” ou “não contém” ácidos graxos *trans*.

Estes dados trazem benefícios aos consumidores, uma vez que a maioria dos estudos epidemiológicos relacionam a ingestão dietética de ácidos graxos *trans* com aumento da morbidade e mortalidade por insuficiência

coronária e desenvolvimento da aterosclerose (STENDER *et al.*, 1995; LEMAITRE *et al.*, 2002; ASCHERIO *et al.*, 2004).

Devido à maior quantidade de ácidos graxos saturados da linhaça marrom, verificou-se na Tabela 7 uma menor relação PUFA/SFA, sendo que não houve diferença significativa ($p>0,05$) na relação ω -6/ ω -3 entre os produtos.

Pela elevada quantidade de α -linolênico presente tanto na farinha/semente de linhaça dourada como na marrom, observou-se uma relação ω -6/ ω -3 muito baixa. Segundo Bhatti (1995) e Madhusudhan (2009) a relação ω -6/ ω -3 da linhaça é de 0,3:1, resultados que confirmam os encontrados na atual pesquisa. Quando se compara esta relação da linhaça com outras fontes importantes, tais como milho (58:1), soja (7:1), canola (2:1) (VAISEY-GENSER e MORRIS, 1997) a mesma fornece menores teores de ácidos graxos ω -6.

Acredita-se que na sociedade ocidental atual, a proporção de ω -6/ ω -3 pode ser tão elevada quanto 20-30:1 (BEMELMANS *et al.*, 2004). Sendo, geralmente, atribuída à multiplicidade de óleos vegetais atualmente disponíveis e consumidos, os quais são ricos em ácidos graxos ω -6 (FITZPATRICK, 2006). O que se encontra muito distante da recomendação atual para a relação ω -6/ ω -3 (4:1 a 10:1) (HEALTH AND WELFARE CANADÁ, 1990). Assim, a suplementação da dieta com semente de linhaça proporciona uma boa fonte de ácido graxo ω -3 (α -linolênico), baixos níveis de ácido linoleico, bem como uma baixa relação ω -6/ ω -3.

O nível aceitável de ingestão de α -linolênico é de 1,6g/dia para homens e 1,1g/dia para mulheres (DRI, 2005). Assim, para se obter estas recomendações adequadas por dia, seriam necessárias aproximadamente 10g de linhaça (farinha/semente) dourada ou marrom para homens e 7g para mulheres, sendo que um consumo de aproximadamente 4g de óleo de linhaça

dourada e marrom para homens e 3g para mulheres, também fornece adequada suplementação do ácido graxo C18:3 ω -3.

3.2.3 Avaliações microbiológicas

Na Tabela 8 podem ser observadas as avaliações microbiológicas da linhaça (farinha/semente) dourada e marrom.

Tabela 8 – Avaliação microbiológica da linhaça (farinha/semente) dourada e marrom (*Linum Usitatissimum* L.)

Determinação	Linhaça dourada	Linhaça marrom
Psicrotróficos (UFC/g)/Log(UFC/g)	1,21x10 ⁴ / 4,08	2,75x10 ⁴ / 4,44
Mesófilos (UFC/g)/Log(UFC/g)	7,71x10 ³ / 3,89	9,85x10 ³ / 3,99
NMP Coliformes totais/g (35°C)	4	15
NMP Coliformes termotolerantes/g (45°C)	<3	<3

*UFC: Unidade formadora de colônia; NMP: número mais provável; Log: Logaritmo.

Todas as avaliações microbiológicas encontram-se dentro dos limites aceitáveis para as amostras de farinha/semente de linhaça dourada e marrom, sugerindo condições higiênicas satisfatórias dos produtos. Estes resultados concordam com os obtidos por Morais *et al.* (2010) que avaliaram amostras de farinha/semente de linhaça dourada e marrom quanto à presença de coliformes a 45°C.

Apesar da legislação brasileira não especificar um limite para a contagem total de microrganismos nestes produtos, Fung *et al.* (1980) e Riedel (1992) afirmam que produtos que mostram contagens entre 10⁵ e 10⁶UFC/g são considerados como altamente contaminados e, conseqüentemente, impróprios para o consumo. Baseando-se nisso, nenhuma das amostras avaliadas representa um risco potencial para os consumidores.

Porém, estudos de Castro *et al.* (2008) sobre a qualidade microbiológica de amostras de linhaça na cidade de Fortaleza-CE, observaram

que 67% delas apresentaram contagens de bactérias aeróbias mesófilas totais variando de $1,04 \times 10^4$ UFC/g a $1,49 \times 10^5$ UFC/g, podendo ser consideradas, conforme os autores, impróprias para o consumo, representando um risco potencial para os consumidores. Em contrapartida 33% dos produtos registraram contagens inferiores a $3,0 \times 10$ UFC/g.

Apesar das contagens microbianas observadas estarem dentro dos limites para consumo, deve-se observar a importância de boas práticas na manipulação e conservação desses produtos como ingredientes alimentícios, pois serão aplicados em formulações ou consumidos diretamente. Os fatores ambientais, tais como: umidade relativa, qualidade microbiológica da água e temperatura, assim como aqueles relacionados com o produto elaborado (pH, atividade de água e acidez), também desempenham um papel fundamental na qualidade microbiológica do produto final (NASCIMENTO *et al.*, 2005). A vida de prateleira de alimentos industrializados que apresentem linhaça em suas formulações pode ser comprometida se esses parâmetros não forem rigorosamente controlados com repercussões econômicas expressivas (MIRIAN *et al.*, 2001).

3.3 Óleo de palma

3.3.1 Avaliação da composição centesimal

O óleo de palma, que é um ingrediente amplamente utilizado em hambúrgueres bovinos, foi avaliado no presente estudo por possuir baixos teores de ácidos graxos *trans* em sua composição, sendo um substituto industrial à gordura vegetal hidrogenada que é rica nestes ácidos graxos (MÜLLER *et al.*, 1998). Sendo assim, a utilização do óleo de palma teve como objetivo atender a resolução da ANVISA (BRASIL, 2003b) que obriga a declaração de ácidos graxos *trans* no rótulo nutricional do produto.

A Tabela 9 apresenta a composição centesimal do óleo de palma.

Tabela 9 - Composição centesimal do óleo de palma utilizado como matéria-prima na formulação dos hambúrgueres bovinos

Determinação	Média±SD	EPM
Umidade (g/100g)	0,07±0,03	0,02
Cinzas (g/100g)	0,01±0,00	0,00
Lipídios (g/100g)	99,92±0,20	0,14
Proteínas (g/100g)	0,00	0,00
Carboidratos (g/100g)	0,00	0,00
Calorias - (kcal/100g)	899,28±1,84	1,30

*SD: Desvio padrão da média; EPM: Erro padrão da média; carboidratos: calculados por diferença.

Na Tabela 9 observou-se que 99,92g da composição centesimal do óleo de palma são lipídios e, portanto, este produto apresenta um alto teor calórico. Sendo assim, os triacilglicerídeos constituem o principal componente (95%), com pequenas proporções de diglicerídeos e monoglicerídeos (TAVARES, 1988).

3.3.2 Perfil de ácidos graxos

O perfil de ácidos graxos do óleo de palma é apresentado na Tabela 10.

Tabela 10 - Perfil de ácidos graxos do óleo de palma utilizado como matéria-prima na formulação dos hambúrgueres bovinos (g/100g de óleo)

Ácidos Graxos	Média±SD	EPM
SFA		
Ac. Cáprico (C10:0)	0,02±0,00	0,00
Ac. Láurico (C12:0)	0,22±0,00	0,00
Ac. Mirístico (C14:0)	0,80±0,00	0,00
Ac. Pentadecanóico (C15:0)	0,03±0,00	0,00
Ac. Palmítico (C16:0)	38,09±0,01	0,00
Ac. Margárico (C17:0)	0,10±0,00	0,01
Ac. Esteárico (C18:0)	5,39±0,05	0,04
Ac. Araquídico (C20:0)	0,39±0,00	0,00
Ac. Behênico (C22:0)	0,08±0,00	0,00
Ac. Lignocérico (C24:0)	0,09±0,00	0,00

Total	45,21±0,04	0,03
Porcentagem total (%)	47,36	
MUFAs		
Ac. Palmitoleico (C16:1 ω-7)	0,17±0,01	0,00
Ac. Margaroleico (C17:1 ω-7)	0,17±0,01	0,00
Ac. Oleico (C18:1 ω-9)	38,04±0,02	0,01
Ac. Gadoleico (C20:1 ω-9)	0,13±0,00	0,00
Total	38,51±0,00	0,00
Porcentagem total (%)	40,34	
PUFAs		
Ac. Linoleico (C18:2 ω-6)	11,46±0,02	0,01
Ac. α-Linolênico (C18:3 ω-3)	0,28±0,00	0,00
Total	11,74±0,02	0,02
Porcentagem total (%)	12,30	
Porcentagem total ω-6 (%)	12,01	
Porcentagem total ω-3 (%)	0,29	
Ácidos graxos trans		
Ac. Elaídico (C18:1 trans 9)	0,04±0,00	0,00
Ac. Linolelaídico (C18:2 trans t9, t12)	0,11±0,00	0,00
Ac. trans Linolênico (C18:3 trans)	0,05±0,00	0,00
Total	0,20±0,00	0,00
Relações		
Relação ω-6/ω-3	40,93±0,25	0,18
Relação PUFAs/SFA	0,26±0,00	0,00

*SD: Desvio padrão da média; EPM: Erro padrão da média; MUFAs: monoinsaturados; PUFAs: poliinsaturados; SFA: saturados; Ac.: ácido. Obs.: aproximadamente 4g de ácidos graxos (do total de lipídios) não foram identificados na análise.

O óleo de palma é rico em ácidos graxos saturados (Tabela 10), predominantemente o palmítico e esteárico, sendo que a menor quantidade encontrada foi de ácido cáprico. Quanto à porcentagem total, 47,36% de ácidos graxos do óleo de palma foram considerados como saturados, dados também citados por Tavares (1988).

O ácido oleico foi encontrado em maior teor dentre os MUFAs, seguido de quantidades semelhantes de palmitoleico e margaroleico. A porcentagem total de MUFAs foi de 40,34%, o que foi relatado da mesma forma em estudos de Tavares (1988), sendo considerado uma boa fonte deste nutriente.

O ácido linoleico foi encontrado em maior teor (11,46g/100g) no óleo de palma, seguido do α-linolênico em baixos teores (0,28g/100g) corroborando com estudos de May (1994) e Ebong *et al.* (1999). Verificou-se que 12,30% do

total dos ácidos graxos provém dos PUFA's, valores que concordam com Tavares (1988). Devido a alta quantidade do ácido C18:2 ω -6, o óleo de palma apresentou alta relação ω -6/ ω -3. Por possuir uma alta quantidade de ácidos saturados, não apresentou uma relação PUFA's/SFA satisfatória, sendo considerada baixa.

Baixas concentrações de ácidos graxos *trans* também foram verificadas, sendo prevalente o ácido linolelaídico.

Segundo Tavares (1988) a composição em ácidos graxos do óleo de palma pode variar de acordo com o tipo e o grau de maturação dos frutos, além dos fatores climáticos, por isso sua composição poderá oscilar conforme o país de origem. Giese (1996) relata que, do total de ácidos graxos, este óleo contém 39% de ácido oleico, 10% de linoleico, 44% de ácido palmítico e 5% de ácido esteárico. Na avaliação do presente trabalho verificaram-se resultados próximos aos dos autores sendo: 39,85% de ácido oleico, 12,01% de ácido linoleico, 39,90% de ácido palmítico e 5,65% de ácido esteárico.

Em virtude de sua composição peculiar rica em ácido palmítico, destaca-se o comportamento do óleo nas transições e coexistência de fases sólidas e líquidas, que lhe confere uma consistência semi-sólida, permitindo flexibilidade para produzir uma grande variedade de produtos alimentícios (RITTNER, 1996; SAMBANTHAMURTHI *et al.*, 2000).

Com relação aos atributos nutricionais do óleo, consideram-se, em particular, seus efeitos benéficos nas doenças cardiovasculares e, possivelmente no câncer (ONG e GOH, 2002). Ressalta-se ainda, a alta presença de ácido oleico neste produto, o qual possui efeito hipocolesterolêmico na saúde (KEYS *et al.*, 1965; HEGSTED *et al.*, 1965; BERRY *et al.*, 1992; MATA *et al.*, 1992; MENSINK e KATAN, 1992; VALSTA *et al.*, 1992; LICHTENSTEIN *et al.*, 1993).

3.3.3 Avaliações microbiológicas

Na Tabela 11 podem ser observadas as avaliações microbiológicas do óleo de palma.

Tabela 11 – Avaliações microbiológicas do óleo de palma utilizado como matéria-prima na formulação dos hambúrgueres bovinos

Determinação	Óleo de palma
Psicrotróficos (UFC/g)	<1
Mesófilos (UFC/g)	<1
NMP Coliformes totais/g (35°C)	<3
NMP Coliformes termotolerantes/g (45°C)	<3

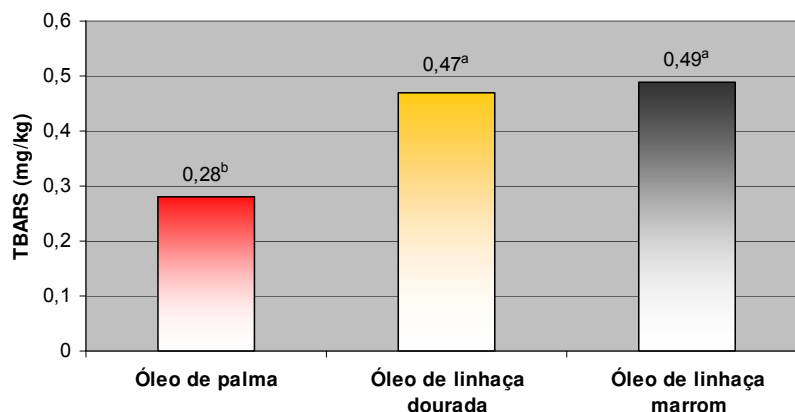
*UFC: Unidade formadora de colônia; NMP: número mais provável.

As avaliações microbiológicas do óleo de palma encontram-se dentro do aceitável, indicando condições higiênicas satisfatórias do alimento.

A empresa fabricante do óleo de palma (Triângulo Alimentos) informou máximo de 5,0UFC/g de coliformes a 45°C, resultados que conferem com os verificados na análise em questão. O produto apresentou-se, também, macroscopicamente ausente de matérias prejudiciais à saúde humana, de acordo com a ANVISA (BRASIL, 2003a).

3.4 Teores de TBARS no óleo de palma, óleo de linhaça dourada e marrom (*Linum Usitatissimum* L.)

Na Figura 4 verifica-se os teores de TBARS entre os óleos de linhaça dourada e marrom e óleo de palma.



*Letras diferentes indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Figura 4 – Teor de TBARS no óleo de palma, óleo de linhaça dourada e marrom (*Linum Usitatissimum* L.).

O óleo de palma apresentou menor resultado ($p < 0,05$) de TBARS, comparado ao óleo de linhaça dourada e marrom. Entretanto, todas as amostras podem ser consideradas com valores baixos de oxidação lipídica.

Esta diferença pode ter ocorrido devido ao óleo de palma ser refinado e possuir antioxidantes TBHQ e ácido cítrico para conservação, conforme indicado pelos fabricantes, enquanto os óleos de linhaça dourada e marrom são brutos e podem conter maior quantidade de impurezas que colaboraram para uma maior oxidação dos PUFA's e conseqüentemente maior valor de TBARS, conforme explicam Cornelius (1977) e Tango *et al.* (1981). Outro fato é que, o óleo de palma possui menor teor de PUFA's e maior de saturados o que possibilita menor oxidação lipídica do produto.

Em avaliações da oxidação do óleo de palma, Trigueiro e Penteado (1993) verificaram valores mais baixos de TBARS no óleo de palma refinado, variando de $1,499$ a $1,879 \times 10^{-5}$ (mg/kg).

O alto teor de α -linolênico no óleo de linhaça, é altamente suscetível à oxidação, levando à rápida deterioração da qualidade (CHOO *et al.*, 2007). A oxidação destes óleos pode ser acelerada pela exposição à luz (fotooxidação), presença de oxigênio e fotossensibilizadores que podem produzir hidroperóxidos de ácidos graxos insaturados e ésteres (CHOO *et al.*, 2007). Lukaszewicz *et al.* (2004) relataram que mesmo após a extração a frio, para evitar a rápida ocorrência do ranço, o óleo de linhaça é muitas vezes complementado com vitamina E e armazenado em frascos de vidro escuro sendo que não é indicado para fritura. No produto analisado, os baixos teores de TBARS revelam boa procedência tecnológica.

4. CONCLUSÕES

Tanto o óleo de linhaça dourada como marrom apresentaram composição centesimal similares. Entretanto, na avaliação do perfil de ácidos graxos, o óleo de linhaça dourada mostrou-se mais favorável ao consumo humano, oferecendo menor quantidade de ácidos graxos saturados e maior teor total de PUFA's. Ambos os óleos foram considerados igualmente benéficos para o consumo humano, em relação à quantidade total de MUFA's, ácidos graxos *trans* e relação ω -6/ ω -3.

A farinha/semente de linhaça dourada mostrou melhor qualidade nutricional uma vez que proporcionou menor conteúdo total de ácidos graxos saturados. Tanto a linhaça dourada como a marrom apresentaram semelhantes benefícios no consumo, uma vez considerados os teores totais de MUFA's, PUFA's, ácidos graxos *trans* e relação ω -6/ ω -3.

Na avaliação geral das relações dos ácidos graxos do óleo e da farinha/semente de linhaça dourada e marrom, verificou-se a predominância do

ácido graxo α -linolênico, obtendo-se uma baixa relação ω -6/ ω -3 e alta relação PUFAs/SFA.

Os teores de ácidos graxos *trans* foram baixos, tanto no óleo quanto na farinha/semente de linhaça dourada e marrom.

Diante do exposto, a linhaça e seus derivados mostraram-se produtos potenciais para o uso como ingredientes funcionais em carnes e derivados, com destaque à linhaça dourada devido ao seu melhor perfil de ácidos graxos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOAC - ANALYSIS OF ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists**. 12 ed. Washington D.C., 1975.

AOAC - ANALYSIS OF ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists**. 13 ed. Washington D.C., 1980.

AOCS - AMERICAN OIL CHEMIST'S SOCIETY. **Official methods and recommended practices of the American oil chemist's society**. 5th ed. Champaign: AOAC Press, 2004.

ASCHERIO, A.; STAMPFER, M.J.; WILLETT, W.C. Trans fatty acids and coronary heart disease. **Harvard School Public Health**, p.1–8, 2004.

ATWATER, W.O.; WOODS, C.D. The chemical composition of American food materials. **Farmers' Bulletin**, n.28. U.S. Department of Agriculture. Washington, 1896.

BEMELMANS, W.J. et al. Increased alpha-linolenic acid intake lowers C-reactive protein, but has no effect on markers of atherosclerosis. **European Journal of Clinical Nutrition**, v.58, n.7, p.1083–1089, 2004.

BERRY, E.M. et al. Effects of diets rich in monounsaturated fatty acids on plasma lipoproteins - the Jerusalem Nutrition Study. II. Monounsaturated fatty acids vs carbohydrates. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.56, n.2, p.394-403, 1992.

BHATTY, R.S. Nutrient composition of whole flaxseed and flaxseed meal. In: CUNNANE, S.C.; THOMPSON, L.U. (Eds.). **Flaxseed in Human Nutrition**. Champaign IL.: AOCS Press, 1995. p.22-42.

BLIGH, E.G.; DYER, W.J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian journal of biochemistry and physiology**, v.37, n.8, p.911-917, 1959.

BONANOME, A.; GRUNDY, S.M. Effect of dietary stearic acid on plasma cholesterol and lipoprotein levels. **The New England Journal of Medicine**, v.318, n.19, p.1244-1248, 1988.

BRASIL. ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 23:** Regulamento Técnico que aprova o uso de aditivos alimentares, estabelecendo suas funções e seus limites máximos para a Categoria de Alimentos Óleos e Gorduras – Subcategoria Creme Vegetal e Margarinas de 15 de fevereiro de 2005a. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br/alimentos/legis/especifica/aditivos.htm>>. Acesso em: 20 jul. 2010.

BRASIL. ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 270:** Regulamento técnico para óleos vegetais, gorduras vegetais e creme vegetal de 22 de setembro de 2005b. Disponível em: <http://www.puntofocal.gov.ar/notific_otros_miembros/bra171a1_t.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2010.

BRASIL. ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 175:** Regulamento técnico de avaliação de matérias macroscópicas e Microscópicas prejudiciais à saúde humana em alimentos embalados de 08 de julho de 2003a. Disponível em: <http://www.abic.com.br/arquivos/leg_anvisa_resol175.pdf>. Acesso em: 02 ago. 2010.

BRASIL. ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 360:** Regulamento Técnico sobre Rotulagem Nutricional de Alimentos Embalados de 23 de dezembro de 2003b. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/2003/rdc/360_03rdc.htm>. Acesso em: 03 out. 2010.

BRASIL. ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 386:** Regulamento técnico sobre aditivos utilizados segundo as boas práticas de fabricação e suas funções de 5 de agosto de 1999. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/386_99.htm>. Acesso em: 28 jul. 2010.

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.753–759, 1993.

CASTRO, R.J.S.; MACIEL, T.C.; MARTINS, S. Avaliação da qualidade microbiológica de linhaça como parâmetro de qualidade e segurança alimentar. In: III CONGRESSO DE PESQUISA E INOVAÇÃO DA REDE NORTE NORDESTE DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Ceará, 2008.

CHOO, W.S.; BIRCH, J.; DUFOUR, J.P. Physicochemical and quality characteristics of cold-pressed flaxseed oils. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.20, n.3-4, p. 202–211, 2007.

CONNER, W.E. Alpha-Linolenic acid in health and disease. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.69, n.5, p.827- 828, 1999.

CORNELIUS, J.A. International standards for palm oil. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v.54, n.12, p.943-950, 1977.

COSKUNER, Y.; KARABABA, E. Some physical properties of flaxseed (*linum usitatissimum* L.). **Journal of Food Engineering**, v.78, n.3, p.1067-1073, 2007.

DAUN, J.K. et al. Structure, composition, and variety development of flaxseed, 1-40p. In: THOMPSON, L.U.; CUNNANE, S.C. (Eds.). **Flaxseed in Human Nutrition**. 2 ed. Champaign IL.: AOCS Press, 2003. p.1-40.

DENKE, M.A.; GRUNDY, S.M. Effects of fats high in stearic acid on lipid and lipoprotein concentrations in men. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.54, n.6, p.1036-1040, 1991.

DRI - DIETARY REFERENCE INTAKES. **Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein, and Amino Acids (Macronutrients)**. 2005. Disponível em: <<http://search.nap.edu/nap-cgi/de.cgi?term=fiber>>. Acesso em: 23 jul. 2010.

DJOUSSE, L. et al. Relation between dietary linolenic acid and coronary artery disease in the National Heart, Lung, and Blood Institute Family Heart Study. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.74, n.5, p.612 -619, 2001.

DOWNES, F.P.; ITO, K. APHA - American Public Health Association **Compendium of Methods Microbiological Examination of Foods**. 4 ed. Washington D.C.: American Public Health Association, 2001. 676p.

EBONG, P.E.; OWU, D.U.; ISONG, E.U. Influence of palm oil (*Elaeisis guineensis*) on health. **Plant foods for Human Nutrition**, v.53, n.3, p.209-222, 1999.

ENGELHART, M.J. et al. Diet and the risk of dementia: Does fat matter? The Rotterdam Study. **Neurology**, v.59, n.12, p.1915–1921, 2002.

FITZPATRICK, K. **North America Flax Facts Important Questions & Answers For Improved Health and Nutrition**. 2 ed. Revised May 2006. Disponível em: <http://www.ameriflax.com/UserFiles/Image/Flax_Facts_II.pdf>. Acesso em: 29 jul. 2010.

FUNG, D.Y.C. et al. Mesophilic and psychrotrophyc bacteria population on hot-boned and conventionally processed beef. **Journal of Food Protection**, v.43, n.7, p.547-550, 1980.

GIESE, J. Fats, oils, and fat replacers. **Food Technology**, v.50, n.4, p.78-84, 1996.

GRANDE, F.; ANDERSON, J.T.; KEYS, A. Comparison of effects of palmitic and stearic acids in the diet on serum cholesterol in man. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.23, n.9, p.1184–1191, 1970.

GREEN, A.G.; MARSHALL, D.R. variation for oil quantity and quality in linseed (*Linum usitatissimum*). **Australian Journal of Agricultural Research**, v.32, n.1, p.599-607, 1981.

GRUNDY, S.M. Influence of stearic acid on cholesterol metabolism relative to other long-chain fatty acids. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.60, 6 suppl, p.986S-990S, 1994.

HANSEN, S.N.; HARRIS, W.S. New evidence for the cardiovascular benefits of long chain omega-3 fatty acids. **Current atherosclerosis reports**, v.9, n.6, p.434-440, 2007.

HARTMAN, L.; LAGO, R.C.A. Rapid preparation of fatty acid methyl ester from lipids. London: **Laboratory Practice**, v.22, n.6, p.475-476, 1973.

HEALTH AND WELFARE CANADA. **Nutrition Recommendations**. The Report of the Scientific Review Committee. Department of Supply and Services. Cat. n.H49-42/1990E. Ottawa, On. 1990.

HEGSTED, D.M. et al. Quantitative effects of dietary fat on serum cholesterol in man. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.17, n.5, p.281–295, 1965.

HOLLAND, B. et al. **McCance and Widdowson's: the composition of foods**. 5 ed. Cambridge: The Royal Society of Chemistry, 1997. 600p.

HU, F.B. et al. Dietary intake of alpha-linolenic acid and risk of ischemic heart disease among women. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.69, n.5, p.890-897, 1999.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3 ed. v.1. São Paulo: O Instituto, 1985. 533p.

KEYS, A.; ANDERSON, J.T.; GRANDE, F. Serum cholesterol response to changes in the diet. I. Iodine value of dietary fat versus 2S-P. **Metabolism**, v.14, n.7, p.747-758, 1965.

KIEN, C.L.; BUNN, J.Y.; UGRASBUL, F. Increasing dietary palmitic acid decreases fat oxidation and daily energy expenditure. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.82, n.2, p.320-326, 2005.

KRIS-ETHERTON, P.M.; TAYLOR, D.S.; YU-POTH, S. Polyunsaturated fatty acids in the food chain in the United States. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.71, 1 suppl, p.179S-88S, 2000.

LEES, R. **Manual de análises de alimentos** (Laboratory handbook of methods of food analysis). Zaragoza: Ed. Acribia, 1979. p.124-125.

LEMAITRE, R.N. et al. Cell membrane trans-fatty acids and the risk of primary cardiac arrest. **Circulation**, v.105, n.6, p.697-701, 2002.

LICHTENSTEIN, A.H. et al. Effects of canola, corn, and olive oils on fasting and postprandial plasma lipoproteins in humans as part of a National Cholesterol Education Program Step 2 diet. **Arteriosclerosis and thrombosis**, v.13, n.10, p.1533-1542, 1993.

LICHTENTHALER, A.G. **Efeito comparativo de dietas ricas em linhaça marrom e dourada no câncer de mama**. 2009. 62p. Dissertação (Mestrado em Nutrição em Saúde Pública) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

LUKASZEWICZ, M.; SZOPA, J.; KRASOWSKA, A. Susceptibility of lipids from different flax cultivars to peroxidation and its lowering by added antioxidants. **Food Chemistry**, v.88, n.2, p.225-231, 2004.

MADHUSUDHAN, B. Potential Benefits of Flaxseed in Health and Disease - A Perspective. **Agriculturae Conspectus Scientificus**, v.74, n.2, p.67-72, 2009.

MADHUSUDHAN, K.T.; SINGH, N. Studies on linseed proteins. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.31, n.5, p.959-963, 1983.

MATA, P.; GARRIDO, J.A.; ORDOVAS, J.M. Effect of dietary monounsaturated fatty acids on plasma lipoproteins and apolipoproteins in women. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.56, n.1, p.77-83, 1992.

MAY, C.Y. Palm oil carotenoids. **Food and Nutrition Bulletin**, v.15, n.2, p.130-137, 1994.

MEDEIROS, D. M. et al. Feeding enriched omega-3 fatty acid beef to rats increases omega-3 fatty acid content of heart and liver membranes and decreases serum vascular cell adhesion molecule-1 and cholesterol levels. **Nutrition Research**, v.27, n.5, p.295-299, 2007.

MENSINK, R.P.; KATAN, M.B. Effect of dietary fatty acids on serum lipids and lipoproteins: a meta-analysis of 27 trials. **Arteriosclerosis and thrombosis**, v.12, n.8, p.911-919, 1992.

MIRIAN, S. et al. Avaliação da qualidade microbiológica de queijo prato e parmesão ralado. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, v.19, n.1, p. 65-74, 2001.

MORAIS, V.A.D. et al. **Linhaça - alimento seguro?** Fundação Ezequiel Dias, Instituto Octávio Magalhães, Divisão de Vigilância Sanitária. Disponível em: <http://64.233.163.132/search?q=cache:IEmCUpljfgJ:www.hbatools.com.br/congresso/trabalho/42/VANESSA_MORAIS_CPF_27594726634-ENVIO_8-6-2009_16-40-46.doc+LINHA%C3%87A+-+ALIMENTO+SEGURO%3F&cd=3&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>. Acesso em: 30 jul. 2010.

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

MORRIS, D.H.; VAISEY-GENSER, M. Flaxseed. **Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition**. 2 ed. p.2525-2531, 2003.

MORRIS, D.H. **"Flax - A Smart Choice". New Flax Facts**. Flax Council of Canada. Disponível em: <http://www.flaxcouncil.ca/english/pdf/Flx_FctSht_SmartChoice_R3.pdf>. Acesso em: 30 ago. 2010.

MOZAFFARIAN, D. Does alpha-linolenic acid intake reduce the risk of coronary heart disease? A review of the evidence. **Alternative therapies in health and medicine**, v.11, n.3, p.24–30, 2005.

MUELLER, K. et al. Functional properties and chemical composition of fractionated brown and yellow linseed meal (*Linum usitatissimum* L.). **Journal of Food Engineering**, v.98, n.4, p.453–460, 2010.

MÜLLER, H. et al. Replacement of partially hydrogenated soybean oil by palm oil in margarine without unfavorable effects on serum lipoproteins. **Chemistry and Materials Science**, v.33, n.9, p.879-887, 1998.

NASCIMENTO, M.G.F.; OLIVEIRA, C.Z.F.; NASCIMENTO, E.R. Hambúrguer: evolução comercial e padrões microbiológicos. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, v.23, n.1, p.59-74, 2005.

ONG, A.S.; GOH, S.H. Palm oil: a healthful and cost-effective dietary component. **Food and Nutrition Bulletin**, v.23, n.1, p.11-22, 2002.

OOMAH B.D.; MAZZA, G. Flaxseed products for disease prevention. In: MAZZA, G. (Ed.). **Functional Foods: Biochemical & Processing Aspects**. Lancaster, PA: Technomic Publishing, 1998. p.91-138.

OOMAH, B.D.; DER, T.J.; GODFREY, D.V. Thermal characteristics of flaxseed (*Linum usitatissimum* L.) proteins. **Food Chemistry**, v.98, n.4, p.733–741, 2006.

OOMAH, B.D.; MAZZA, G. Effect of dehulling on chemical composition and the physical properties of flaxseed. **Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie**, v.30, n.2, p.135–140, 1997.

OOMAH, B.D.; MAZZA, G. Flaxseed proteins - A review. **Food Chemistry**, v.48, n.1, p.109–114, 1993.

OOMAH, B.D.; MAZZA, G.; KENASCHUK, E.O. Flavonoid content of flaxseed. Influence of cultivar and environment. **Euphytica**, v.90, n.1, p.163–167, 1996.

RIEDEL, G. **Controle sanitário dos alimentos**. 2 ed. São Paulo: Atheneu, 1992. 320p.

RITTNER, H. **Óleo de palma: processamento e utilização**. 1 ed. São Paulo: [s.n.], 1996. 320p.

SAMBANTHAMURTHI, R.; SUNDRAM, K.; TAN, Y. Chemistry and biochemistry of palm oil. **Progress in Lipid Research**, v.39, n.6, p.507-58, 2000.

SPARKS, D.L. et al. Link between heart disease, cholesterol and Alzheimer's disease: A review. **Microscopy Research and Technique**, v.50, n.4, p.287-290, 2000.

STENDER, S. et al. The influence of trans fatty acids on health: a report from the Danish Nutrition Council. **Clinical Science**, v.88, n.4, p.375-392, 1995.

SUN, Q. et al. Blood concentrations of individual long-chain n-3 fatty acids and risk of nonfatal myocardial infarction. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.88, n.1, p.216-223, 2008.

TANGO, J.S. et al. Características físico-químicas do óleo de dendê. **Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, v.18, n.4, p.509-542, 1981.

TARLADGIS, B.G. A distillation method for the quantitative determination of malonaldehyde in rancid foods. **Journal of American Oil Chemistry Society**, v.37, n.1, p.44-48, 1960.

TAVARES, M. **Composição em ácidos graxos do óleo de dendê brasileiro. Identificação e quantificação de adulterante por meio de cromatografia em fase gasosa**. 1988. 150p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1988.

TRIGUEIRO, I.N.S.; PENTEADO, M.V.C. Características físicas, químicas e estado de oxidação de óleos de dendê brasileiro. **Boletim do Centro de Pesquisas de Processamento de Alimentos**, v.11, n.2, p.103-12, 1993.

TRUCOM, C. **A importância da linhaça na saúde**. São Paulo: Editora Alaúde, 2006. 151p.

VAISEY-GENSER, M.; MORRIS, D. **Flaxseed: Health, Nutrition and Functionality**. Winnipeg, Canadá: Flax Council of Canadá, 1997. p.57-59.

VALSTA, L.M. et al. Effects of a monounsaturated rapeseed oil and a polyunsaturated sunflower oil diet on lipoprotein levels in humans. **Arteriosclerosis and thrombosis**, v.12, n.1, p.50-59, 1992.

WANASUNDARA, P.K.J.P.D.; SHAHIDI, F. Removal of flaxseed mucilage by chemical and enzymatic treatments. **Food Chemistry**, v.59, n.1, p.47-55, 1997.

CAPÍTULO 3

INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE ÓLEO, FARINHA E SEMENTE DE LINHAÇA DOURADA (*Linum Usitatissimum* L.) NA ACEITAÇÃO SENSORIAL E ESTABILIDADE MICROBIOLÓGICA DE PRODUTO CÁRNEO BOVINO REESTRUTURADO

RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo avaliar o efeito da adição de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada em produto cárneo bovino reestruturado levando-se em consideração a aceitação sensorial. Utilizaram-se cortes de acém e paleta na elaboração de hambúrgueres contendo níveis de 0%, 2,5%, 5,0%, 7,5% e 10,0% de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada, mais uma formulação controle. A avaliação sensorial analisou os atributos aparência, sabor, textura, e aroma sendo aplicados também, os testes de aceitação global e intenção de compra. Foram feitas avaliações microbiológicas de mesófilos aeróbios, aeróbios psicrotróficos, coliformes totais (35°C) e coliformes termotolerantes (45°C) no armazenamento por 90 dias. Todas as avaliações microbiológicas encontraram-se dentro dos limites aceitáveis, durante os 90 dias de armazenamento. Na avaliação sensorial, o atributo aparência não apresentou diferença significativa ($p > 0,05$) entre os tratamentos. Entretanto, os demais atributos, aroma, sabor, textura, aceitação global e intenção de compra tiveram notas inferiores após a adição de 7,5 ou 10,0% de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada. Nas análises de otimização, em geral, os atributos sabor e textura foram os que mais influenciaram a aceitação pelos provadores. Concluiu-se, portanto, que a adição de até 5,0% de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada obteve

boa aceitação sensorial pelos consumidores, dentro dos padrões realizados neste experimento.

INFLUENCE OF ADDITION OF GOLDEN FLAXSEED (*Linum Usitatissimum* L.) OIL, FLOUR AND SEED IN SENSORY ACCEPTANCE AND MICROBIOLOGICAL STABILITY OF MEAT PRODUCT RESTRUCTURED

SUMMARY

This objective of this study was to evaluate the effect of adding flaxseed golden oil, or flour or seed in meat beef product restructured considering the sensory acceptance. We used rib and shoulder cuts to elaborate hamburgers containing levels of 0%, 2.5%, 5.0%, 7.5% and 10.0% of flaxseed golden oil, or flour or seed, and a control formulation. The sensory evaluation analyzed the attributes of appearance, flavor, texture and aroma and also was applied, tests for overall acceptance and purchase intent. Microbiological evaluations were made of mesophilic aerobic bacteria, psychrotrophic aerobic, total coliform (35°C) and fecal coliform (45°C) in storage for 90 days. All microbiological evaluations were within acceptable limits during the 90 days of storage. In sensory evaluation, the attribute appearance was not significantly different ($p>0.05$) among treatments. However, other attributes, aroma, flavor, texture, overall acceptability and purchase intent scores were lower after the addition of 7.5 or 10.0% of golden flaxseed oil, or flour or seed. In the analysis of optimization, in general, the flavor and texture attributes were those who most influenced the acceptance by the panelists. Therefore the addition of up to 5.0% flaxseed golden oil, or flour or seed achieved a good sensory acceptance by consumers, within the standards achieved in this experiment.

1. INTRODUÇÃO

Os consumidores costumam associar a carne vermelha e produtos cárneos processados com uma imagem negativa em função dos elevados teores de gordura, sódio, aditivos químicos e baixos teores de fibras (OVESEN, 2004a,b; VALSTA *et al.*, 2005). Entretanto, é possível modificar produtos cárneos tradicionais através da adição de novos ingredientes com propriedades bioativas ou com potencial para substituição dos componentes considerados indesejáveis quanto ao valor nutricional (ARIHARA, 2004; 2006). Esses produtos abrem um novo mercado na indústria da carne.

Dentre as estratégias para desenvolver produtos cárneos mais saudáveis, a alteração do perfil lipídico figura entre as mais importantes. Isso pode ocorrer através da redução e/ou substituição de gordura saturada nas formulações, utilização de matérias-primas mais magras e adição de ingredientes com perfil lipídico favorável (JIMÉNEZ-COLMENERO, 1996, 2007).

Recentes pesquisas apontam uma influência positiva do consumo de linhaça sobre a saúde humana como a diminuição dos níveis de colesterol, constipação intestinal, diminuição do risco de câncer e doenças cardíacas (DAHL *et al.*, 2005).

Sabe-se que a linhaça é uma fonte renovável e rica em ácido graxo α -linolênico (C18:3 ω -3), bem como outros componentes funcionais, e sua utilização em formulações pode aumentar o teor de ácidos graxos ω -3 de alimentos populares (MORRIS, 2010). Porém, estudos que visam à aplicação de linhaça e subprodutos em derivados cárneos, como hambúrgueres, são raros (BILEK e TURHAN, 2009; PEREIRA e FEIHRMANN, 2009).

Hambúrguer bovino é um produto amplamente consumido em nível mundial e apresenta uma excelente matriz para adição de ingredientes funcionais, especialmente fibras e gorduras com melhor valor nutricional. É apreciado por consumidores de diferentes faixas etárias e sua praticidade e conveniência em “*fast foods*” o tornam um importante alimento que compõe a dieta da população mundial (HOOGENKAMP, 1997; ÖZKAN *et al.*, 2004).

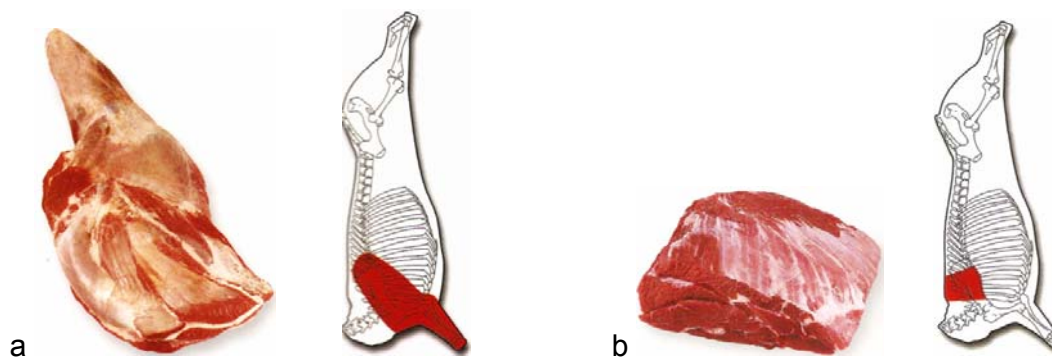
O presente estudo teve como objetivo desenvolver hambúrgueres bovinos adicionados de diferentes teores de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada, utilizando-se da avaliação sensorial para selecionar o melhor nível de aceitação de cada ingrediente.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Matéria-prima

2.1.1 Cortes cárneos

Foram utilizados 20kg de acém (código B 2211, ABIEC, 2006) e 20kg de paleta (código A 2100, ABIEC, 2006) (Figura 1), obtidos em frigoríficos comerciais e transportados refrigerados para a Universidade Estadual de Campinas, Laboratório de Carnes e Processos, sendo estocados entre 1-4°C até o processamento. Para o experimento, os cortes foram subsequentemente removidos das embalagens a vácuo e toda a gordura externa e os músculos adjacentes retirados.



*Fonte: ABIEC (2006).

Figura 1 - Cortes cárneos utilizados na pesquisa. Paleta (código A 2100) (a) e Acém (código B 2211) (b).

2.1.2 Ingredientes da formulação

Neste estudo foram avaliados, individualmente, os níveis de adição de 0%, 2,5%, 5,0%, 7,5% e 10,0% de óleo, 0%, 2,5%, 5,0%, 7,5% e 10,0% de farinha e 0%, 2,5%, 5,0%, 7,5% e 10,0% de semente de linhaça dourada em produto cárneo bovino reestruturado (hambúrgueres) visando selecionar o melhor nível de aceitação sensorial de cada um desses componentes.

Os produtos linhaça dourada e derivados, da mesma marca comercial selecionada e amplamente comercializada no país, foram obtidos através de fornecedores especializados, conforme itens 2.1.1, 2.1.2 e 2.1.3 (Capítulo 2). Os ingredientes e aditivos maltodextrina, cebola e alho em pó, carragena e o eritorbato de sódio foram cedidos pela New Max Industrial. O óleo de palma refinado foi concedido pela empresa Triângulo Alimentos.

Na Tabela 1 estão descritas as formulações dos hambúrgueres de carne bovina adicionados de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada.

O delineamento estatístico utilizado foi inteiramente casualizado, contendo 13 tratamentos e três repetições cada.

2.2 Processamento dos hambúrgueres bovinos

A carne (aproximadamente 35kg) à temperatura em torno de 4°C foi moída em moedor de carnes (C.A.F., Brasil), em disco de 3mm. Em seguida, aproximadamente 2kg de carne foram utilizados para cada uma das 13 formulações, individualmente, sendo então levada à misturadeira (Super Cutter Sire, Brasil). A seguir, foram adicionados ingredientes na seguinte ordem: metade do gelo, condimentos (cebola e alho em pó), eritorbato de sódio e o restante do gelo, sal, carragena, maltodextrina, óleo de palma e os níveis de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada correspondentes. Após a homogeneização, a formulação foi acondicionada em sacos plásticos de polietileno de baixa densidade (PEBD) e armazenada em freezer com temperatura de 0°C a -1°C por aproximadamente 1 hora, para facilitar a moldagem. A seguir, a massa foi moldada em unidades (20-30 hambúrgueres, em média) contendo cerca de 110g com 10cm de diâmetro, em hamburgueira manual (Muller, Brasil) e, em seguida, levadas à câmara frigorífica (temperatura de -18°C) onde foram congeladas. As amostras congeladas foram embaladas em sacos plásticos de PEBD, fechados com fita adesiva e guardados em embalagens cartonadas (contendo 6 hambúrgueres), codificadas e armazenadas em freezer à temperatura de -18°C, durante o período de avaliação (Figura 2).

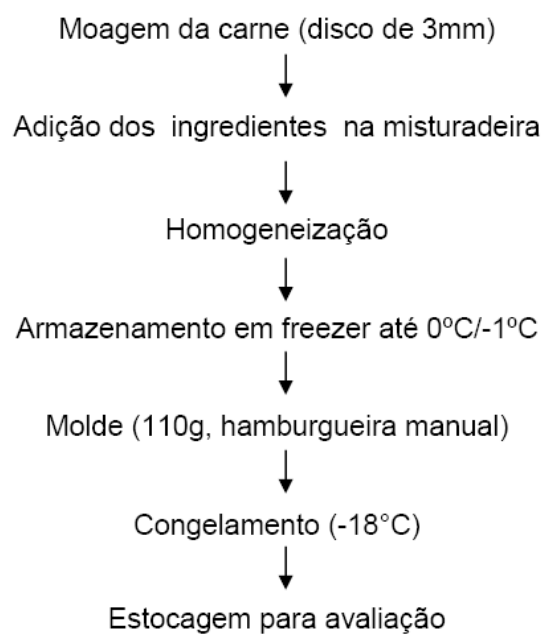


Figura 2 - Fluxograma geral do processamento dos hambúrgueres bovinos.

Tabela 1 - Formulações de hambúrgueres bovinos adicionados de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada (*Linum Usitatissimum* L.)

Formulações	Gelo em flocos	Carragena em pó	Maltodextrina em pó	Óleo de palma refinado	Sal refinado	Eritorbato de sódio	Cebola em pó	Alho em pó	Carne bovina	Óleo (%)	Farinha (%)	Semente (%)
(g/100g)												
F1	15,00	0,20	1,80	5,00	1,50	0,05	0,30	0,30	75,85	-	-	-
F2	15,00	0,20	1,80	5,00	1,50	0,05	0,30	0,30	73,35	2,50	-	-
F3	15,00	0,20	1,80	5,00	1,50	0,05	0,30	0,30	70,85	5,00	-	-
F4	15,00	0,20	1,80	5,00	1,50	0,05	0,30	0,30	68,35	7,50	-	-
F5	15,00	0,20	1,80	5,00	1,50	0,05	0,30	0,30	65,85	10,00	-	-
F6	15,00	0,20	1,80	5,00	1,50	0,05	0,30	0,30	73,35	-	2,50	-
F7	15,00	0,20	1,80	5,00	1,50	0,05	0,30	0,30	70,85	-	5,00	-
F8	15,00	0,20	1,80	5,00	1,50	0,05	0,30	0,30	68,35	-	7,50	-
F9	15,00	0,20	1,80	5,00	1,50	0,05	0,30	0,30	65,85	-	10,00	-
F10	15,00	0,20	1,80	5,00	1,50	0,05	0,30	0,30	73,35	-	-	2,50
F11	15,00	0,20	1,80	5,00	1,50	0,05	0,30	0,30	70,85	-	-	5,00
F12	15,00	0,20	1,80	5,00	1,50	0,05	0,30	0,30	68,35	-	-	7,50
F13	15,00	0,20	1,80	5,00	1,50	0,05	0,30	0,30	65,85	-	-	10,00

F1 - Formulação controle;

F2 - Formulação com 2,5% de óleo de linhaça dourada;

F3 - Formulação com 5,0% de óleo de linhaça dourada;

F4 - Formulação com 7,5% de óleo de linhaça dourada;

F5 - Formulação com 10,0% de óleo de linhaça dourada;

F6 - Formulação com 2,5% de farinha de linhaça dourada;

F7 - Formulação com 5,0% de farinha de linhaça dourada;

F8 - Formulação com 7,5% de farinha de linhaça dourada;

F9 - Formulação com 10,0% de farinha de linhaça dourada;

F10 - Formulação com 2,5% de semente de linhaça dourada;

F11 - Formulação com 5,0% de semente de linhaça dourada;

F12 - Formulação com 7,5% de semente de linhaça dourada;

F13 - Formulação com 10,0% de semente de linhaça dourada.

2.3 Cocção dos hambúrgueres bovinos

Para realização das análises sensoriais, os hambúrgueres foram grelhados no estado congelado em chapa elétrica, com grelha nos lados superior e inferior (*George Foreman* tamanho jumbo, *Lean Mean Fat reducing Grilling Machine*, U.S.A.) aquecida a 200°C. A temperatura interna do hambúrguer foi controlada por termômetro digital B 345 (Micronal, Brasil) com termopar acoplado, até que atingisse 75°C no centro (ARISSETO e POLLONIO, 2005). O tempo de fritura foi em média de 8 a 10 minutos e variou de acordo com o teor de gordura das amostras.

2.4 Preparo da matéria-prima cárnea para as análises

Após a moagem e mistura dos cortes de acém e paleta (item 2.2), foi retirada uma amostra de aproximadamente 3kg de carne moída sendo então homogeneizados em processador de alimentos da marca (Walita Mega Master RI 3170, Brasil). Para as análises realizadas no tempo zero, a carne foi utilizada “*in natura*” mantida sob refrigeração (4°C) por no máximo 24 horas. Para as avaliações nos dias 30, 60 e 90 dias de congelamento, a carne foi armazenada em freezer a -18°C até sua utilização.

2.5 Preparo dos hambúrgueres para avaliação microbiológica

Foram utilizados oito hambúrgueres crus de cada formulação para a realização das análises microbiológicas. Os produtos foram escolhidos de forma aleatória sendo então homogeneizados em processador de alimentos da marca (Walita Mega Master RI 3170, Brasil). Para as análises realizadas, no tempo zero, o hambúrguer foi avaliado ainda no estado semi-congelado, mantido em freezer a -18°C, por no máximo 24 horas. Para as avaliações nos dias 30, 60 e 90 dias de congelamento, a amostra foi mantida em freezer a -18°C até sua utilização.

2.6 Avaliação físico-química da matéria-prima carne

2.6.1 Determinação da umidade

Foi realizada, no tempo zero, de acordo com a AOAC (1980) em triplicata, que consiste em secagem a 105°C até peso constante.

2.6.2 Determinação de proteínas

Foi realizada através da avaliação do nitrogênio total da amostra, em triplicata, no tempo zero, pelo método KJELDAHL determinado ao nível semimicro (AOAC, 1980). Utilizou-se o fator de conversão de nitrogênio para proteína de 6,25.

2.6.3 Determinação de lipídios

As amostras foram avaliadas (tempo zero) em triplicata, pelo método de Bligh e Dyer (1959).

2.6.4 Determinação de cinzas

A porcentagem de cinzas foi determinada em mufla a 550°C, em triplicata, conforme metodologia da AOAC (1975) e Lees (1979), no tempo zero.

2.6.5 Determinação do valor calórico

O total de calorias (kcal) foi calculado em relação a 100g da amostra utilizando os valores Atwater (ou calor de combustão) para gordura (9kcal por grama), proteína (4,02kcal por grama) e carboidratos (3,87kcal por grama) (ATWATER e WOODS, 1896), no tempo zero.

2.6.6 Determinação do perfil de ácidos graxos

Esta análise foi realizada no Laboratório de Óleos e Gorduras do Departamento de Tecnologia de Alimentos da FEA/UNICAMP.

Para o preparo dos ésteres metílicos, as amostras de carne “*in natura*” (tempo zero) passaram inicialmente por processo de extração de lipídios, segundo Bligh e Dyer (1959). Cada amostra de óleo extraído foi saponificado e esterificado, em triplicata, conforme metodologia proposta por Hartmann e Lago (1973).

O perfil de ácidos graxos foi determinado por cromatografia gasosa de alta resolução (AOCS, 2004), sendo avaliados: ácidos graxos saturados (SFA), ácidos graxos monoinsaturados (MUFAs) e ácidos graxos poliinsaturados (PUFAs), individualmente. Foi utilizado um cromatógrafo Gasoso Capilar (Agilent, 6850 Series GC System, U.S.A.), contendo coluna capilar: DB-23 Agilent (50% cyanopropyl – methylpolysiloxane), dimensões 60 m, Ø int: 0,25 mm, 0,25 µm filme.

As condições de operação do cromatógrafo foram: fluxo da coluna de 1,00mL/min.; velocidade linear de 24cm/seg.; temperatura do detector de 280°C; temperatura do injetor de 250°C; temperatura do forno de 110°C – 5 minutos, 110 – 215°C (5°C/min), 215°C – 24 minutos; o gás de arraste utilizado foi o Hélio, sendo injetada uma alíquota de 1µL das amostras no aparelho.

A identificação dos ácidos graxos foi realizada pela comparação dos tempos de retenção dos picos da amostra com os tempos de retenção dos picos dos padrões. Os resultados obtidos foram em % de área e convertidos a g/100g, utilizando o fator de conversão indicado para carne bovina “*in natura*” (0,916) (HOLLAND, 1997). O cálculo utilizado para conversão da % de área em g/100g de alimento avaliado encontra-se a seguir:

$$AGi = \frac{\% \text{ área} \times L \times F}{100}$$

Onde:

AGi = ácido graxo individual, expresso em g/100g de amostra;

% área = porcentagem de área dos picos obtidos nos cromatogramas;

L = teor de lipídio da amostra em g/100g;

F = Fator de conversão do alimento.

2.6.7 Determinação do colesterol

A análise de colesterol da matéria-prima cárnea foi realizada através da metodologia de Al Hasani *et al.* (1993), no tempo zero. A amostra foi saponificada com KOH alcoólico, sendo que a fração não saponificável foi extraída com hexano e o extrato concentrado foi injetado em cromatógrafo gasoso sem derivatização (Hewlett Packard, 5890 Series II GC, U.S.A.) com detector FID e injetor Split 1:100, contendo coluna capilar HP-5. As condições de operação do cromatógrafo foram: temperatura da coluna de 160 - 270°C (10°C/min.); temperatura do detector de 270°C; temperatura do injetor de 250°C. O fluxo de gases foram: Hélio = 1 mL/min, H₂ = 20 mL/min, N₂ (Gás auxiliar) = 30 mL/min e Ar Sintético = 300 mL/min.

A identificação do colesterol foi realizada através de comparação do tempo de retenção das amostras com o padrão injetado e a quantificação através das áreas correspondentes dos picos, por padronização interna, utilizando-se por comparação padrões de colesterol e 5- α -colestane, estabelecendo-se a curva padrão de colesterol que foi utilizada para análise do colesterol em mg/100g de amostra.

2.6.8 Determinação da Aw

Esta determinação foi realizada em triplicata, nas amostras de carne “*in natura*”, no tempo zero. Utilizou-se o medidor de Aw (AquaLab Séries 3 TE Decagon, New Zealand), operando a temperatura de 25°C.

2.6.9 Determinação de pH

O valor de pH foi medido através de um potenciômetro digital (Mettler Toledo, Brasil), modelo MP125 pH Meter. Para esta análise, 50g de carne “*in natura*” colhidas aleatoriamente e acrescidas de 10mL de água destilada foram homogeneizadas em processador de alimentos por 1 minuto, sendo então introduzido o eletrodo para leitura (BRASIL, 1981). Este procedimento foi realizado em triplicata, no tempo zero.

2.7 Determinação das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) da matéria-prima cárnea

A extensão da oxidação lipídica, nas amostras de carne “*in natura*”, foi determinada através da quantidade (mg/kg) de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico, de acordo com Tarladgis *et al.* (1960), em triplicata. A análise foi realizada mensalmente nos dias 0, 30, 60 e 90, durante o armazenamento sob congelamento a -18°C.

2.8 Avaliação microbiológica da matéria-prima cárnea e hambúrgueres bovinos

Foram realizadas avaliações microbiológicas na carne “*in natura*” e nos hambúrgueres adicionados de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada, em período de armazenamento de 0, 30, 60 e 90 dias, mantidos sob congelamento a -18°C. Os coliformes foram enumerados pela técnica do

Número Mais Provável (NMP). A contagem total de microrganismos mesófilos aeróbios (UFC/g), microrganismos aeróbios psicrotróficos (UFC/g), coliformes totais (35°C) e coliformes termotolerantes (45°C) foram realizadas de acordo com Downes e Ito (2001).

2.9 Avaliação sensorial para seleção do melhor nível de adição de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada (*Linum Usitatissimum* L.) nos hambúrgueres bovinos

Os testes foram conduzidos no Laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Tecnologia de Alimentos, em cabines individuais e com iluminação de cor branca.

O julgamento sensorial avaliou os atributos de aparência, sabor, textura e aroma, segundo metodologia de Dutcosky (1996). Nesta etapa, todas as amostras congeladas foram grelhadas (conforme item 2.3) sendo analisadas através de uma escala hedônica estruturada de 9 pontos, variando de desgostei muitíssimo (nota 1) a gostei muitíssimo (nota 9) (Anexo I). As análises foram realizadas no tempo zero de armazenamento sob congelamento a -18°C.

O teste de aceitação global e intenção de compra foi aplicado através de dois pontos específicos entre “*sim*” compraria a amostra e “*não*” não compraria a amostra, como sugerido por Moskowitz (1994).

Foram utilizados 50 provadores não treinados em cada bloco de análise (MACFIE *et al.*, 1989), que provaram os hambúrgueres grelhados da formulação controle e adicionados de 2,5%, 5,0%, 7,5% e 10,0% de óleo ou farinha ou semente de linhaça dourada. Os julgadores foram voluntários presentes entre alunos e funcionários da FEA-UNICAMP. A ficha de aplicação deste teste encontra-se no Anexo I.

A cada julgador foi entregue um pedaço de cada amostra (aproximadamente 10g), em copos plásticos brancos, codificados com números de três dígitos, em blocos completos casualizados e balanceados, considerando-se a adição de cada ingrediente, acompanhados de um copo de água e um biscoito tipo água e sal para serem utilizados entre cada prova. As amostras foram oferecidas aos julgadores de forma monádica sequencial.

2.10 Análise estatística para seleção do melhor nível de adição de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada (*Linum Usitatissimum* L.) nos hambúrgueres bovinos

Os resultados estatísticos foram avaliados através da análise de variância (ANOVA), utilizando o teste de Tukey para comparação de médias, em nível de 5% de significância, com o auxílio do *software Statgraphics® Plus versão 5.1*.

A aceitação global e intenção de compra foram avaliadas usando a análise preditiva discriminante (APD), com modelos quadráticos para variâncias desiguais (HUBERTY, 1994; PRINYAWIWATKUL e CHOMPREEEDA, 2007), e análise de regressão logística (ARL) (ALLISON, 1999; PRINYAWIWATKUL e CHOMPREEEDA, 2007). A ARL foi utilizada para modelar a probabilidade de aceitação ou intenção de compra, levando em consideração todos os atributos testados simultaneamente e suas possíveis correlações. A APD utilizou a taxa de acerto (%) ("*hit rate*") para determinar se uma amostra, com um perfil específico de avaliações da aceitação sensorial, é classificada como aceita ou rejeitada (aceitação global), bem como adquiridas ou não-adquiridas (intenção de compra). Esta classificação das amostras ajudou a determinar quais atributos sensoriais foram fundamentais para a aceitação global ou intenção de compra nos hambúrgueres adicionados com óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada, confirmando os resultados da ARL. Estas análises foram avaliadas através do *software Statistica 7.0 e R versão 2.8.0*.

A metodologia de análise de sobrevivência foi utilizada como estimativa de porcentagem de aceitação do consumo em função da porcentagem de adição de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada nos hambúrgueres bovinos, utilizando os resultados obtidos dos provadores, quando questionados em relação à aceitação global. Escolheu-se a distribuição de Log-Normal (HOUGH *et al.*, 2003), devido a ser o melhor modelo probabilístico para explicação dos dados. Os cálculos foram realizados através do *software* estatístico SAS 9.0.

2.11 Comitê de Ética em Pesquisa (CEP)

Antes de iniciar a pesquisa, o projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa/Faculdade de Ciências Médicas da UNICAMP, através do parecer CEP: N°274/2009.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Matéria-prima carne “*in natura*”

3.1.1 Avaliação da composição centesimal, pH e Aw

A Tabela 2 apresenta a avaliação da composição centesimal, pH e Aw da carne bovina “*in natura*” utilizada como matéria-prima na formulação dos hambúrgueres bovinos.

Tabela 2 - Composição centesimal, pH e Aw da carne bovina “*in natura*”*, utilizada como matéria-prima na formulação dos hambúrgueres bovinos, no tempo zero

Determinação	Média±SD	EPM
Umidade (g/100g)	75,28±0,06	0,04
Cinzas (g/100g)	0,99±0,01	0,01
Lipídios (g/100g)	2,96±0,01	0,01
Proteínas (g/100g)	20,78±0,04	0,03
Calorias – (kcal/100g)	110,11±0,23	0,16
Colesterol (mg/100g)	24,17±0,93	0,53
pH	5,96±0,04	0,03
Aw	0,98±0,01	0,00

*Paleta + Acém (código A 2100 e B 2211, respectivamente (ABIEC, 2006)); SD: Desvio padrão da média; EPM: Erro padrão da média.

A análise da matéria-prima revelou uma boa fonte de proteínas (20,78%) de origem animal e baixa quantidade de lipídios (2,96%), devido à remoção da gordura externa visível durante o “*toilet*” das peças. Os teores de calorias (110,11kcal/100g) e colesterol (24,17%), também podem ser considerados baixos. Para esse produto que visa uma modificação no perfil lipídico, deve-se partir de uma matéria-prima com esses cuidados.

Os resultados reportados no presente estudo são similares aos apresentados pela Tabela Brasileira de Composição de Alimentos - TACO (2006), que cita para os cortes de paleta e acém crus sem gordura (em média), 1% de cinzas e 20,9% de proteína. No entanto, observaram maiores valores para lipídios (5,9%) e colesterol (47,5mg/100g). Estas variações são devido a cuidados no “*toilet*” realizado para redução de gordura. Além disso, estas variações são atribuídas a fatores como idade do animal, genótipo, raça, alimentação, sexo, condições fisiológicas e localização anatômica do corte (STROMER *et al.*, 1966; FELÍCIO, 1998; LUCHIARI FILHO, 2000; PARDI *et al.*, 2001; TACO, 2006) que podem ter influência nos resultados.

Dentre os fatores que determinam as variações no percentual de água da carne estão idade e grau de acabamento (DI MARCO, 1998;

LUCHIARI FILHO, 2000), sexo (VAZ *et al.*, 2001) e condições fisiológicas (MARQUES *et al.*, 2006). A variação no teor de umidade também pode ocorrer em função do conteúdo de gordura total do músculo (MOREIRA *et al.*, 2003), quanto maior o teor de gordura no músculo, menor o teor de água.

Os valores de *A_w* e pH da carne “*in natura*” avaliada apresentaram-se em conformidade para utilização no estudo (0,98 e 5,96, respectivamente) e estão de acordo com vários trabalhos reportados na literatura (ROITMAM *et al.*, 1988; PIERSON e CORLETT JR., 1992; GUERREIRO, 2006).

3.1.2 Avaliação do perfil de ácidos graxos

A Tabela 3 apresenta o perfil de ácidos graxos da carne bovina “*in natura*” utilizada como matéria-prima na formulação dos hambúrgueres bovinos, no tempo zero.

Tabela 3 - Perfil de ácidos graxos da carne bovina “*in natura*”* (g/100g de carne) utilizada como matéria-prima na formulação dos hambúrgueres bovinos, no tempo zero

Ácidos Graxos	Média±SD	EPM
SFA		
Ac. Mirístico (C14:0)	0,07±0,00	0,00
Ac. Pentadecanóico (C15:0)	0,01±0,00	0,00
Ac. Palmítico (C16:0)	0,58±0,00	0,00
Ac. Margárico (C17:0)	0,04±0,00	0,00
Ac. Esteárico (C18:0)	0,57±0,00	0,00
Ac. Araquídico (C20:0)	0,01±0,00	0,00
Total	1,28±0,00	0,00
Porcentagem total (%)	52,03	
MUFAs		
Ac. Palmitoleico (C16:1 ω-7)	0,06±0,00	0,00
Ac. Margaroleico (C17:1 ω-7)	0,02±0,00	0,00
Ac. Oleico (C18:1 ω-9)	0,98±0,00	0,00
Total	1,06±0,00	0,00
Porcentagem total (%)	43,09	
PUFAs		
Ac. Linoleico (C18:2 ω-6)	0,07±0,00	0,00
Ac. α-Linolênico (C18:3 ω-3)	0,03±0,00	0,00
Ac. Estearidônico (C18:4 ω-3)	0,01±0,00	0,00
Ac. Docosapentaenóico (DPA) (C22:5 ω-3)	0,01±0,00	0,00
Total	0,12±0,00	0,00

Porcentagem total (%)	4,88	
Ácidos graxos <i>trans</i>		
Ac. Elaídico (C18:1 <i>trans</i> 9)	0,08±0,00	0,00
Ac. Linolelaídico (C18:2 <i>trans</i> t9, t12)	0,01±0,00	0,00
Ac. <i>trans</i> Linolênico (C18:3 <i>trans</i>)	0,03±0,00	0,00
Total	0,12±0,00	0,00
Relações		
Relação ω -6/ ω -3	1,40±0,05	0,03
Relação PUFA/SFA	0,09±0,00	0,00

*Paleta + Acém (código A 2100 e B 2211, respectivamente (ABIEC, 2006)); SD: Desvio padrão da média; EPM: Erro padrão da média; MUFA: monoinsaturados; PUFA: poliinsaturados; SFA: saturados; Ac.: ácido. Obs.: aproximadamente 0,4g de ácidos graxos (do total de lipídios) não foram identificados na análise.

O teor total de ácidos graxos saturados da carne bovina foi de 1,28g/100g, sendo que o ácido palmítico foi encontrado em maior quantidade, seguido pelo esteárico quase em igual concentração. A porcentagem total de ácidos graxos saturados da carne foi de 52,03%.

Na avaliação dos MUFAs houve maior teor de ácido oleico, sendo o margaroleico o ácido graxo presente em menor quantidade nos cortes bovinos. Verificou-se, também, um total de MUFAs de 1,06/100g, representando 43,09% do total dos ácidos graxos.

O ácido linoleico foi verificado em maior quantidade seguido do α -linolênico, dentre os PUFA, dados que corroboram com estudos de Raes *et al.* (2003). Entretanto, o conteúdo total de PUFA da carne é muito baixo (0,12g/100g), representando 4,88% do total de ácidos graxos da carne bovina analisada.

Em relação aos ácidos graxos *trans*, os resultados indicaram um maior teor de ácido elaídico e menor de linolelaídico na matéria-prima analisada.

Para os cortes de acém e paleta crus sem gordura (em média), a TACO (2006) informa valores totais de ácidos graxos SFA de 2,75g/100g, MUFA - 2,2g/100g e PUFA - 0,15g/100g, sendo que o teor de PUFA encontra-se bem semelhante ao da atual pesquisa. Na Tabela de Composição

Química de Alimentos da *United States Department of Agriculture* - USDA (2001), os valores totais, para os mesmos cortes em média, de ácidos graxos SFA são de 1,84g/100g, MUFA's - 2,12g/100g e PUFA's - 0,3g/100g, estando acima dos verificados no presente trabalho.

As relações ω -6/ ω -3 e PUFA's/SFA para carne bovina "*in natura*", foram respectivamente 1,40 e 0,09. De acordo com o *England Department of Health* (HMSO, 1994) é recomendada uma relação PUFA's/SFA maior que 0,45, e para a relação ω -6/ ω -3 de 4:1 ou menos. Alguns autores já recomendam relações de PUFA's/SFA maiores que 0,7 (CONNOR, 2000; WILLIAMS, 2000), para se obter os efeitos dos PUFA's na saúde humana. Assim, a relação PUFA's/SFA da carne avaliada não encontrou-se em conformidade com a recomendação uma vez que está bem abaixo do aconselhável, entretanto a relação ω -6/ ω -3 está dentro do adequado.

3.1.3 Teores de TBARS

A Tabela 4 apresenta os teores de TBARS da carne bovina "*in natura*" utilizada como matéria-prima para formulação dos hambúrgueres, nos dias 0, 30, 60 e 90 de armazenamento sob congelamento a -18°C.

Tabela 4 – Teores de TBARS da carne bovina "*in natura*"*, utilizada como matéria-prima na formulação dos hambúrgueres bovinos, nos dias 0, 30, 60 e 90 de armazenamento sob congelamento a -18°C

	Dias de armazenamento							
	Dia 0		Dia 30		Dia 60		Dia 90	
	Média±SD		Média±SD		Média±SD		Média±SD	
		EPM		EPM		EPM		EPM
Carne bovina " <i>in natura</i> "	0,27±0,01b	0,01	0,28±0,01b	0,01	0,27±0,00b	0,00	0,31±0,01a	0,01

*Paleta + Acém (código A 2100 e B 2211, respectivamente (ABIEC, 2006)); letras diferentes na linha indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); SD: Desvio padrão da média; EPM: Erro padrão da média.

Houve variação na análise ($p < 0,05$) do TBARS apenas no período de 90 dias de armazenamento da carne bovina, apresentando maior oxidação. Os períodos de 0, 30 e 60 dias não mostraram diferença significativa entre si (Tabela 4). Essa diferença, no entanto, não tem qualquer significado prático, uma vez que os valores são muito baixos.

Greene e Cumuze (1982), em um estudo para determinar a relação entre os valores de TBARS e avaliações sensoriais de provadores não treinados para sabor de lipídios oxidados, descobriram que uma faixa de 0,6-2,0mg/kg de TBARS era necessária para que os provadores detectassem o sabor oxidado em carne bovina. Os autores relataram que julgadores inexperientes necessitam de valores TBARS acima 0,5mg/kg para a percepção de odores indesejáveis de ranço. Assim, todos os resultados verificados nessa pesquisa apresentaram-se com valores de TBARS abaixo do detectável para a matéria-prima.

3.1.4 Avaliação microbiológica

A avaliação microbiológica da matéria-prima carne utilizada na formulação dos hambúrgueres, nos dias 0, 30, 60 e 90 de armazenamento sob congelamento a -18°C é apresentada na Tabela 5.

Tabela 5 – Avaliação microbiológica da carne bovina “*in natura*”*, utilizada como matéria-prima na formulação dos hambúrgueres bovinos, nos dias 0, 30, 60 e 90 de armazenamento sob congelamento a -18°C

Determinação	DIAS DE ARMAZENAMENTO							
	0	Log	30	Log	60	Log	90	Log
Psicrotróficos (UFC/g)/Log(UFC/g)	$3,51 \times 10^2$	2,55	$8,51 \times 10^1$	1,93	$8,23 \times 10^1$	1,92	$8,62 \times 10^1$	1,94
Mesófilos (UFC/g)/Log(UFC/g)	$2,67 \times 10^2$	2,43	$6,25 \times 10^1$	1,80	$4,96 \times 10^1$	1,70	$5,36 \times 10^1$	1,73
NMP Coliformes totais/g (35°C)	<3		<3		<3		<3	
NMP Coliformes termotolerantes/g (45°C)	<3		<3		<3		<3	

*Paleta + Acém (código A 2100 e B 2211, respectivamente (ABIEC, 2006)); UFC: Unidade formadora de colônia; NMP: número mais provável; Log: logaritmo.

A realização das análises para determinação do NMP de coliformes totais e termotolerantes tem a função indicadora de condições higiênico-sanitárias, pois a presença destes microrganismos, em determinados valores, informa que estes produtos estiveram expostos a condições onde pode ter ocorrido contaminação do alimento com microrganismos perigosos e/ou permitindo a multiplicação de espécies infecciosas ou toxigênicas (ICMSF, 1983).

Durante todo o período de armazenamento, a carne manteve-se dentro dos padrões microbiológicos considerados satisfatórios, menores que o máximo permitido de 10^4 para coliformes a 45°C/g , de acordo com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA (BRASIL, 2001). Ressalta-se que, para os demais microrganismos avaliados não há uma recomendação pela legislação brasileira. Porém, produtos que apresentam contagens entre 10^5 e 10^6UFC/g são considerados como altamente contaminados e conseqüentemente, impróprios para o consumo (FUNG *et al.*, 1980; RIEDEL, 1992), o que não ocorreu no atual trabalho. Os resultados aqui obtidos confirmam a segura procedência da matéria-prima e as boas práticas utilizadas na manipulação e “*toilet*” dos cortes cárneos utilizados no futuro processamento de hambúrgueres adicionados de linhaça e seus derivados.

Sabe-se que os psicotróficos são os principais microrganismos responsáveis pela deterioração da carne refrigerada (VANDERZANT, 1992). Assim, a quantidade de microrganismos deste grupo presente na superfície da carcaça tem influência direta na vida de prateleira da carne. Desta forma, mesmo mantidas sob refrigeração, as carnes com elevadas contagens de psicotróficos deterioram-se mais rapidamente, tornando-se impróprias para o consumo humano. Na Tabela 5 verificou-se a ausência de elevadas contagens de psicotróficos nas amostras de carne bovina avaliada, ocorrendo até um decréscimo na avaliação, após o dia 0, quando foi congelada.

Fung *et al.* (1980), definem como baixa contaminação contagens totais de microrganismos aeróbios até 10^2 UFC/cm², contaminação intermediária entre 10^3 e 10^4 UFC/cm² e alta contaminação entre 10^5 e 10^6 UFC/cm². Para os autores, carnes com contagens acima de 10^6 UFC/cm² são consideradas deterioradas. Greer, citado por Roça e Serrano (1995), relata que a deterioração inicia-se na superfície da carne com contagens na faixa de 10^6 UFC/g sendo sucedida por odores estranhos (10^7 a 10^8 UFC/g), por alterações no sabor (10^8 a 10^9 UFC/g) e limosidade (10^9 UFC/g) (DAINTY e MACKEY, 1992). Diante destas avaliações, todas as amostras da carne bovina avaliada, podem ser consideradas com baixa contaminação microbiológica.

3.2 Avaliação dos hambúrgueres adicionados de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada (*Linum Usitatissimum* L.)

3.2.1 Avaliação microbiológica

As Tabelas 6 e 7 apresentam os resultados para os microrganismos psicrotróficos e mesófilos, coliformes totais e coliformes termotolerantes, respectivamente, dos hambúrgueres crus adicionados de 2,5%, 5,0%, 7,5% e 10,0% de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada (*Linum Usitatissimum* L.), nos dias 0, 30, 60 e 90 de armazenamento sob congelamento a -18°C.

Todas as avaliações dos hambúrgueres bovinos, tanto para psicrotróficos como mesófilos (Tabela 6), reportaram contagens aceitáveis de microrganismos, variando entre 10^3 e 10^4 UFC/g para os psicrotróficos e, entre 10^2 e 10^3 UFC/g para os mesófilos, durante os 90 dias de armazenamento a -18°C. Estes resultados sugerem inocuidade e uma boa estabilidade microbiológica dos produtos nas condições de realização dos experimentos, sendo considerados próprios para o consumo humano (FUNG *et al.*, 1980; RIEDEL, 1992).

Não foram observados altos valores para coliformes totais e termotolerantes nos tratamentos avaliados (Tabela 7), sendo que a carga microbiana de coliformes totais variou de 10^1 a 10^2 UFC/g e <3 para os coliformes termotolerantes, ao longo dos 90 dias de congelamento dos hambúrgueres. Assim, as avaliações dos coliformes termotolerantes de todos os tratamentos encontram-se adequados de acordo com a ANVISA (BRASIL, 2001), para hambúrgueres crus congelados, sendo o valor de referência de 5×10^3 UFC/g. Estes dados concordam com estudos de Marques (2007) que avaliaram hambúrgueres bovinos adicionados de farinha de aveia.

A legislação não determina o limite para coliformes totais, porém o índice destes microrganismos é utilizado para avaliar as condições higiênicas na qual este alimento foi produzido ou armazenado (DELAZARI, 1998). Segundo Reinheimer *et al.* (1988), altas contagens de coliformes totais na carne moída podem ser interpretadas como resultado de higienização deficiente, falhas durante o processamento industrial dos alimentos (matéria-prima inadequada ou contaminação pós-processo), manipulação inadequada e multiplicação durante o processo ou armazenamento da carne.

Nascimento *et al.* (2003) verificaram as condições microbiológicas de hambúrgueres de carne bovina de duas marcas comerciais, mediante contagem total de aeróbios mesófilos. Encontraram 6,6% (1/15) das amostras da marca “A” e 60,0% (9/15) das amostras da marca “B” com valores acima de 10^5 UFC/g, o que indica que apesar do método de congelamento aplicado ao armazenamento, problemas microbiológicos podem ser evidenciados nessa categoria de produtos cárneos.

A contaminação da carne bovina pode ocorrer por via endógena (“*in vivo*”) ou exógena, desde o abate do animal até o consumo de seus produtos. Entretanto, sua principal via de contaminação ocorre no meio externo, por exposição direta e freqüente às diferentes e inúmeras fontes orgânicas de contaminação. O processo de moagem, pelo qual a carne passa, favorece a

contaminação por microrganismos, pois aumenta a superfície de contato e proporciona a incorporação de resíduos de moagens anteriores (ALMEIDA *et al.*, 2002; FRITZEN *et al.*, 2006; MONTEIRO *et al.*, 2007). No caso da presente pesquisa, todas as medidas higiênico-sanitárias foram tomadas e após cada ciclo de moagem, o equipamento foi rigorosamente higienizado.

Assim, a prática dos princípios básicos de higiene é fator essencial na obtenção de carnes e produtos cárneos com menor índice de contaminação e melhor qualidade sensorial e nutricional (EVANGELISTA, 2000).

Tabela 6 - Avaliação microbiológica, psicrotróficos e mesófilos, dos hambúrgueres crus adicionados de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada (*Linum Usitatissimum* L.), nos dias 0, 30, 60 e 90 de armazenamento sob congelamento a -18°C

Formulação	Psicrotróficos (UFC/g)/Log(UFC/g)								Mesófilos (UFC/g)Log(UFC/g)							
	Dias de armazenamento								Dias de armazenamento							
	0	Log	30	Log	60	Log	90	Log	0	Log	30	Log	60	Log	90	Log
F1	2,81x10 ³	3,45	3,21x10 ³	3,51	5,23x10 ³	3,72	5,52x10 ³	3,74	1,21x10 ³	3,08	1,65x10 ²	2,22	1,81x10 ²	2,26	1,74x10 ²	2,24
F2	3,62x10 ³	3,56	4,02x10 ³	3,60	5,55x10 ³	3,74	6,51x10 ³	3,81	2,44x10 ³	3,39	5,93x10 ²	2,77	4,12x10 ²	2,61	4,23x10 ²	2,63
F3	4,83x10 ³	3,68	5,96x10 ³	3,78	7,22x10 ³	3,86	7,23x10 ³	3,86	3,12x10 ³	3,49	5,22x10 ²	2,72	5,93x10 ²	2,77	5,85x10 ²	2,77
F4	5,32x10 ³	3,73	6,25x10 ³	3,80	8,03x10 ³	3,90	8,25x10 ³	3,92	3,92x10 ³	3,59	6,72x10 ²	2,83	6,61x10 ²	2,82	6,54x10 ²	2,82
F5	5,94x10 ³	3,77	7,21x10 ³	3,86	9,13x10 ³	3,96	9,65x10 ³	3,98	3,92x10 ³	3,59	7,83x10 ²	2,89	7,52x10 ²	2,88	7,21x10 ²	2,86
F6	3,23x10 ³	3,51	5,12x10 ³	3,71	6,75x10 ³	3,83	7,56x10 ³	3,88	2,81x10 ³	3,45	7,12x10 ²	2,85	6,24x10 ²	2,80	6,56x10 ²	2,82
F7	4,38x10 ³	3,64	5,63x10 ³	3,75	7,36x10 ³	3,87	8,62x10 ³	3,94	3,14x10 ³	3,50	7,57x10 ²	2,88	7,28x10 ²	2,86	7,13x10 ²	2,85
F8	6,53x10 ³	3,81	8,62x10 ³	3,94	9,62x10 ³	3,98	1,01x10 ⁴	4,00	4,34x10 ³	3,64	8,64x10 ²	2,94	8,55x10 ²	2,93	8,35x10 ²	2,92
F9	6,73x10 ³	3,83	9,56x10 ³	3,98	1,25x10 ⁴	4,10	1,32x10 ⁴	4,12	4,95x10 ³	3,69	9,92x10 ²	3,00	9,75x10 ²	2,99	9,94x10 ²	3,00
F10	3,34x10 ³	3,52	4,89x10 ³	3,69	7,12x10 ³	3,85	7,85x10 ³	3,89	3,00x10 ³	3,48	7,50x10 ²	2,88	6,80x10 ²	2,83	6,90x10 ²	2,84
F11	4,52x10 ³	3,66	5,62x10 ³	3,75	8,34x10 ³	3,92	8,32x10 ³	3,92	3,32x10 ³	3,52	7,20x10 ²	2,86	7,50x10 ²	2,88	7,90x10 ²	2,90
F12	6,32x10 ³	3,80	8,41x10 ³	3,92	1,10x10 ⁴	4,04	1,17x10 ⁴	4,07	4,41x10 ³	3,64	8,95x10 ²	2,95	8,87x10 ²	2,95	8,86x10 ²	2,95
F13	6,85x10 ³	3,84	9,14x10 ³	3,96	1,11x10 ⁴	4,05	1,39x10 ⁴	4,14	5,08x10 ³	3,71	9,86x10 ²	2,99	9,68x10 ²	2,99	9,85x10 ²	2,99

*UFC: Unidade formadora de colônia; Log: logaritmo.

F1 - Formulação controle;

F2 - Formulação com 2,5% de óleo de linhaça dourada;

F3 - Formulação com 5,0% de óleo de linhaça dourada;

F4 - Formulação com 7,5% de óleo de linhaça dourada;

F5 - Formulação com 10,0% de óleo de linhaça dourada;

F6 - Formulação com 2,5% de farinha de linhaça dourada;

F7 - Formulação com 5,0% de farinha de linhaça dourada;

F8 - Formulação com 7,5% de farinha de linhaça dourada;

F9 - Formulação com 10,0% de farinha de linhaça dourada;

F10 - Formulação com 2,5% de semente de linhaça dourada;

F11 - Formulação com 5,0% de semente de linhaça dourada;

F12 - Formulação com 7,5% de semente de linhaça dourada;

F13 - Formulação com 10,0% de semente de linhaça dourada.

Tabela 7 - Avaliação microbiológica, coliformes totais e coliformes termotolerantes, dos hambúrgueres crus adicionados de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada (*Linum Usitatissimum* L.), nos dias 0, 30, 60 e 90 de armazenamento sob congelamento a -18°C

Formulação	NMP Coliformes totais/g (35°C)				NMP Coliformes termotolerantes/g (45°C)			
	Dias de armazenamento				Dias de armazenamento			
	0	30	60	90	0	30	60	90
F1	0,90x10 ¹	1,40x10 ¹	0,90x10 ¹	0,90x10 ¹	<3	<3	<3	<3
F2	1,40x10 ¹	2,00x10 ¹	1,40x10 ¹	1,50x10 ¹	<3	<3	<3	<3
F3	2,80x10 ¹	1,50x10 ¹	1,50x10 ¹	0,40x10 ¹	<3	<3	<3	<3
F4	6,40x10 ¹	4,30x10 ¹	3,90x10 ¹	3,90x10 ¹	<3	<3	<3	<3
F5	9,30x10 ¹	9,30x10 ¹	1,20x10 ²	9,30x10 ¹	<3	<3	<3	<3
F6	1,10x10 ¹	0,90x10 ¹	1,40x10 ¹	1,50x10 ¹	<3	<3	<3	<3
F7	9,30x10 ¹	7,50x10 ¹	1,20x10 ²	9,30x10 ¹	<3	<3	<3	<3
F8	9,30x10 ¹	1,20x10 ²	9,30x10 ¹	9,30x10 ¹	<3	<3	<3	<3
F9	9,30x10 ¹	9,30x10 ¹	7,50x10 ¹	1,20x10 ²	<3	<3	<3	<3
F10	0,70x10 ¹	0,40x10 ¹	0,70x10 ¹	1,10x10 ¹	<3	<3	<3	<3
F11	0,90x10 ¹	1,10x10 ¹	0,90x10 ¹	0,90x10 ¹	<3	<3	<3	<3
F12	2,10x10 ¹	2,80x10 ¹	2,10x10 ¹	2,30x10 ¹	<3	<3	<3	<3
F13	6,40x10 ¹	4,30x10 ¹	7,50x10 ¹	7,50x10 ¹	<3	<3	<3	<3

*UFC: Unidade formadora de colônia; NMP: número mais provável; Log: logaritmo.

F1 - Formulação controle;

F2 - Formulação com 2,5% de óleo de linhaça dourada;

F3 - Formulação com 5,0% de óleo de linhaça dourada;

F4 - Formulação com 7,5% de óleo de linhaça dourada;

F5 - Formulação com 10,0% de óleo de linhaça dourada;

F6 - Formulação com 2,5% de farinha de linhaça dourada;

F7 - Formulação com 5,0% de farinha de linhaça dourada;

F8 - Formulação com 7,5% de farinha de linhaça dourada;

F9 - Formulação com 10,0% de farinha de linhaça dourada;

F10 - Formulação com 2,5% de semente de linhaça dourada;

F11 - Formulação com 5,0% de semente de linhaça dourada;

F12 - Formulação com 7,5% de semente de linhaça dourada;

F13 - Formulação com 10,0% de semente de linhaça dourada.

3.2.2 Avaliação sensorial

A Tabela 8 apresenta os resultados da avaliação sensorial dos hambúrgueres bovinos adicionados de 2,5%, 5,0%, 7,5% e 10,0% de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada (*Linum Usitatissimum* L.), no tempo zero.

No atributo aparência, os hambúrgueres adicionados de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada não apresentaram diferença significativa ($p>0,05$) entre os tratamentos. Igualmente, não foi observada diferença estatística entre os hambúrgueres com farinha e semente de linhaça dourada para o atributo aroma. Entretanto, a formulação F1 (controle) obteve maiores notas ($p<0,05$) que F4 (7,5% de óleo de linhaça dourada) e F5 (10,0% de óleo de linhaça dourada). O tratamento F2 (2,5% de óleo de linhaça dourada) também apresentou maiores notas que F5.

Quanto ao sabor, maiores notas foram reportadas nos tratamentos com menores teores de óleo de linhaça. Como previsto, o tratamento controle (F1) foi o mais aceito ($p<0,05$) quando comparado às formulações com 5,0, ou 7,5 ou 10,0% de óleo (F3, F4 e F5, respectivamente). Quando houve a adição de farinha de linhaça dourada, as formulações F1, F6 e F7 (controle, e com adição de 2,5 ou 5,0% de farinha, respectivamente) obtiveram maiores notas para o sabor que F8 e F9 (7,5 ou 10,0% de farinha, respectivamente) corroborando com estudos de Pereira e Feihrmann (2009) e Bilek e Turhan (2009) que estudaram hambúrgueres bovinos adicionados de diferentes níveis de farinha de linhaça. O mesmo ocorreu com o acréscimo de semente de linhaça dourada, as amostras controle, e adicionadas de 2,5 ou 5,0% de semente de linhaça (F1, F10 e F11, respectivamente) apresentaram notas mais altas que F12 e F13 (7,5 ou 10,0% de semente de linhaça) que tinham maior teor deste ingrediente.

Segundo Santos *et al.* (2008), menores notas no sabor e aroma são informadas pelos julgadores para os produtos que contém alta porcentagem de derivados de linhaça dourada, uma vez que uma maior quantidade de PUFA's pode levar ao aumento da oxidação lipídica e em consequência aumentar o sabor e aroma de ranço, o que pode explicar também os resultados verificados na atual pesquisa.

Elmore *et al.* (1999) avaliando a carne de bovinos alimentados com semente de linhaça e óleo de peixe mostraram que as altas quantidades de ω -3 PUFA's produzem concentrações mais elevadas dos produtos de degradação de lipídios, particularmente aldeídos saturados e insaturados, alcoóis e cetonas. Os aldeídos foram quantitativamente mais importantes e, uma vez que são percebidos sensorialmente com baixos limites de odor, acredita-se que são a razão para as mudanças no sabor da carne. Alguns destes aldeídos são mais prováveis derivar dos ácidos oleico e linoleico ao invés do α -linolênico. Os autores sugerem também, que os radicais livres formados a partir dos ácidos graxos mais insaturados são facilmente oxidados, sendo provavelmente os ácidos graxos ω -3 responsáveis pelo início da oxidação.

Sabe-se que os componentes lipídicos da carne, principalmente a gordura intramuscular (que contém os fosfolipídios ricos em ácidos graxos essenciais ω -3 e ω -6) são os principais responsáveis pelo desenvolvimento do sabor da carne (MOTTRAM e EDWARDS, 1983; MOTTRAM, 1991; ENSER *et al.*, 1996; SHAHIDI, 2002; MAHAN e ESCOTT-STUMP, 2010). Naturalmente, o tipo de músculo avaliado, o tratamento térmico empregado, a alimentação, sexo do animal, a qualidade do produto, a manipulação com ingredientes e condições de armazenamento afetam o sabor dos produtos (LADIKOS e LOUGOVOIS, 1990). Portanto, uma explicação para a menor preferência dos alimentos com maior adição de linhaça dourada deste trabalho, pode ser devida a leves alterações dos lipídios devido ao tratamento térmico, como citado anteriormente, assim compostos aromáticos podem reagir com os

componentes do tecido magro adquirindo outro sabor (ELMORE *et al.*, 1999; 2004; SHAHIDI, 2002).

Não houve alterações nos hambúrgueres adicionados de óleo de linhaça quanto à textura. Com adição de farinha de linhaça dourada, F1 (controle) apresentou maiores notas que F9 (10,0% de farinha) e, F6 (2,5% de farinha) teve notas maiores que F8 e F9 (7,5 ou 10,0% de farinha, respectivamente). Quanto aos hambúrgueres com semente de linhaça dourada, as formulações controle, e com adição de 2,5 ou 5,0% de semente (F1, F10 e F11, respectivamente) demonstraram maior aceitação ($p < 0,05$) que F12 e F13 (7,5 ou 10,0% de semente de linhaça, respectivamente).

Os resultados para aceitação global e intenção de compra dos produtos demonstraram que as formulações controle (F1) tiveram maior porcentagem de aprovação dos provadores dentre todas, ocorrendo diminuição das notas conforme houve aumento na adição dos produtos a base de linhaça dourada (Anexo II, Figuras 6 e 7). A rejeição foi superior, principalmente, após a adição de 5,0% de cada ingrediente. Apesar disso, até o nível de adição de 5,0% houve aceitação global positiva de mais de 50% dos analistas sensoriais, sendo possível à utilização da linhaça dourada e seus derivados nos hambúrgueres.

No Anexo II (Figuras 2, 3, 4 e 5) é possível observar também, que na avaliação de frequência dos produtos adicionados de linhaça dourada e derivados, a maioria das notas de todos os atributos (aparência, aroma, sabor e textura) permaneceram acima da nota 5 (“nem gostei/nem desgostei”) considerada como limite, sendo que as notas acima deste valor podem classificar o produto como aceito e abaixo como rejeitado.

Tabela 8 – Avaliação sensorial dos hambúrgueres grelhados adicionados de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada (*Linum Usitatissimum* L.), no tempo zero

Formulação	Controle		2,5%		5,0%		7,5%		10,0%	
Atributo	Média±SD	EPM	Média±SD	EPM	Média±SD	EPM	Média±SD	EPM	Média±SD	EPM
Aparência										
Óleo	7,02±1,33 ^a	0,19	6,82±1,35 ^a	0,19	6,76±1,30 ^a	0,18	6,64±1,41 ^a	0,20	6,76±1,62 ^a	0,23
Farinha	6,66±1,45 ^a	0,20	6,98±1,62 ^a	0,23	6,92±1,47 ^a	0,21	6,62±1,43 ^a	0,21	6,44±1,47 ^a	0,21
Semente	7,12±1,32 ^a	0,19	6,84±1,33 ^a	0,19	6,32±1,45 ^a	0,20	6,23±1,63 ^a	0,23	6,33±1,75 ^a	0,26
Aroma										
Óleo	7,10±1,42 ^a	0,20	6,66±1,38 ^{ab}	0,20	6,40±1,55 ^{abc}	0,22	5,98±1,57 ^{bc}	0,22	5,74±1,63 ^c	0,23
Farinha	6,86±1,52 ^a	0,21	6,84±1,61 ^a	0,23	6,20±1,68 ^a	0,24	6,00±1,50 ^a	0,21	6,20±1,78 ^a	0,25
Semente	6,90±1,40 ^a	0,20	7,04±1,31 ^a	0,19	6,96±1,24 ^a	0,18	6,86±1,31 ^a	0,19	6,63±1,13 ^a	0,16
Sabor										
Óleo	7,24±1,24 ^a	0,18	6,46±1,79 ^{ab}	0,25	6,18±1,60 ^b	0,23	5,88±1,92 ^{bc}	0,27	5,72±1,93 ^c	0,27
Farinha	7,20±1,24 ^a	0,18	6,46±1,80 ^a	0,25	6,38±1,53 ^a	0,23	5,06±1,92 ^b	0,27	5,02±1,83 ^b	0,26
Semente	7,08±1,45 ^a	0,21	6,62±1,19 ^a	0,17	6,42±1,01 ^a	0,14	5,50±1,63 ^b	0,23	5,60±1,56 ^b	0,23
Textura										
Óleo	6,42±1,87 ^a	0,27	6,64±1,53 ^a	0,22	6,80±1,56 ^a	0,22	6,62±1,64 ^a	0,23	6,20±1,54 ^a	0,22
Farinha	6,42±1,57 ^{ab}	0,22	6,66±1,76 ^a	0,25	5,82±1,78 ^{abc}	0,25	5,50±1,84 ^{bc}	0,26	5,38±1,93 ^c	0,27
Semente	6,08±1,33 ^a	0,19	5,74±1,66 ^a	0,23	5,58±1,57 ^a	0,23	4,62±1,42 ^b	0,21	4,52±1,79 ^b	0,25
Aceitação Global Positiva (sim)** (%)										
Óleo	84		70		74		64		50	
Farinha	84		78		54		48		32	
Semente	86		74		56		38		42	
Intenção de Compra Positiva (sim)** (%)										
Óleo	76		66		70		58		38	
Farinha	76		62		40		34		24	
Semente	86		60		40		28		32	

*Letras diferentes na linha indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); EPM: Erro padrão da média; SD: Desvio padrão da média. **Baseada na escala binomial (sim/não), em 50 respostas por bloco de análise; Formulações: F1 - Formulação controle; F2 - Formulação com 2,5% de óleo de linhaça dourada; F3 - Formulação com 5,0% de óleo de linhaça dourada; F4 - Formulação com 7,5% de óleo de linhaça dourada; F5 - Formulação com 10,0% de óleo de linhaça dourada; F6 - Formulação com 2,5% de farinha de linhaça dourada; F7 - Formulação com 5,0% de farinha de linhaça dourada; F8 - Formulação com 7,5% de farinha de linhaça dourada; F9 - Formulação com 10,0% de farinha de linhaça dourada; F10 - Formulação com 2,5% de semente de linhaça dourada; F11 - Formulação com 5,0% de semente de linhaça dourada; F12 - Formulação com 7,5% de semente de linhaça dourada; F13 - Formulação com 10,0% de semente de linhaça dourada.

3.3 Análise estatística de regressão logística e sobrevivência

A avaliação sensorial é o fator chave para determinação da vida útil de muitos produtos. Depois de armazenados por tempo prolongado, muitos alimentos podem ser seguros para o consumo sob o aspecto microbiológico, mas podem ser rejeitados devido a mudanças nas propriedades sensoriais (HOUGH *et al.*, 2003). No entanto, esta metodologia fornece poucas informações sobre o que os consumidores normalmente fazem quando enfrentam a decisão de compra do produto ou não. Neste contexto, a análise de sobrevivência pode ser útil para estudar a rejeição dos consumidores para comprar ou consumir um determinado produto (GIMÉNEZ *et al.*, 2008a,b), provando também, ser um instrumento adequado para estimar as concentrações ótimas de um ingrediente alimentar (GARITTA *et al.*, 2006).

Esta metodologia tem sido aplicada à estimativa de vida útil dos alimentos (HOUGH *et al.*, 2003; GÁMBARO *et al.*, 2006; GIMÉNEZ *et al.*, 2007), bem como para avaliar o tempo até que um evento de interesse, muitas vezes chamado de sobrevivência, é aceito para o consumo (GÓMEZ, 2002).

Em algumas análises específicas, a função tempo tem sido substituída pela intensidade de um atributo sensorial, a fim de determinar o quão alto pode ser antes do consumidor rejeitar o produto (HOUGH *et al.*, 2004; GIMÉNEZ *et al.*, 2008a,b). Também, quando um processo tecnológico ou alterações na formulação causam complexas alterações nas características sensoriais de um alimento, o tempo pode ser substituído pelo percentual de adição ou substituição de um determinado ingrediente, ou, como no presente trabalho, pela porcentagem de adição da linhaça dourada e seus derivados. Esta metodologia centra-se no risco de rejeição dos consumidores do produto, em função da porcentagem de adição do ingrediente (GIMÉNEZ *et al.*, 2008a,b) neste caso de linhaça dourada e derivados.

Nesta avaliação, a sobrevivência função $S(t)$ é definida como a probabilidade de um indivíduo sobreviver além do tempo t (KLEIN e MOESCHBERGER, 2003; GÓMEZ, 2002). Referindo-se esta definição para os hambúrgueres, o "indivíduo" não seria o hambúrguer em si, mas sim o consumidor. Essa função de sobrevivência seria definida como a probabilidade de um consumidor aceitar o produto nos níveis de linhaça adicionados.

A Tabela 9 mostra a ARL para os hambúrgueres grelhados adicionados de 2,5%, 5,0%, 7,5% e 10,0% de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada (*Linum Usitatissimum* L.). Na Tabela 10 pode-se verificar a taxa de acerto ("hit rate"%) para a mesma avaliação.

Dentre os hambúrgueres com óleo de linhaça dourada, verificou-se na ARL, em F1 (controle) que a aparência (OR=0,40) e o sabor (OR=0,33) foram significativamente importantes para a intenção de compra, mas o aroma e a textura não. Isto sugere que os consumidores podem dar menos importância ao aroma e a textura, caso tenham gostado da aparência e do sabor do produto, no momento de tomar a decisão de compra. Assim, aparência e sabor são atributos que tem a probabilidade de aumentar em 0,40 e 0,33 vezes, respectivamente, a intenção de compra do produto, se ocorrer o aumento de 1 unidade, na escala hedônica de 9 pontos em F1.

Nas formulações adicionadas de óleo F2, F3 e F5 (2,5, ou 5,0 ou 10,0% de óleo, respectivamente), o sabor foi o atributo fundamental que influenciou na aceitação global, indicando que a probabilidade do produto ser aceito é de 4,99, 3,60 e 0,42 (OR, respectivamente) vezes maior do que ser recusado ($p=0,01$, $0,01$, $0,00$), caso aconteça o aumento de 1 unidade, na escala hedônica de 9 pontos, nestes níveis de adição. O mesmo ocorreu para a intenção de compra (OR=4,15, 2,93 e 5,38, respectivamente).

A adição de farinha de linhaça dourada promoveu nos hambúrgueres F1 (controle) influência na textura, tanto na aceitação global como na intenção

de compra. Deste modo, a textura tem a probabilidade de aumentar 0,30 a aceitação global, e 4,23 vezes a intenção de compra se ocorrer o aumento de 1 unidade, na escala hedônica de 9 pontos. Em F6 (2,5% de farinha) o atributo sabor foi estatisticamente importante para a aceitação global e intenção de compra, enquanto a textura foi relevante apenas para a intenção de compra. Já, com adição de 5,0% de farinha (F7) apenas o atributo sabor influenciou tanto na aceitação global como na intenção de compra. Nos produtos F8 (7,5% de farinha de linhaça), o sabor e textura apresentaram OR elevados para aceitação global (9,24 e 5,59, respectivamente) sendo que para intenção de compra apenas o sabor teve influência significativa também com alto OR de 31,89. Em F9 (10,0% de farinha de linhaça) a textura influenciou a aceitação global, enquanto na intenção de compra o sabor e a textura foram mais significativos que os demais atributos.

Com adição de semente de linhaça dourada, o sabor influenciou significativamente a aceitação global e intenção de compra nos tratamentos controle (F1). A aparência dos produtos F10 (2,5% de semente) foi significativa apenas para aceitação global aumentando em 0,40 (OR) vezes a chance de aceitação do produto com o aumento de 1 ponto na escala hedônica sensorial de 9 pontos. Entretanto, em F11 (5,0% de semente de linhaça) a textura foi o atributo que influenciou a aceitação global, ocorrendo o mesmo com a adição de 7,5% de semente (F12), porém neste caso, também foi significativa a textura para a intenção de compra do produto. F13 (10,0% de semente de linhaça) mostrou que o atributo sabor, foi significativo ($p=0,04$) para a escolha da aceitação global e o atributo textura na intenção de compra ($p=0,03$).

Em geral, a melhoria nos atributos sensoriais dos hambúrgueres pode ter um resultado muito significativo em futuros estudos, e, deve ser focada principalmente no sabor e textura.

Amostras utilizadas nesta pesquisa apresentaram características complexas de aparência (por exemplo, cor escuras/áreas queimadas, áreas

disformes, listras na superfície causada pelo equipamento de cocção, visual diferente entre as amostras e tamanho das partículas observadas nas sementes de linhaça), estas características também contribuíram para a aparência global e intenção de compra nas avaliações dos julgadores.

Neste estudo, a APD (Tabela 10) foi realizada utilizando tanto o modelo completo como o modelo de uma variável para prever a aceitação global e a intenção de compra.

Os resultados na avaliação de ADP dos hambúrgueres adicionados de óleo de linhaça dourada revelam que o modelo completo para os 4 atributos, pode prever corretamente a aceitação e compra do produto, variando de 70 a 100% de precisão. No atributo aparência, F5 (10,0% de óleo de linhaça) teve a menor taxa de acerto, e as amostras controle (F1) a maior taxa de acerto. Na variável aroma, os produtos F1 foram melhores classificados, sendo que as amostras F4 (7,5% de óleo de linhaça) apresentaram menor taxa de acerto para aceitação global e F2 (2,5% de óleo de linhaça) para intenção de compra. No sabor, as maiores taxas de acerto foram encontradas em F4 e, as menores em F5. Avaliando-se a textura, o maior “*hit rate*” foi verificado em F1 e menor em F2 e F3 (5,0% de óleo).

Nos produtos adicionados de farinha de linhaça dourada, verificou-se que nos 4 atributos em conjunto, as amostras F1, F6 e F8 (controle, 2,5% ou 7,5% de farinha de linhaça, respectivamente) apresentaram os maiores resultados, sendo que F9 (10,0% de farinha) teve menor “*hit rate*” para aceitação global e F7 (5,0% de farinha de linhaça) na intenção de compra do produto. Já na aparência, as formulações F1 mostraram maior taxa de acerto, onde a mais baixa foi encontrada em F7 e F8 para aceitação global e com 2,5% de farinha de linhaça (F6) para intenção de compra. Na variável aroma, F1 e F6 apresentaram maiores valores, contudo as amostras F9 e F8 mostraram menor taxa de acerto para aceitação global e intenção de compra, respectivamente. No sabor, F8 e F1 tiveram a maior taxa de acerto para

aceitação global e intenção de compra, respectivamente, enquanto F7 apresentou menor resposta. Na textura, F1 e F9 tiveram maior taxa de acerto, sendo que as formulações F7 e F8 mostraram menor resultado para aceitação global e intenção de compra, respectivamente.

Com a adição de semente de linhaça dourada, F1 e F11 (controle e 5,0% de semente, respectivamente) apresentaram maior “*hit rate*” na aceitação global, sendo que apenas F1 foi maior na compra. F12 e F13 (7,5 ou 10,0% de semente, respectivamente) resultaram nas menores respostas para aceitação global e intenção de compra, respectivamente. A aparência e o aroma mostraram menor taxa de aceitação na formulação F13 e F11, respectivamente, sendo maior em F1. Quanto ao sabor, o menor “*hit rate*” foi encontrado nos produtos F12 e F13, para aceitação global e F10 (2,5% de semente) e F11 para intenção de compra, com maior resposta também para F1. No quesito textura, a formulação F11 foi a que apresentou menor resultado, enquanto F1/F13 e F12 tiveram superiores taxa de acerto para aceitação global e compra, respectivamente.

Tabela 9 – Parâmetros estimados, probabilidade e estimativa de “odds ratio” (OR) (razão de chances), para aceitação global e intenção de compra dos hambúrgueres grelhados adicionados de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada (*Linum Usitatissimun L.*)

		Óleo																							
Formulação		F1						F2						F3						F4					
Parâmetro		Aceitação global			Intenção de compra			Aceitação global			Intenção de compra			Aceitação global			Intenção de compra			Aceitação global			Intenção de compra		
		E	Pr>x ²	OR	E	Pr>x ²	OR	E	Pr>x ²	OR	E	Pr>x ²	OR	E	Pr>x ²	OR	E	Pr>x ²	OR	E	Pr>x ²	OR	E	Pr>x ²	OR
Aparência		-3,13	0,13	0,04	-0,91	0,04	0,40	-0,49	0,39	0,61	-0,11	0,82	0,89	-0,42	0,30	0,66	-0,47	0,23	0,62	0,36	0,21	1,43	-0,21	0,48	0,81
Aroma		3,63	0,08	37,68	0,27	0,54	1,30	-0,06	0,89	0,94	-0,76	0,10	0,47	0,23	0,51	1,26	0,39	0,26	1,47	-0,41	0,14	0,67	0,44	0,12	1,55
Sabor		-5,41	0,06	0,00	-1,12	0,04	0,33	1,61	0,01	4,99	1,42	0,01	4,15	1,28	0,01	3,60	1,08	0,01	2,93	0,27	0,30	1,30	0,05	0,85	1,05
Textura		0,60	0,38	1,82	-0,10	0,76	0,91	0,49	0,19	1,63	0,58	0,08	1,79	0,06	0,84	1,06	0,17	0,57	1,18	-0,45	0,12	0,64	0,29	0,32	1,33
		Farinha																							
Formulação		F1						F6						F7						F8					
Formulação		Aceitação global			Intenção de compra			Aceitação global			Intenção de compra			Aceitação global			Intenção de compra			Aceitação global			Intenção de compra		
		E	Pr>x ²	OR	E	Pr>x ²	OR	E	Pr>x ²	OR	E	Pr>x ²	OR	E	Pr>x ²	OR	E	Pr>x ²	OR	E	Pr>x ²	OR	E	Pr>x ²	OR
Aparência		0,86	0,27	2,36	0,00	1,00	1,00	-0,31	0,49	0,73	-0,24	0,60	0,79	-0,54	0,33	0,58	-0,49	0,27	0,61	-0,18	0,77	0,84	1,80	0,24	6,07
Aroma		-1,46	0,12	0,23	0,26	0,61	1,29	0,66	0,33	1,93	-0,07	0,88	0,94	0,05	0,91	1,05	0,58	0,20	1,78	-0,29	0,64	0,75	-2,88	0,06	0,06
Sabor		-0,96	0,16	0,38	-0,11	0,83	0,90	-2,76	0,01	0,06	-1,45	0,01	0,23	-2,60	0,00	0,07	-1,48	0,01	0,23	2,22	0,01	9,24	3,46	0,03	31,89
Textura		-1,22	0,04	0,30	1,44	0,00	4,23	-0,33	0,40	0,72	-0,94	0,04	0,39	-0,63	0,16	0,53	-0,35	0,32	0,70	1,72	0,03	5,59	1,05	0,18	2,85
		Semente																							
Formulação		F1						F10						F11						F12					
Formulação		Aceitação global			Intenção de compra			Aceitação global			Intenção de compra			Aceitação global			Intenção de compra			Aceitação global			Intenção de compra		
		E	Pr>x ²	OR	E	Pr>x ²	OR	E	Pr>x ²	OR	E	Pr>x ²	OR	E	Pr>x ²	OR	E	Pr>x ²	OR	E	Pr>x ²	OR	E	Pr>x ²	OR
Aparência		0,09	0,85	1,10	0,09	0,85	1,10	-0,92	0,03	0,40	-0,62	0,07	0,54	-0,08	0,80	0,93	-0,12	0,68	0,89	-0,08	0,82	0,92	0,55	0,20	1,74
Aroma		-0,10	0,82	0,91	-0,10	0,82	0,91	0,01	0,99	1,01	0,19	0,61	1,20	0,15	0,64	1,17	0,22	0,47	1,25	0,13	0,80	1,14	-0,14	0,80	0,87
Sabor		-1,37	0,01	0,25	-1,37	0,01	0,25	-0,60	0,16	0,55	-0,28	0,42	0,76	-0,32	0,46	0,72	-0,31	0,44	0,73	0,70	0,12	2,01	0,66	0,17	1,94
Textura		0,46	0,34	1,59	0,46	0,34	1,59	-0,45	0,15	0,64	-0,50	0,05	0,61	-0,84	0,01	0,43	-0,43	0,11	0,65	1,05	0,01	2,87	0,79	0,04	2,21

*Baseado na análise de regressão logística (ARL), usando um modelo com 4 atributos sensoriais. Foi utilizada análise de probabilidade máxima para obter as estimativas (E) de cada parâmetro. As estimativas dos parâmetros eram consideradas significantes quando probabilidade do valor de Wald χ^2 quando $p < 0,05$. F1 - Formulação controle; F2 - Formulação com 2,5% de óleo de linhaça dourada; F3 - Formulação com 5,0% de óleo de linhaça dourada; F4 - Formulação com 7,5% de óleo de linhaça dourada; F5 - Formulação com 10,0% de óleo de linhaça dourada; F6 - Formulação com 2,5% de farinha de linhaça dourada; F7 - Formulação com 5,0% de farinha de linhaça dourada; F8 - Formulação com 7,5% de farinha de linhaça dourada; F9 - Formulação com 10,0% de farinha de linhaça dourada; F10 - Formulação com 2,5% de semente de linhaça dourada; F11 - Formulação com 5,0% de semente de linhaça dourada; F12 - Formulação com 7,5% de semente de linhaça dourada; F13 - Formulação com 10,0% de semente de linhaça dourada.

Tabela 10 – Taxa de acerto (“hit rate”, %) para aceitação global e intenção de compra dos hambúrgueres grelhados adicionados de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada (*Linum Usitatissimum* L.)

Atributos Tratamentos	Todos os 4 atributos		Aparência		Aroma		Sabor		Textura	
	Aceitação global	Intenção de compra	Aceitação global	Intenção de compra	Aceitação global	Intenção de compra	Aceitação global	Intenção de compra	Aceitação global	Intenção de compra
F1	100	100	90	90	100	90	90	90	90	90
F2	100	70	70	70	70	50	80	80	60	60
F3	80	80	60	60	80	80	80	80	60	60
F4	90	90	70	70	60	70	100	90	70	80
F5	80	80	50	50	70	70	70	70	70	70
F1	100	100	90	90	90	90	90	90	90	90
F6	100	100	80	60	90	90	90	80	80	80
F7	90	70	60	80	80	80	60	50	70	90
F8	100	100	60	70	90	60	100	80	90	70
F9	80	90	70	70	70	70	80	80	90	90
F1	100	100	90	90	90	90	90	90	90	90
F10	90	90	70	60	60	60	70	60	70	70
F11	100	80	70	60	40	30	60	60	60	60
F12	60	90	60	80	60	80	50	70	80	100
F13	70	70	60	60	50	70	50	80	90	90

*Baseado na análise preditiva discriminante (APD). “Hit Rate” (%) é a classificação correta de uma unidade desconhecida (produto) em um grupo (aceito com não aceito, e/ou compra com não compra), baseado em um perfil específico de avaliações sensoriais de aceitabilidade.

F1 - Formulação controle;

F2 - Formulação com 2,5% de óleo de linhaça dourada;

F3 - Formulação com 5,0% de óleo de linhaça dourada;

F4 - Formulação com 7,5% de óleo de linhaça dourada;

F5 - Formulação com 10,0% de óleo de linhaça dourada;

F6 - Formulação com 2,5% de farinha de linhaça dourada;

F7 - Formulação com 5,0% de farinha de linhaça dourada;

F8 - Formulação com 7,5% de farinha de linhaça dourada;

F9 - Formulação com 10,0% de farinha de linhaça dourada;

F10 - Formulação com 2,5% de semente de linhaça dourada;

F11 - Formulação com 5,0% de semente de linhaça dourada;

F12 - Formulação com 7,5% de semente de linhaça dourada;

F13 - Formulação com 10,0% de semente de linhaça dourada.

A Tabela 11 ilustra os dados da análise de sobrevivência de todos os níveis dos hambúrgueres com óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada.

Na análise de sobrevivência para os hambúrgueres adicionados de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada o nível com 10,0% foi o mais aceito pelos provadores (58,14, 35,71 e 46,50%, respectivamente), com cálculo de esperança de adição de no máximo 16,09, 11,11 e 14,72% de cada produto respectivamente. Entretanto, há uma incerteza na aceitação do nível de interesse, que é definido como dados censurados na análise de sobrevivência (GÓMEZ, 2002), e também aqueles indivíduos que durante a avaliação rejeitam o produto de início e, portanto, não são considerados nos resultados (HOUGH *et al.*, 2003), podendo com isso, aumentar o nível de aceitação dos hambúrgueres para 10,0%. Outro fator que pode influenciar nesta classificação, é que são utilizados apenas os resultados da avaliação global “sim” ou “não”, não se considerando as notas informadas para cada atributo individualmente.

Assim, para que um novo produto seja oferecido no mercado, várias avaliações devem ser levadas em consideração, e assim a característica de satisfação do consumidor seja atendida.

Na Figura 8 (Anexo II) pode-se verificar que os pontos dos gráficos a, b e c, encontram-se dentro do intervalo de confiança, indicando que a distribuição Log-normal utilizada foi adequada para explicar os dados.

Tabela 11 - Análise de sobrevivência das estimativas dos parâmetros, para avaliação sensorial de aceitação global para hambúrgueres grelhados, adicionados de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada (*Linum Usitatissimum* L.)

Parâmetros	Óleo							Farinha							Semente						
	G.L.	E.	SD	I.C.	95%	Pr	Q.Q >	G.L.	E.	SD	I.C.	95%	Pr	Q.Q >	G.L.	E.	SD	I.C.	95%	Pr	Q.Q >
Intercepto (média)	1	2.45	0.14	2.19	2.72	<.0001	322.38	1	2.02	0.13	1.76	2.28	<.0001	230.84	1	2.23	0.17	1.90	2.56	<.0001	175.60
Escala	1	0.65	0.13	0.43	0.97			1	0.77	0.14	0.55	1.09			1	0.92	0.18	0.63	1.35		
	L.I.	L.S.	P.	G.R.	N.	Espe-		L.I.	L.S.	P.	G.R.	N.	Espe-		L.I.	L.S.	P.	G.R.	N.	Espe-	
					(%)	rança						(%)	rança						(%)	rança	
Controle		2,5%	0.02	0,00	2,33			Controle		2,5%	0.08	-0.00	8,13		Controle		2,5%	0.08	-0.00	7,78	
2,5%		5,0%	0.05	-0.00	4,94			2,5%		5,0%	0.20	0,00	19,92		2,5%		5,0%	0.18	0,00	18,15	
5,0%		7,5%	0.15	0,00	14,83	16,09%		5,0%		7,5%	0.23	0,00	22,77	11,11%	5,0%		7,5%	0.13	-0,00	12,97	14,72%
7,5%		10,0%	0.20	0,00	19,77			7,5%		10,0%	0.13	-0.00	13,47		7,5%		10,0%	0.15	0,00	14,59	
10,0%		infinito	0.58	0,00	58,14			10,0%		infinito	0.36	-0.00	35,71		10,0%		infinito	0.47	0,00	46,50	

*Análise de sobrevivência para estimativas com intervalos de 95% de confiança para parâmetros do modelo Lognormal; G.L.: Graus de Liberdade; E.: Estimativa; SD: Desvio padrão; I.C.: Intervalo de Confiança; Pr.: Parâmetro; Q.Q.: Qui-Quadrado; L.I. Limite Inferior; L.S. Limite Superior; P: Probabilidade; G.R.: Gradiente reduzido; N.: nível de aceitação pelos provadores.

4. CONCLUSÕES

Os hambúrgueres adicionados de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada apresentaram avaliações microbiológicas satisfatórias durante o armazenamento por 90 dias.

Todos os níveis de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada adicionados aos produtos não influenciaram na aparência dos hambúrgueres. A adição de elevados níveis de óleo de linhaça afetou negativamente o aroma. Em geral, dentre os hambúrgueres contendo derivados de linhaça dourada, a adição de até 5,0% dos ingredientes nas formulações resultou em melhor aceitação pelos provadores para os atributos sabor e textura, ocorrendo o mesmo nos testes de aceitação global e intenção de compra.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIEC - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS IMPORTADORES E EXPORTADORES DE CARNE. **Catálogo Brasileiro de Cortes Bovinos**. Porto Alegre: Grafic-Offset, 2006. 106p.

AL HASANI, S.M.; HLAVAC, J.; CARPENTER, M.W. Rapid determination of cholesterol in single and multicomponent prepared foods. **Journal of AOAC International**, v.76, n.4, p.902-906, 1993.

ALLISON, PD. **Logistic regression using the SAS system: theory and application**. Cary N.C.: SAS Inst., 1999. 286p.

ALMEIDA, A.S.; GONÇALVES, P.M.R.; FRANCO, R.M. *Salmonella* em corte de carne bovina inteiro e moído. **Higiene Alimentar**, v.16, n.96, p.77-81, 2002.

AOAC - ANALYSIS OF ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists**. 12 ed. Washington D.C., 1975.

AOAC - ANALYSIS OF ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists**. 13 ed. Washington D.C., 1980.

AOCS - AMERICAN OIL CHEMIST'S SOCIETY. **Official methods and recommended practices of the American oil chemist's society**. 5th ed. Champaign: AOAC Press, 2004.

ARIHARA, K. et al. Antihypertensive activities generated from porcine skeletal muscle proteins by lactic acid bacteria. In: ARIHARA, K. et al. (Eds.). **Abstracts of 50th international congress of meat science and technology**. Finland: Helsinki, 2004. p.236.

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

ARISSETO, A.P.; POLLONIO, M.A.R. Avaliação da estabilidade oxidativa do hambúrguer tipo calabresa, formulado com reduzidos teores de nitrito e diferentes percentagens de gordura, durante armazenamento congelado. **Higiene Alimentar**, v.19, n.136, p.72-80, 2005.

ATWATER, W.O.; WOODS, C.D. The chemical composition of american food materials. **Farmers' Bulletin**, n.28. U.S. Department of Agriculture. Washington, 1896.

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

BLIGH, E.G.; DYER, W.J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian journal of biochemistry and physiology**, v.37, n.8, p.911-917, 1959.

BRASIL. ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 12**: Regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos de 02 de janeiro de 2001. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/12_01rdc.htm> Acesso em: 27 jul. 2010.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. LANARA - Laboratório Nacional de Referência Animal. **Métodos analíticos oficiais para controle de produtos de origem animal e seus ingredientes. II. Métodos Físico Químicos**. Brasília: Ministério da Agricultura, 1981. 123p.

CONNOR, W.E. Importance of n-3 fatty acids in health and disease. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.71, 1 suppl, p.171S–175S, 2000.

DAHL, W.J. et al. Effects of flax fiber on laxation and glycemic response in healthy volunteers. **Journal of Medicinal Food**, v.8, n.4, p.508-511, 2005.

DAINTY, R.H.; MACKEY, B.M. The relationship between the phenotypic properties of bacteria from chill-stored meat and spoilage processes. **Society for Applied Bacteriology**, v.21, n.1, p.103-114, 1992.

DELAZARI, I. Aspectos microbiológicos ligados a segurança e qualidade da carcaça de aves. In: SEMANA ACADÊMICA VETERINÁRIA, 8., 1998, São Paulo. **Anais...** São Paulo: 1998. p.71-77.

HMSO - DEPARTMENT OF HEALTH. Report on health and social subjects n.46. **Nutritional Aspects of Cardiovascular Disease**. HMSO: London, 1994. 178p.

DI MARCO, O.N. **Crecimiento de vacunos para carne**. Buenos Aires: Oscar N. Di Marco, 1998. 246p.

DOWNES, F.P.; ITO, K. APHA - American Public Health Association **Compendium of Methods Microbiological Examination of Foods**. 4 ed. Washington D.C.: American Public Health Association, 2001. 676p.

DUTCOSKY, S.D. **Análise sensorial de alimentos**. 20 ed. Curitiba: Champagnat, 1996. 84p.

ELMORE, J.S. et al. A comparison of the aroma volatiles and fatty acid compositions of grilled beef muscle from Aberdeen. **Meat Science**, v.68, n.1, p.27-33, 2004.

ELMORE, J.S. et al. Effect of the polyunsaturated fatty acid composition of beef muscle on the profile of aroma volatiles. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.47, n.4, p.1619-1625, 1999.

ENSER, M. et al. Fatty acid content and composition of English beef, lamb and pork at retail. **Meat Science**, v.42, n.4, p.443-458, 1996.

EVANGELISTA, J. **Tecnologia de Alimentos**. 2 ed. Rio de Janeiro: Atheneu, 2000. 652p.

FELÍCIO, P.E. Avaliação da qualidade da carne. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO INTENSIVA DE GADO DE CORTE, 1., 1998, Campinas. **Anais...** São Paulo: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 1998. p.92-99.

FRITZEN, A.L. et al. Análise microbiológica de carne moída de açougues pertencentes a 9º Regional de Saúde do Paraná. **Higiene Alimentar**, v.20, n.144, p.81-83, 2006.

FUNG, D.Y.C. et al. Mesophilic and psychrotrophic bacteria population on hot-boned and conventionally processed beef. **Journal of Food Protection**, v.43, n.7, p.547-550, 1980.

GÁMBARO, A.; ARES, G.; GIMÉNEZ, A. Shelf life estimation of apple baby food. **Journal of Sensory Studies**, v.21, n.1, p.101–111, 2006.

GARITTA, L. et al. Determination of optimum concentrations of a food ingredient using survival analysis statistics. **Journal of Food Science**, v.71, n.7, p.526–532, 2006.

GIMÉNEZ, A. et al. Shelf life estimation of brown bread: a consumer approach. **Food Quality and Preference**, v.18, n.2, p.196–204, 2007.

GIMÉNEZ, A.; ARES, G.; GÁMBARO, A. Consumers' perception of sandiness in dulce de leche. **Journal of Sensory Studies**, v.23, n.2, p.171–185, 2008a.

GIMÉNEZ, A.; GASTÓN, A.; GÁMBARO, A. Consumer reaction to changes in sensory profile of dulce de leche due to lactose hydrolysis. **International Dairy Journal**, v.18, n.9, p.951–955, 2008b.

GÓMEZ, G. **Análisis de Supervivencia**. Apuntes del curso de la Licenciatura en Ciencias y Técnicas Estadísticas de la Facultat de Matemàtiques I Estadística. Barcelona: Univ. Politècnica de Catalunya, 2002.

GREENE, B.E.; CUMUZE, T.H. Relationship between TBA numbers and inexperienced panelist's assessments of oxidized flavor in cooked beef. **Journal of Food Science**, v.47, n.1, p.52–58, 1982.

GUERREIRO, L. **Produção de Salsicha**. Rio de Janeiro. REDETEC – Rede de Tecnologia do Rio de Janeiro, Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas – SBRT, 10 out. 2006. 41f. Dossiê técnico.

HARTMAN, L.; LAGO, R.C.A. Rapid preparation of fatty acid methyl ester from lipids. London: **Laboratory Practice**, v.22, n.6, p.475-476, 1973.

HOLLAND, B. et al. **McCance and Widdowson's: the composition of foods**. 5 ed. Cambridge: The Royal Society of Chemistry, 1997. 600p.

HOOGENKAMP, H.W. Formulated meat patties — global taste preference changes. **Fleischwirtschaft**, v.77, n.10, p.909–912, 1997.

HOUGH, G. et al. Survival analysis applied to sensory shelf life of foods. **Journal of Food Science**, v.68, n.1, p.359–362, 2003.

HOUGH, G.; GARITTA, L.; SÁNCHEZ, R. Determination of consumer acceptance limits to sensory defects using survival analysis. **Food Quality and Preference**, v.15, n.7-8, p.729–734, 2004.

HUBERTY, C.J. **Applied discriminant analysis**. New York: JohnWiley & Sons Inc. 1994. 486p.

ICMSF - INTERNATIONAL COMMISSION ON MICROBIOLOGICAL SPECIFICATIONS FOR FOODS. **Microorganisms in foods. I. Their significance and methods of enumerations**. 3 ed. Toronto: University of Toronto Press, 1983. 431p.

JIMÉNEZ-COLMENERO, F. Healthier lipid formulation approaches in meatbased 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. Technologies for developing low-fat meat products-Review. **Trends in Food Science & Technology**, v.7, n.2, p.41-48, 1996.

KLEIN, J.P.; MOESCHBERGER, M.L. **Survival analysis, techniques for censored and truncated data**. 2 ed. New York: Springer, 2003. 536p.

LADIKOS, D.; LOUGOVOIS, V. Lipid oxidation in muscle foods: A review. **Food Chemistry**, v.35, n.4, p.295–314, 1990.

LEES, R. **Manual de análises de alimentos** (Laboratory handbook of methods of food analysis). Zaragoza: Ed. Acribia, 1979. p.124-125.

LUCHIARI FILHO, A. **Pecuária da carne bovina**. São Paulo: LinBife, 2000. 134p.

MACFIE, H.J. et al. Designs to balance the effect of order of presentation and first-order carry-over effects in hall tests. **Journal of Sensory Studies**, v.4 n.2, p.129–148, 1989.

MAHAN, L.K.; ESCOTT- STUMP, S. **Krause: Alimentos, Nutrição e Dietoterapia**. 12 ed. São Paulo: Elsevier, 2010. 1358p.

MARQUES, J.A. et al. Características físico-químicas da carcaça e da carne de novilhas submetidas ao anestro cirúrgico ou mecânico terminadas em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1514-1522, 2006.

MARQUES, J.M. **Elaboração de um produto de carne bovina “tipo hambúrguer” adicionado de farinha de aveia**. 2007. 71p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

MONTEIRO, V.J.O. et al. Avaliação da qualidade microbiológica de linguiças artesanais produzidas e comercializadas na cidade de Umuarama, PR. **Higiene Alimentar**, v.21, n.155, p.44-47, 2007.

MOREIRA, F.B. et al. Evaluation of carcass characteristics and meat chemical composition of *Bos indicus* and *Bos indicus* x *Bos taurus* crossbred steers finished in pasture systems. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.6, n.4, p.609-616, 2003.

MORRIS, D.H. New Flax Facts. **Food Sources of Alpha-Linolenic Acid**. Flax Council of Canadá. Disponível em: <www.flaxcouncil.ca>. Acesso em: 20 jul. 2010.

MOSKOWITZ, H.R. Product optimization approaches and applications. In: MACFIE, H.J.; THOMSON, D.M. (Eds.). **Measurement of Food Preferences**. London: Blackie Academic and Professional, 1994. p.67-136.

MOTTRAM, D.S. Meat. In: MAARSE, H. (Ed.). **Volatile compounds in Foods and Beverages**. New York: Marcel Dekker, 1991. p.107-177.

MOTTRAM, D.S.; EDWARDS, E.A. The role of triglycerides and phospholipids in the aroma of cooked beef. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.34, n.5, p.517-522, 1983.

NASCIMENTO, M.G.F. et al. Bioindicators of contamination in commercially available bovine hamburgers of two trademarks. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA, 22, 2003, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Sociedade Brasileira de Microbiologia, 2003.

OVESEN, L. Cancer health concerns. In: JENSEN, W.K.; DEVINE, C.; DIKEMAN, M. (Eds.). **Encyclopedia of meat sciences**. Oxford: Elsevier, 2004b. p.628-633.

OVESEN, L. Cardiovascular and obesity health concerns. In: JENSEN, W.K.; DEVINE, C.; DIKEMAN, M. (Eds.). **Encyclopedia of meat sciences**. Oxford: Elsevier, 2004a. p.623-628.

ÖZKAN, N.; HO I.; FARID, M. Combined ohmic and plate heating of hamburger patties: quality of cooked patties. **Journal of Food Engineering**, v.63, n.2, p.141–145, 2004.

PARDI, M.C. et al. **Ciência, higiene e tecnologia da carne**. 2 ed. Goiânia: UFG, 2001. v.2. 120p.

PEREIRA, A.M.; FEIHRMANN, A.C. Farinha de linhaça em hambúrguer de carne bovina. **Revista Nacional da Carne**, v.389, p.110-114, 2009.

PIERSON, M.D.; CORLETT, JR, D.A. **HACCP, Principles and Applications**. New York: Chapman e Hall, 1992. 212p.

PRINYAWIWATKUL, W.; CHOMPREEEDA, P. Applications of discriminant and logistic regression analysis for consumer acceptance and consumer-oriented product optimization study. In: BECKLEY, J.H. et al. (Eds). **Accelerating new food product design and development**. Ames, Iowa: Blackwell Publishing Professional, 2007. chap.16, p.279–295.

RAES, K. et al. Meat quality, fatty acid composition and flavour analysis in Belgian retail beef. **Meat Science**, v.65, n.4, p.1237–1246, 2003.

REINHEIMER, J.A.; CARRASCO, M.S.; SIMONETTA, C. **Microbiologia de los alimentos**. Zaragoza: Departamento de Impresiones y Publicaciones de la Facultad de Ingenieria Química, Universidad Nacional del Litoral, 1988. 26p.

RIEDEL, G. **Controle sanitário dos alimentos**. 2 ed. São Paulo: Atheneu, 1992. 320p.

ROÇA, R.O.; SERRANO, A.M. Abate de bovinos, alterações microbianas da carcaça. **Higiene Alimentar**, v.9, n.35, p.8-13, 1995.

ROITMAM, I.; TRAVASSOS, L.R.; AZEVEDO, J.L. **Tratado de Microbiologia**. São Paulo: Editora Manole, 1988. v.1. 186p.

SANTOS, C. et al. Enrichment of dry-cured ham with α -linolenic acid and α -tocopherol by the use of linseed oil and α -tocopheryl acetate in pig diets. **Meat Science**, v.80, n.3, p.668–674, 2008.

SHAHIDI, F. Lipid-derived flavors in meat products. In: **Meat processing: Improving quality**. KERRY, J.; KERRY, J.; LEDWARD, D. (Eds.). Boca Raton, Boston, New York, Washington: Woodhead Publishing Limited, 2002. p.105-121.

STROMER, M.H.; GOLL, D.E.; ROBERTS, J.H. Cholesterol in subcutaneous and intramuscular lipid depots from bovine carcasses of different maturity and fatness. **Journal of Animal Science**, v.25, n.4, p.1145-1147, 1966.

TACO - **TABELA BRASILEIRA DE COMPOSIÇÃO DE ALIMENTOS**. NEPA-UNICAMP-Versão II - 2 ed. Campinas, São Paulo: NEPA-UNICAMP, 2006. 113p.

TARLADGIS, B.G. A distillation method for the quantitative determination of malonaldehyde in rancid foods. **Journal of American Oil Chemistry Society**, v.37, n.1, p.44-48, 1960.

USDA - UNITED STATE DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Nutrient Database for Standard Reference**, Release 14. Washington, Julho 2001.

VALSTA, L.M.; TAPANAINEN, H.; MANNISTO, S. Meat fats in nutrition. **Meat Science**, v.70, n.3, p.525-530, 2005.

VANDERZANT, C.; SPITTSTOESSER, D.F. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 3 ed. Washington: American Public Health Association, 1992. 1219p.

VAZ, F.N. et al. Qualidade e composição química da carne de bovinos de corte inteiros ou castrados de diferentes grupos genéticos Charolês x Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.2, p.518-525, 2001.

WILLIAMS, C.M. Dietary fatty acids and human health. **Annales de Zootechnie**, v.49, n.1, p.165-180, 2000.

CAPÍTULO 4

PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS E ACEITAÇÃO SENSORIAL DE PRODUTO CÁRNEO BOVINO REESTRUTURADO ADICIONADO DE ÓLEO, FARINHA E SEMENTE DE LINHAÇA DOURADA (*Linum Usitatissimum* L.)

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da adição de óleo, farinha e semente de linhaça dourada em produto cárneo bovino reestruturado. Foram elaborados hambúrgueres contendo 5,0% de óleo (F2), ou 5,0% de farinha (F3) ou 5,0% de semente (F4), mais uma formulação controle (F1), mantidos sob congelamento a -18°C por 90 dias. Realizaram-se avaliações físico-químicas, perfil de ácidos graxos, determinação objetiva de cor, perfil de textura e estabilidade oxidativa a cada 30 dias, nos produtos crus e grelhados. As propriedades sensoriais avaliadas foram aparência, sabor, textura, e aroma, sendo também aplicados testes de aceitação global e intenção de compra. Após avaliação da composição centesimal dos produtos contendo linhaça dourada, verificou-se diminuição da umidade e aumento dos teores de cinzas, proteínas, lipídios, carboidratos e calorias. A dureza, elasticidade, mastigabilidade e força de cisalhamento diminuíram com a adição de derivados de linhaça dourada, sendo que a fraturabilidade aumentou ($p < 0,05$). Na avaliação sensorial, não ocorreram alterações durante os 90 dias de congelamento, porém F2 obteve as notas mais baixas, para os atributos aroma e sabor, comparadas ao controle. Os produtos com linhaça dourada tiveram maior rendimento na cocção e menor % de encolhimento. Os valores de malonaldeído aumentaram com a adição dos produtos a base de linhaça, e em

geral, houve redução de a^* e b^* durante o armazenamento, nos produtos crus. As amostras adicionadas de linhaça dourada tiveram aumento dos ácidos graxos benéficos ω -3, com diminuição da relação ω -6/ ω -3 (<1) e aumento da relação poliinsaturados/saturados (PUFAs/SFA) ($>0,50$), melhorando assim o perfil nutricional.

PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES AND SENSORY ACCEPTANCE OF MEAT PRODUCT RESTRUCTURED ADDED WITH GOLDEN FLAXSEED (*Linum Usitatissimum* L.) OIL, FLOUR AND SEED

SUMMARY

The objective of this study was to evaluate the effect of adding golden flaxseed oil, flour and in bovine restructured meat product. Patties were prepared containing 5.0% oil (F2), or 5.0% of flour (F3) or 5.0% of seed (F4), plus a control formulation (F1), kept frozen at -18°C for 90 days. Physico-chemical, fatty acid profile, objective determination of color, texture profile and oxidative stability evaluations were performed every 30 days in raw and grilled products. The sensory properties evaluated were appearance, flavor, texture and aroma, and were also applied tests of overall acceptance and purchase intent. After determination of the proximate composition of the products containing golden flaxseed, there was a decrease of moisture and increasing concentrations of ash, protein, fat, carbohydrates and calories. The hardness, springness, chewiness and shear force decreased with the addition of derivatives of golden flaxseed, and the fracturability increased ($p<0.05$). In sensory evaluation, no changes occurred during the 90 days of freezing, but F2 had the lowest scores for the aroma and flavor, compared to control. Products

with golden flaxseed had higher cooking yield and lower shrinkage %. Malonaldehyde values increased with the addition of products based on flaxseed oil, and in general, was a reduction of a^* and b^* during storage, in the raw products. The spiked samples of golden flaxseed had increased beneficial fatty acids ω -3, with decrease of the ratio ω -6/ ω -3 (<1) and increase in the polyunsaturated/saturated ratio (PUFAs/SFA) (>0.50), thus improving the nutritional profile.

1. INTRODUÇÃO

Com o estilo de vida atual, produtos como hambúrgueres tornam-se especialmente importantes para o setor de “*fast-foods*” (ÖZKAN *et al.*, 2004) com destaque na elaboração de lanches.

As carnes e seus produtos derivados são algumas das mais importantes fontes de gordura na dieta. Porém, também contêm elementos que, em certas circunstâncias e inadequadas proporções têm um efeito negativo na saúde humana (JIMÉNEZ-COLMENERO *et al.*, 2001). Esta situação decorre, principalmente, do teor de gordura, ácidos graxos saturados e colesterol e sua associação com doenças cardiovasculares, alguns tipos de câncer e obesidade (FERNÁNDEZ-GINÉS *et al.*, 2005).

As carnes e derivados possuem grande aceitação entre consumidores e, neste contexto, ingredientes funcionais podem ser agregados visando produzir alimentos menos calóricos, porém mantendo-se saborosos (FERNÁNDEZ-GINÉS *et al.*, 2005). Assim, alterações nos lipídios desses produtos, com modificação no perfil de PUFAs ω -3, podem ajudar a melhorar a qualidade nutricional da dieta ocidental (ANSORENA e ASTIASARÁN, 2004),

visando diminuir o risco de doenças crônicas não transmissíveis da população, principalmente a obesidade (FERNÁNDEZ-GINÉS *et al.*, 2005).

A linhaça foi consumida durante séculos, tanto por seu sabor quanto por suas propriedades nutricionais. Recentemente, a maior preocupação com a saúde e ampla divulgação sobre as propriedades funcionais da linhaça e seus derivados, aumentou drasticamente seu consumo em todo o mundo. Muitos benefícios específicos são reportados a sua ingestão devido, especialmente, ao seu conteúdo de ácidos graxos ω -3, lignana e teor de fibra dietética (WILKES, 2007).

Entretanto, poucos trabalhos relatam o desenvolvimento de produtos cárneos enriquecidos com ácidos graxos ω -3 (LESKANICH *et al.*, 1997; SPECHT-OVERHOLT *et al.*, 1997; ENSER *et al.*, 2000; SHEARD *et al.*, 2000; PELSER *et al.*, 2007; VALENCIA *et al.*, 2008) sendo que ainda não foram verificados estudos com a aplicação de semente e farinha de linhaça dourada em hambúrgueres.

Apesar do benefício da adição de ingredientes ricos em PUFA em produtos cárneos, um problema crescente surge devido à uma maior susceptibilidade a oxidação lipídica (PELSER *et al.*, 2007). A capacidade dos ácidos graxos insaturados em oxidar rapidamente, influencia no tempo de vida de prateleira das carnes e derivados (SHEARD *et al.*, 2000). Este processo pode alterar as propriedades sensoriais de produtos alimentícios, já que a gordura contribui para o sabor, textura e suculência do produto (NAVARRO *et al.*, 1997; MUGUERZA *et al.*, 2002) e, também afetar o valor nutricional dos alimentos através da perda de vitaminas, ácidos graxos insaturados essenciais, ou mesmo dando origem a compostos adversos a saúde humana (ANSORENA e ASTIASARÁN, 2004).

A fim de inibir o desenvolvimento da reação oxidativa em carnes e derivados, antioxidantes sintéticos e naturais têm sido comumente utilizados na

indústria. Estes compostos são capazes de retardar ou impedir os processos de oxidação, podendo ajudar no controle da oxidação lipídica destes alimentos (AHN *et al.*, 2007).

Assim, torna-se necessário um estudo aprofundado das características de hambúrgueres formulados com adição de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada, avaliando seus atributos físico-químicos, sensoriais e oxidativos, durante seu armazenamento, bem como seu perfil de ácidos graxos, o quais foram os objetivos deste trabalho.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Matéria-prima

2.1.1 Cortes cárneos

Foram utilizados 25kg de acém (código B 2211, ABIEC, 2006) e 25kg de paleta (código A 2100, ABIEC, 2006), obtidos em frigoríficos comerciais e transportados refrigerados para a Universidade Estadual de Campinas, Laboratório de Carnes e Processos, sendo estocados entre 1-4°C até o processamento. Para o experimento, os cortes foram subsequentemente removidos das embalagens a vácuo e toda a gordura externa e os músculos adjacentes retirados.

2.1.2 Ingredientes da formulação

Neste estudo foi avaliada, individualmente, a adição de 5,0% de óleo, ou 5,0% de farinha ou 5,0% de semente de linhaça dourada em hambúrgueres

de carne bovina, formulações previamente selecionadas através da avaliação sensorial em estudo anterior (Capítulo 3).

Os produtos linhaça dourada e derivados, da mesma marca comercial selecionada e amplamente comercializada no país, foram obtidos através de fornecedores especializados, conforme itens 2.1.1, 2.1.2 e 2.1.3 (Capítulo 2). Os ingredientes e aditivos maltodextrina, cebola e alho em pó, carragena e o eritorbato de sódio foram cedidos pela New Max Industrial. O óleo de palma refinado foi concedido pela empresa Triângulo Alimentos.

Na Tabela 1 estão descritas as formulações dos hambúrgueres de carne bovina, adicionados de 5,0% de óleo, ou 5,0% de farinha ou 5,0% de semente de linhaça dourada.

O delineamento estatístico utilizado foi inteiramente casualizado, contendo, 4 tratamentos e três repetições cada.

Tabela 1 - Formulações de hambúrgueres bovinos adicionados de óleo ou farinha ou semente de linhaça dourada (*Linum Usitatissimum* L.)

Formulação/ Ingrediente	F1	F2	F3	F4
	(g/100g)			
Gelo em flocos	15,00	15,00	15,00	15,00
Carragena em pó	0,20	15,00	15,00	15,00
Maltodextrina em pó	1,80	1,80	1,80	1,80
Óleo de palma refinado	5,00	5,00	5,00	5,00
Sal refinado	1,50	1,50	1,50	1,50
Eritorbato de sódio	0,05	0,05	0,05	0,05
Cebola em pó	0,30	0,30	0,30	0,30
Alho em pó	0,30	0,30	0,30	0,30
Carne bovina	75,85	70,85	70,85	70,85
Linhaça e derivados	-	5,00	5,00	5,00

*F1 - Formulação controle;

F2 - Formulação com 5,0% de óleo de linhaça dourada;

F3 - Formulação com 5,0% de farinha de linhaça dourada;

F4 - Formulação com 5,0% de semente de linhaça dourada.

2.2 Processamento dos hambúrgueres bovinos

A carne (aproximadamente 45kg) à temperatura em torno de 4°C foi moída em moedor de carnes (C.A.F., Brasil), em disco de 3 mm. Em seguida, aproximadamente 11kg de carne foram utilizados para cada uma das 4 formulações, individualmente, sendo então levadas à misturadeira (Super Cutter Sire, Brasil). A seguir, foram adicionados ingredientes na seguinte ordem: metade do gelo, condimentos (cebola e alho em pó), eritorbato de sódio e o restante do gelo, sal, carragena, maltodextrina, óleo de palma e a linhaça dourada e derivados correspondentes. Após a homogeneização, a formulação foi acondicionada em sacos plásticos de polietileno de baixa densidade (PEBD) e armazenada em freezer com temperatura de 0°C a -1°C por aproximadamente 1 hora, para facilitar a moldagem. A seguir, a massa foi moldada em unidades (130-140 hambúrgueres, em média) de aproximadamente 110g (Figura 1) com 10cm de diâmetro, em hamburgueira manual (Muller, Brasil) e, em seguida, levadas à câmara frigorífica (temperatura de -18°C) onde foram congeladas. As amostras congeladas foram embaladas em sacos plásticos de PEBD, fechados com fita adesiva e guardados em embalagens cartonadas (contendo 6 hambúrgueres), codificadas e armazenadas em freezer à temperatura de -18°C, durante o período de avaliação de 90 dias (Figura 2).

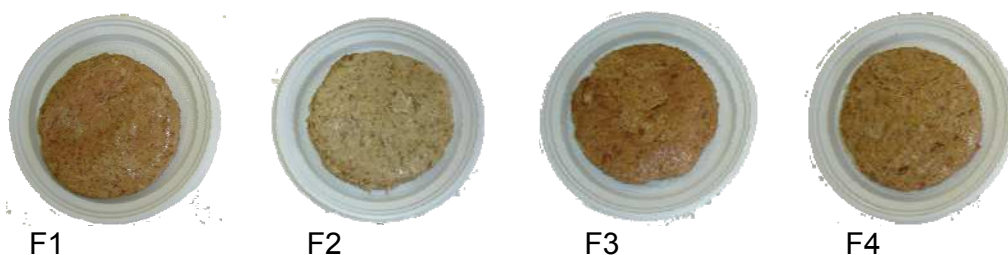


Figura 1 - Hambúrgueres crus formulados sem adição de linhaça dourada (*Linum Usitatissimum* L.) controle (F1) e com adição de 5,0% de óleo (F2), ou 5,0% de farinha (F3) ou 5,0% de semente de linhaça dourada (F4).

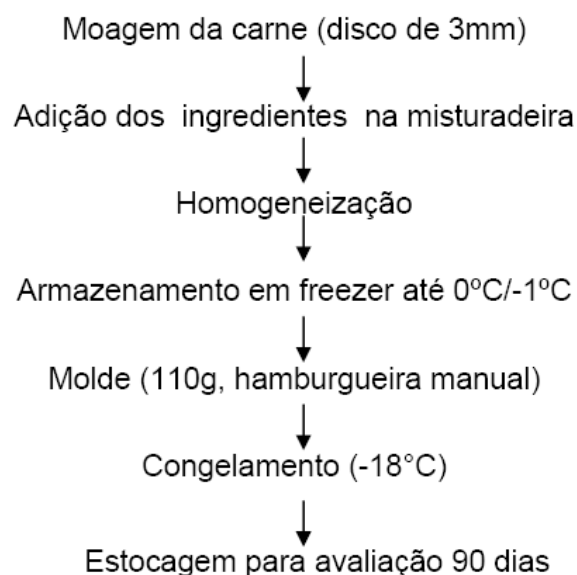


Figura 2 - Fluxograma geral do processamento do hambúrguer bovino.

2.3 Cocção dos hambúrgueres bovinos

Para realização das análises físico-químicas e sensoriais, os hambúrgueres foram grelhados no estado congelado em chapa elétrica, com grelha nos lados superior e inferior (*George Foreman* tamanho jumbo, *Lean Mean Fat reducing Grilling Machine*, U.S.A.) aquecida a 200°C. A temperatura interna do hambúrguer foi controlada por termômetro digital B 345 (Micronal, Brasil) com termopar acoplado, até que atingisse 75°C no centro (ARISSETO e POLLONIO, 2005). O tempo de fritura foi em média de 8 a 10 minutos e variou de acordo com o teor de gordura das amostras.

2.4 Preparo da amostra de hambúrguer para realização das análises

Foram utilizados dez hambúrgueres crus e dez hambúrgueres grelhados (conforme item 2.3) de cada formulação para a realização das análises físico-químicas. Os produtos foram escolhidos de forma aleatória sendo então homogeneizados em processador de alimentos da marca (Walita Mega Master RI 3170, Brasil).

2.5 Avaliação físico-química dos hambúrgueres bovinos

2.5.1 Determinação da umidade

Foi realizada no tempo zero, nos hambúrgueres crus e grelhados, de acordo com a AOAC (1980) em triplicata, que consiste em secagem a 105°C até peso constante.

2.5.2 Determinação de proteínas

Foi realizada no tempo zero, nos hambúrgueres crus, através da avaliação do nitrogênio total da amostra, em triplicata, pelo método KJELDAHL determinado ao nível semimicro (AOAC, 1980). Utilizou-se o fator de conversão de nitrogênio para proteína de 6,25.

2.5.3 Determinação de lipídios

As amostras foram avaliadas em triplicata, pelo método de Bligh e Dyer (1959). Esta análise foi realizada nos hambúrgueres crus e grelhados, no tempo zero.

2.5.4 Determinação de cinzas

A porcentagem de cinzas foi determinada nos hambúrgueres crus e grelhados, no tempo zero, em triplicata, em mufla a 550°C conforme metodologia de AOAC (1975) e Lees (1979).

2.5.5 Determinação de carboidratos

A determinação de carboidratos dos hambúrgueres crus (tempo zero) foi realizada através de cálculo teórico (por diferença) nos resultados das triplicatas, conforme fórmula abaixo:

$$\% \text{ Carboidratos} = 100 - (\% \text{ umidade} + \% \text{ proteína} + \% \text{ lipídios} + \% \text{ cinzas})$$

2.5.6 Determinação do valor calórico

O total de calorias (kcal) foi calculado em relação a 100g da amostra, nos hambúrgueres crus (tempo zero), utilizando os valores Atwater (ou calor de combustão) para gordura (9kcal por grama), proteína (4,02kcal por grama) e carboidratos (3,87kcal por grama) (ATWATER e WOODS, 1896).

2.5.7 Determinação do perfil de ácidos graxos

Esta análise foi realizada no Laboratório de Óleos e Gorduras do Departamento de Tecnologia de Alimentos da FEA/UNICAMP.

Para o preparo dos ésteres metílicos, as amostras dos hambúrgueres crus e grelhados (tempo zero), passaram inicialmente por processo de extração de lipídios segundo Bligh e Dyer (1959). Cada amostra

de óleo extraído foi saponificado e esterificado, em triplicata, conforme metodologia proposta por Hartmann e Lago (1973).

O perfil de ácidos graxos foi determinado por cromatografia gasosa de alta resolução (AOCS, 2004), sendo avaliados: ácidos graxos saturados, MUFAs e PUFAs, individualmente. Foi utilizado um cromatógrafo Gasoso Capilar (Agilent, 6850 Series GC System, U.S.A.), contendo coluna capilar: DB-23 Agilent (50% cyanopropyl – methylpolysiloxane), dimensões 60 m, Ø int: 0,25 mm, 0,25 µm filme.

As condições de operação do cromatógrafo foram: fluxo da coluna de 1,00mL/min.; velocidade linear de 24cm/seg.; temperatura do detector de 280°C; temperatura do injetor de 250°C; temperatura do forno de 110°C – 5 minutos, 110 – 215°C (5°C/min), 215°C – 24 minutos; o gás de arraste utilizado foi o Hélio, sendo injetada uma alíquota de 1µL das amostras no aparelho.

A identificação dos ácidos graxos foi realizada pela comparação dos tempos de retenção dos picos da amostra com os tempos de retenção dos picos dos padrões. Os resultados obtidos foram em % de área e convertidos a g/100g, utilizando o fator de conversão indicado para carne bovina (0,916) (HOLLAND, 1997). O cálculo utilizado para conversão da % de área em g/100g de alimento avaliado encontra-se a seguir:

$$AGi = \frac{\% \text{ área} \times L \times F}{100}$$

Onde:

AGi = ácido graxo individual, expresso em g/100g de amostra;

% área = porcentagem de área dos picos obtidos nos cromatogramas;

L = teor de lipídio da amostra em g/100g;

F = Fator de conversão do alimento.

2.5.8 Determinação do colesterol

A análise de colesterol dos hambúrgueres crus e grelhados, no tempo zero, foi realizada através da metodologia de Al Hasani *et al.* (1993). A amostra foi saponificada com KOH alcoólico, sendo que a fração não saponificável foi extraída com hexano e o extrato concentrado foi injetado em cromatógrafo gasoso sem derivatização (Hewlett Packard, 5890 Series II GC, U.S.A.) com detector FID e injetor Split 1:100, contendo coluna capilar HP-5. As condições de operação do cromatógrafo foram: temperatura da coluna de 160 - 270°C (10°C/min.); temperatura do detector de 270°C; temperatura do injetor de 250°C. O fluxo de gases foram: Hélio = 1 mL/min, H₂ = 20 mL/min, N₂ (Gás auxiliar) = 30 mL/min e Ar Sintético = 300 mL/min.

A identificação do colesterol foi realizada através de comparação do tempo de retenção das amostras com o padrão injetado e a quantificação através das áreas correspondentes dos picos, por padronização interna, utilizando-se por comparação padrões de colesterol e 5- α -colestane, estabelecendo-se a curva padrão de colesterol que foi utilizada para análise do colesterol em mg/100g de amostra.

2.5.9 Determinação da Aw

Esta determinação foi realizada em triplicata nos hambúrgueres crus e grelhados, no tempo zero. Utilizou-se o medidor de Aw (AquaLab Séries 3 TE Decagon, New Zealand), operando a temperatura de 25°C.

2.5.10 Determinação de pH

O valor de pH foi medido através de potenciômetro digital (Mettler Toledo, Brasil), modelo MP125 pH Meter. Para esta análise, 50g de amostra colhidas aleatoriamente e acrescidas de 10mL de água destilada foram

homogeneizadas em processador de alimentos por 1 minuto, sendo então, introduzido o eletrodo para leitura (BRASIL, 1981). Este procedimento foi realizado em triplicata nos hambúrgueres crus e grelhados, no tempo zero.

2.6 Determinação das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS)

A extensão da oxidação lipídica, nos hambúrgueres crus e grelhados, foi determinada através da quantidade (mg/kg) de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico, de acordo com Tarladgis *et al.* (1960), em triplicata. A análise foi realizada mensalmente nos dias 0, 30, 60 e 90, durante o armazenamento sob congelamento a -18°C.

2.7 Avaliação do perfil de textura (TPA)

A análise do perfil de textura foi realizada de acordo com *American Meat Science Association - AMSA & National Live Stock and Meat Board* (1995), Scheeder *et al.* (2001) e Jeong *et al.* (2007) em equipamento de textura TA-xT2i (Stable Micro Systems, Surrey, UK). Foram utilizados cinco hambúrgueres grelhados (segundo item 2.3) (tempo zero), amostrados em 3 regiões diferentes totalizando 15 leituras para cada tratamento. As amostras foram comprimidas duas vezes para 25% de sua altura original com velocidade pré-teste, teste e pós-teste de 2,0mm/s. O probe utilizado foi o P-35 (haste longa/base normal), com calibre de 60mm.

2.8 Determinação da força de cisalhamento

A força de cisalhamento foi estimada através do analisador de textura TA-xT2i (Stable Micro Systems, Surrey, UK). Foram utilizados cinco hambúrgueres grelhados (segundo item 2.3) (tempo zero), amostrados em 3 regiões diferentes totalizando 15 leituras para cada tratamento. As amostras

foram comprimidas a 30mm de sua altura original, com velocidade de pré-teste e teste de 5,0mm/s e pós-teste de 10mm/s. Foi utilizada uma lâmina Warner-Bratzler anexada ao analisador de textura.

2.9 Avaliação do rendimento na cocção

Para esta análise, cinco amostras de hambúrgueres de cada tratamento foram pesadas em uma balança eletrônica (Filizola, Brasil) antes e após o cozimento sendo avaliadas nos dias 0, 30, 60 e 90, mantidas sob congelamento a -18°C. O método de cocção foi realizado segundo item 2.3. O percentual de rendimento na cocção foi calculado pela diferença entre o peso da amostra crua e grelhada, conforme a fórmula (BERRY, 1992):

$$\% \text{ rendimento na cocção} = \frac{\text{Peso da amostra cozida}}{\text{Peso da amostra crua}} \times 100$$

2.10 Avaliação da % de encolhimento

A porcentagem de encolhimento foi determinada em cinco amostras de hambúrgueres de cada tratamento, que foram avaliadas antes e após a cocção. Os produtos foram analisados nos dias 0, 30, 60 e 90 sendo mantidos sob congelamento a -18°C. O método de cocção foi segundo item 2.3. Para a determinação da % de encolhimento utilizou-se a metodologia de Berry (1992), através da seguinte relação:

$$\% \text{ encolhimento} = \frac{(\text{Diâmetro da amostra crua} - \text{Diâmetro da amostra cozida})}{\text{Diâmetro da amostra crua}} \times 100$$

2.11 Determinação da retenção de umidade e gordura

Os valores de retenção de umidade e gordura foram verificados no produto grelhado, informados em 100g de amostra. Cinco amostras de hambúrgueres de cada tratamento foram avaliadas nos dias 0, 30, 60 e 90 sendo mantidas sob congelamento a -18°C. O método de cocção foi segundo item 2.3. Estes valores foram calculados de acordo com as seguintes equações (EL-MAGOLI *et al.*, 1996):

$$\% \text{ retenção de umidade} = \frac{\% \text{ rendimento} \times \% \text{ de umidade nos hambúrgueres cozidos}}{100}$$

$$\% \text{ retenção de gordura} = \frac{\text{Peso cozido} \times \% \text{ gordura no hambúrguer cozido}}{\text{Peso cru} \times \% \text{ gordura no hambúrguer cru}} \times 100$$

2.12 Determinação da cor objetiva

Utilizaram-se três hambúrgueres de cada tratamento, sendo realizadas três leituras em cada hambúrguer em temperatura ambiente. Cada leitura foi resultado da média de três pontos distintos no mesmo lado. Foi utilizado um espectrofotômetro Colorquest II (Hunter-Lab, E.U.A.) calibrado previamente, operando com iluminante D65, ângulo do observador 10°, no modo RSEX (reflectância especular excluída) e no sistema de cor CIELAB, onde L* representa a luminosidade, oscilando do branco (100%) ao preto (0%), (+/-) a*, o eixo vermelho-verde e (+/-) b*, o eixo amarelo-azul. Todas as amostras cruas e grelhadas foram avaliadas mensalmente nos dias 0, 30, 60 e 90, durante o armazenamento sob congelamento a -18°C.

2.13 Avaliação sensorial dos hambúrgueres bovinos

Os testes foram conduzidos no Laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Tecnologia de Alimentos, em cabines individuais e com iluminação de cor branca.

O julgamento sensorial avaliou os atributos de aparência, sabor, textura e aroma, segundo metodologia de Dutcosky (1996). Nesta etapa, todas as amostras congeladas foram grelhadas (conforme item 2.3) sendo analisadas através de uma escala hedônica estruturada de 9 pontos, variando de desgostei muitíssimo (nota 1) a gostei muitíssimo (nota 9) (Anexo I). As análises foram realizadas no tempo 0 e após 30, 60 e 90 dias de armazenamento sob congelamento a -18°C.

O teste de aceitação global e intenção de compra foi aplicado através de dois pontos específicos entre “*sim*” compraria a amostra e “*não*” não compraria a amostra, como sugerido por Moskowitz (1994).

Foram utilizados 50 provadores não treinados em cada bloco de análise (MACFIE *et al.*, 1989), que provaram os hambúrgueres grelhados da formulação controle e adicionados de 5,0% de óleo, ou 5,0% de farinha ou 5,0% de semente de linhaça dourada. Os julgadores foram voluntários presentes entre alunos e funcionários da FEA-UNICAMP. A ficha de aplicação deste teste encontra-se no Anexo I.

A cada julgador foi entregue um pedaço de cada amostra (aproximadamente 10g), em copos plásticos brancos, codificados com números de três dígitos, em delineamento experimental inteiramente casualizado e balanceado, acompanhados de um copo de água e um biscoito tipo água e sal para serem utilizados entre cada prova. As amostras foram oferecidas aos julgadores de forma monádica sequencial.

2.14 Descrição da informação nutricional de hambúrgueres bovinos crus de marcas comerciais industrializadas

Foram adquiridas duas marcas relevantes de hambúrgueres bovinos presentes em supermercados da cidade de Campinas-SP, e descritas a informação nutricional na forma de Tabela, para que os dados pudessem ser comparados aos reportados no presente experimento.

2.15 Análise estatística

Os resultados estatísticos foram avaliados através da análise de variância (ANOVA), utilizando o teste de Tukey para comparação de médias, em nível de 5% de significância, com o auxílio do *software Statgraphics® Plus, versão 5.1*.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Avaliação físico-química dos hambúrgueres bovinos

A Tabela 2 apresenta a composição centesimal, pH e A_w dos hambúrgueres bovinos crus e grelhados adicionados de 5,0% de óleo, ou 5,0% de farinha ou 5,0% de semente de linhaça dourada (*Linum Usitatissimum* L.), no tempo zero.

Nos hambúrgueres crus o teor de umidade de F1 (controle) foi maior que nos demais tratamentos. Os teores de cinzas, proteínas e carboidratos apresentaram os maiores resultados ($p < 0,05$) nas formulações F3 e F4 (5,0% de farinha ou semente de linhaça dourada, respectivamente). O tratamento F2 (5,0% de óleo de linhaça dourada) apresentou maior teor de lipídios ($p < 0,05$),

9,74%, enquanto F1 apresentou menor teor (6,20%). Os produtos F3 e F4 foram superiores no valor calórico às formulações F2, sendo que o controle mostrou menor teor ($p < 0,05$). Nos produtos grelhados, F1 teve o maior teor de umidade seguido de F3, sendo que F2 mostrou menor resultado ($p < 0,05$). O teor de cinzas foi superior nas amostras F3 e F4. E, as amostras F2 resultaram em maior teor de lipídios, enquanto F1 apresentou o menor valor.

A adição de farinha de linhaça dourada, bem como de óleo e semente diminuiu o teor de umidade nos hambúrgueres crus e grelhados ($p < 0,05$), devido ao incremento de matéria seca nas formulações. Resultados semelhantes foram obtidos por Bilek e Turhan (2009) em hambúrgueres bovinos com farinha de linhaça, Turhan *et al.* (2005) em hambúrgueres com película de avelã, Passos e Kuaye (2002) em hambúrgueres bovinos adicionados de proteína de soja texturizada e Marques (2007) que pesquisaram hambúrgueres bovinos com farinha de aveia.

Como resultado do cozimento, houve um aumento na concentração dos componentes (% de cinzas e lipídios) devido à perda de água na cocção (menor umidade). Resultados semelhantes foram obtidos por vários pesquisadores (MANSOUR e KHALIL 1997; SERDAROGLU, 2006; TURHAN *et al.*, 2007; BILEK e TURHAN, 2009).

Neste estudo, a linhaça e seus derivados utilizados nas formulações contêm alto teor de gordura (Tabelas 2 e 5 - Capítulo 2), o que explica o aumento no teor de lipídios dos tratamentos F2, F3 e F4 (5,0% de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada, respectivamente).

Verificou-se tanto nos produtos crus como nos grelhados que não houve diferença estatística entre as amostras em relação à A_w (0,98), resultados que concordam com o trabalho de Marques (2007), porém Queiroz *et al.* (2005) encontraram em hambúrgueres bovinos atividade de água variando de 0,93 a 0,97. Os produtos crus F1 e F2 (controle e com 5,0% de

óleo de linhaça dourada, respectivamente) apresentaram maior pH que F3 e F4 (5,0% de farinha ou semente de linhaça dourada, respectivamente) e, os hambúrgueres grelhados da formulação F3 mostraram menor pH ($p < 0,05$) que os controles. Resultados semelhantes nos valores de pH dos produtos grelhados, foram verificados por Bilek e Turhan (2009).

O regulamento técnico de identidade e qualidade de hambúrguer do Ministério da Agricultura e Abastecimento preconiza como características físico-químicas do produto, máximo de 23% de gordura e mínimo de 15% de proteína (BRASIL, 2000). Na Tabela 2, verificou-se que todas as amostras de hambúrguer estão de acordo com a legislação nas determinações de proteína e de lipídios. Porém, o mesmo regulamento recomenda um valor de carboidratos totais de 3% (BRASIL, 2000). Assim, F1 (controle) e F2 (5,0% de óleo de linhaça dourada) estão de acordo com a legislação, já as demais amostras apresentam um valor superior ao máximo permitido. Como o estudo teve por objetivo adição de farinha e semente de linhaça dourada, resultando num valor de carboidratos totais acima do recomendado, o produto em questão poderá ser denominado como produto “tipo hambúrguer” e não mais hambúrguer. Este fato, também ocorreu no trabalho de Marques (2007).

De acordo com a Secretaria de Vigilância Sanitária - Ministério da Saúde (BRASIL, 1998), os hambúrgueres não podem ser considerados com baixo teor de gordura, pois possuem mais de 3g de gorduras/100g de produto cru, porém todas as quatro formulações podem ser avaliadas com teor reduzido de gordura por conterem uma redução mínima de 25% em gorduras totais do produto original.

Tabela 2 – Composição centesimal, pH e Aw de hambúrgueres bovinos crus e grelhados adicionados de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada (*Linum Usitatissimum* L.), no tempo zero

Formulação Determinação	F1		F2		F3		F4	
	Média±SD	EPM	Média±SD	EPM	Média±SD	EPM	Média±SD	EPM
Hambúrguer cru								
Umidade (g/100g)	74,22±0,04 ^a	0,03	71,02±0,18 ^b	0,12	68,61±0,04 ^c	0,03	68,72±0,07 ^c	0,05
Cinzas (g/100g)	1,61±0,00 ^b	0,00	1,64±0,03 ^b	0,02	1,90±0,06 ^a	0,04	2,00±0,06 ^a	0,04
Lipídios (g/100g)	6,20±0,05 ^c	0,03	9,74±0,08 ^a	0,06	8,81±0,02 ^b	0,01	8,87±0,18 ^b	0,13
Proteínas (g/100g)	15,95±0,03 ^b	0,02	15,62±0,12 ^b	0,09	16,64±0,06 ^a	0,04	16,46±0,08 ^a	0,06
Carboidratos (g/100g)	2,02±0,02 ^b	0,01	1,98±0,06 ^b	0,04	3,97±0,03 ^a	0,02	3,96±0,23 ^a	0,17
Calorias (kcal/100g)	127,71±0,44 ^c	0,31	158,11±1,05 ^b	0,74	161,62±0,05 ^a	0,03	161,35±0,42 ^a	0,03
pH	5,94±0,01 ^a	0,01	5,97±0,01 ^a	0,01	5,89±0,00 ^b	0,00	5,89±0,01 ^b	0,01
Aw	0,98±0,00 ^a	0,00	0,98±0,00 ^a	0,00	0,98±0,00 ^a	0,00	0,98±0,00 ^a	0,00
Hambúrguer grelhado								
Umidade (g/100g)	68,59±0,00 ^a	0,00	61,28±0,09 ^d	0,06	64,44±0,06 ^b	0,04	64,07±0,01 ^c	0,01
Cinzas (g/100g)	2,07±0,03 ^b	0,02	2,11±0,06 ^b	0,04	2,23±0,13 ^a	0,09	2,29±0,09 ^a	0,06
Lipídios (g/100g)	7,07±0,06 ^c	0,04	12,77±0,08 ^a	0,06	9,46±0,04 ^b	0,03	9,41±0,08 ^b	0,06
pH	6,13±0,01 ^a	0,01	6,10±0,01 ^{ab}	0,01	6,04±0,02 ^b	0,01	6,08±0,04 ^{ab}	0,02
Aw	0,98±0,00 ^a	0,00	0,98±0,00 ^a	0,00	0,98±0,00 ^a	0,00	0,98±0,00 ^a	0,00

*Letras diferentes na linha indicam diferença significativa pelo teste de Tukey (p<0,05); EPM: Erro padrão da média; SD: Desvio padrão da média; carboidratos: cálculo teórico.

F1 - Formulação controle;

F2 - Formulação com 5,0% de óleo de linhaça dourada;

F3 - Formulação com 5,0% de farinha de linhaça dourada;

F4 - Formulação com 5,0% de semente de linhaça dourada.

A Tabela 3 expressa a informação nutricional de hambúrgueres bovinos crus, consultada na embalagem de dois produtos mais industrializados na cidade de Campinas-SP.

Tabela 3 - Informação nutricional de duas marcas de hambúrgueres bovinos crus industrializadas na cidade de Campinas-SP

Informação nutricional	Marca A	Marca B
Valor calórico (kcal/100g)	188,75	198,75
Carboidratos (g/100g)	2,5	2,5
Proteínas (g/100g)	17,5	16,25
Gorduras Totais (g/100g)	12,12	13,75
Gorduras Saturadas (g/100g)	6,12	7,5
Gordura <i>Trans</i> (g/100g)	1,25	0
Colesterol (mg/100g)	22,5	ni
Fibra Alimentar (g/100g)	0	0

*A e B: marcas comerciais; a informação nutricional foi retirada da embalagem dos produtos; ni: não informado.

Comparando-se a informação nutricional dos dois produtos com o presente estudo verificou-se que, os hambúrgueres adicionados ou não de linhaça apresentaram menor valor calórico e lipídico que as marcas A e B, resultados semelhantes em relação às proteínas da marca B, porém com menor teor comparado à marca A. Devido à linhaça possuir alta quantidade de carboidratos, observou-se maior quantidade deste nutriente nos tratamentos F3 e F4 (5,0% de farinha ou semente de linhaça dourada, respectivamente), comparados às marcas A e B.

3.2 Avaliação do perfil de ácidos graxos dos hambúrgueres bovinos

As Tabelas 4, 5, 6 e 7 apresentam o perfil de ácidos graxos, saturados, MUFAs, PUFA's e *trans*, respectivamente, dos hambúrgueres bovinos crus e grelhados adicionados de 5,0% de óleo, ou 5,0% de farinha ou 5,0% de semente de linhaça dourada (*Linum Usitatissimum* L.), no tempo zero.

Houve um aumento no teor total de ácidos graxos saturados dos hambúrgueres crus e grelhados da formulação com 5,0% de óleo de linhaça

dourada (F2) ($p < 0,05$), o que está correlacionado com o teor de saturados (10,47%) presente no óleo de linhaça dourada, pois conforme a Tabela 3 e 7 (Capítulo 2) os derivados de linhaça dourada contêm maiores quantidades de ácido palmítico e esteárico que a matéria-prima cárnea. Nos hambúrgueres crus e grelhados, os ácidos graxos que apareceram em maior quantidade, foram C16:0 e C18:0 e tiveram maior teor em F2. Verificou-se também, diminuição nos resultados do ácido mirístico nos produtos crus contendo linhaça dourada e subprodutos.

Analisando-se os MUFAs nos hambúrgueres crus e grelhados, em geral, F2 (5,0% de óleo de linhaça dourada) teve o maior aumento individual e total nos resultados ($p < 0,05$), seguido de F3 e F4 (5,0% de farinha ou 5,0% de semente de linhaça dourada, respectivamente) ($p > 0,05$). O ácido oleico foi encontrado em maior quantidade em todas as amostras.

Os PUFA's, linoleico e α -linolênico foram os que apareceram em maior quantidade em todos os hambúrgueres crus e grelhados. Avaliando-se, de forma geral, F2 (5,0% de óleo de linhaça dourada) proporcionou maior aumento individual e total dos PUFA's ($p < 0,05$), seguido da adição de 5,0% de farinha ou 5,0% de semente de linhaça dourada (F3 e F4, respectivamente) ($p > 0,05$). Na atual pesquisa, foi possível aumentar significativamente a quantidade de ácido graxo C18:3 ω -3 nos hambúrgueres crus (aproximadamente 28 vezes com a adição de farinha e semente e 67 vezes com a adição de óleo de linhaça dourada). Resultados que concordam com Bilek e Turhan (2009) em hambúrgueres bovinos formulados com diferentes níveis de farinha de linhaça.

As relações PUFA's/SFA e ω -6/ ω -3 são investigadas nos alimentos por serem importantes em relação ao seu valor nutricional para a saúde humana. O *Department of Health* (1994) e Cifuni *et al.* (2004) citam que a razão de PUFA's/SFA inferior a 0,4 constitui uma dieta pouco saudável, estando relacionada com o aumento do risco de doenças cardiovasculares. A

recomendação ideal deve ser mantida em um intervalo entre 1 e 1,5 (KANG *et al.*, 2004, 2005) sendo aceito até o valor de 4,8 para auxílio no tratamento de algumas patologias (KANG *et al.*, 2005). Já, uma proporção de 4:1 ou menor da relação ω -6/ ω -3 é recomendada como consumo ideal (YEHUDA e CARASSO, 1993; BARCELÓ-COBLIJN *et al.*, 2003). Porém, segundo Bilek e Turhan (2009), o efeito da relação ω -6/ ω -3 é, provavelmente, mais significativa do que a relação PUFA/SFA em termos de nutrição humana.

Na atual pesquisa, a relação ω -6/ ω -3 das amostras F1 (controle) foi a menos favorável do ponto de vista nutricional ($p < 0,05$), enquanto F2 (5,0% de óleo de linhaça dourada) apresentou o menor resultado seguido de F3 e F4 (5,0% de farinha ou semente de linhaça dourada, respectivamente), por possuírem maior quantidade de ácidos graxos ω -3, o que concorda com estudos de Bilek e Turhan (2009). Quanto à relação PUFA/SFA, F1 apresentou a relação menos favorável quanto ao aspecto nutricional, sendo que F2 teve a maior e melhor relação ($p < 0,05$), seguido de F3 e F4. Todas estas alterações ocorreram tanto nos produtos crus como grelhados. Assim os hambúrgueres bovinos adicionados de produtos a base de linhaça dourada, encontram-se dentro do recomendado para estas relações (DEPARTMENT OF HEALTH, 1994).

Calculando-se a porcentagem total dos ácidos graxos dos hambúrgueres crus e grelhados, respectivamente, F1 (controle) apresentou o maior resultado (49,42 e 47,00%) em relação aos saturados, seguido por F3 - 5,0% de farinha de linhaça dourada (40,73 e 38,21%), F4 - 5,0% de semente de linhaça dourada (40,21 e 37,84%) e F2 - 5,0% de óleo de linhaça dourada (33,07 e 30,03%). Na porcentagem dos MUFAs, F1 teve o maior valor (41,35 e 42,27%), seguido por F3 (37,99 e 37,62%), F4 (38,40 e 37,72%) e F2 (33,76 e 31,60%). Quanto aos PUFA, F2 mostrou maior teor (33,17 e 38,37%), seguido por F4 (21,39 e 24,44%) e F3 (21,28 e 24,17%), enquanto F1 apresentou o menor valor (9,23 e 10,73%).

As amostras F1 (controle) apresentaram o maior teor total de *trans* nos produtos crus ($p < 0,05$) sendo que nos hambúrgueres grelhados, F2 (5,0% de óleo de linhaça dourada) mostrou maior resultado. Ressalta-se que segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA (BRASIL, 2003) as 4 formulações poderão ser declaradas na rotulagem como “zero” ou “não contém” ácidos graxos *trans* devido a apresentarem menos que 0,2g por porção.

Em geral, com a cocção houve um aumento na concentração total de SFA, MUFAs e PUFAs. As relações PUFAs/SFA foram menores nos hambúrgueres crus do que nos grelhados. Já, na relação ω -6/ ω -3 ocorreu o inverso. Dados que corroboram com estudos de Bilek e Turhan (2009).

Sabe-se que vários mecanismos ocorrem durante o cozimento, como a perda de água e oxidação lipídica, difusão e troca que podem levar a mudanças em relação a alguns ácidos graxos (RODRIGUEZ-ESTRADA *et al.*, 1997; DAL BOSCO *et al.*, 2001), porém os ácidos graxos insaturados são menos afetados pelo cozimento, porque pertencem à estrutura da membrana (fosfolipídios) em um grau superior aos ácidos graxos saturados e MUFAs, que estão presentes em maior quantidade nos triacilglicerídeos (ONO *et al.*, 1985; SCHEEDER *et al.*, 2001; RAES *et al.*, 2004). Assim, a variação proporcional na composição de ácidos graxos pode ser explicada pela perda por cozimento contendo principalmente, triacilglicerídeos dos tecidos adiposos, com relativamente mais saturados e MUFAs.

Na dieta humana, a recomendação para ingestão de ácido α -linolênico é 2,22g/dia, com base em uma dieta de 2000kcal/dia (SIMOPOULOS *et al.*, 1999). Portanto, 100g de hambúrguer cru, que é um valor adequado para o consumo de carne (ENSER *et al.*, 1996), com acréscimo dos produtos à base de linhaça, forneceria 90,99% quando adicionado de 5,0% de óleo de linhaça dourada e 38,29% com 5,0% de farinha ou semente de linhaça dourada, de ácido C18:3 ω -3 recomendado na dieta diária, que poderia ser complementado

com o consumo de outros alimentos ricos em ácidos graxos ω -3 (BAGGIO e BRAGAGNOLO, 2006). Ressalta-se que, os três produtos enriquecidos com linhaça dourada mostraram maior porcentagem da recomendação de ácidos graxos ω -3 que os produtos controle (1,35%). Estes maiores níveis de PUFA's ω -3 nos hambúrgueres trazem uma significativa contribuição para uma dieta saudável.

Tabela 4 – Perfil de ácidos graxos saturados dos hambúrgueres bovinos crus e grelhados (g/100g de produto) adicionados de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada (*Linum Usitatissimum* L.), no tempo zero

Formulação	F1		F2		F3		F4	
	Média±SD	EPM	Média±SD	EPM	Média±SD	EPM	Média±SD	EPM
Hambúrguer cru								
Ac. Láurico (C12:0)	0,01±0,00 ^a	0,00	0,01±0,00 ^a	0,00	0,01±0,00 ^a	0,00	0,01±0,00 ^a	0,00
Ac. Mirístico (C14:0)	0,10±0,00 ^a	0,00	0,09±0,00 ^b	0,00	0,09±0,00 ^b	0,00	0,09±0,00 ^b	0,00
Ac. Pentadecanóico (C15:0)	0,01±0,00 ^a	0,00	0,01±0,00 ^a	0,00	0,01±0,00 ^a	0,00	0,01±0,00 ^a	0,00
Ac. Palmítico (C16:0)	2,15±0,05 ^b	0,04	2,32±0,07 ^a	0,04	2,21±0,03 ^{ab}	0,02	2,21±0,00 ^{ab}	0,00
Ac. Margárico (C17:0)	0,04±0,00 ^a	0,00	0,04±0,00 ^a	0,00	0,04±0,00 ^a	0,00	0,04±0,00 ^a	0,00
Ac. Esteárico (C18:0)	0,67±0,02 ^b	0,01	0,83±0,03 ^a	0,02	0,72±0,02 ^b	0,01	0,72±0,02 ^b	0,01
Ac. Araquídico (C20:0)	0,02±0,00 ^b	0,00	0,03±0,00 ^a	0,00	0,02±0,00 ^b	0,00	0,02±0,00 ^b	0,00
Ac. Behênico (C22:0)	0,00±0,00 ^c	0,00	0,01±0,00 ^a	0,00	0,01±0,00 ^a	0,00	0,01±0,00 ^a	0,00
Ac. Lignocérico (C24:0)	0,00±0,00 ^b	0,00	0,01±0,00 ^a	0,00	0,01±0,00 ^a	0,00	0,01±0,00 ^a	0,00
Total	3,00±0,08 ^b	0,05	3,35±0,06 ^a	0,04	3,12±0,10 ^b	0,01	3,12±0,02 ^b	0,02
Porcentagem total (%)	49,42		33,07		40,73		40,21	
Hambúrguer grelhado								
Ac. Láurico (C12:0)	0,01±0,00 ^a	0,00	0,01±0,00 ^a	0,00	0,01±0,00 ^a	0,00	0,01±0,00 ^a	0,00
Ac. Mirístico (C14:0)	0,08±0,00 ^a	0,00	0,08±0,00 ^a	0,00	0,08±0,00 ^a	0,00	0,08±0,00 ^a	0,00
Ac. Pentadecanóico (C15:0)	0,01±0,00 ^a	0,00	0,01±0,00 ^a	0,00	0,01±0,00 ^a	0,00	0,01±0,00 ^a	0,00
Ac. Palmítico (C16:0)	2,24±0,01 ^b	0,00	2,48±0,01 ^a	0,01	2,37±0,09 ^{ab}	0,05	2,31±0,01 ^{ab}	0,00
Ac. Margárico (C17:0)	0,03±0,00 ^a	0,00	0,03±0,00 ^a	0,00	0,03±0,00 ^a	0,00	0,03±0,00 ^a	0,00
Ac. Esteárico (C18:0)	0,58±0,00 ^c	0,00	0,80±0,01 ^a	0,00	0,69±0,04 ^b	0,03	0,70±0,00 ^b	0,00
Ac. Araquídico (C20:0)	0,02±0,00 ^b	0,00	0,03±0,00 ^a	0,00	0,03±0,00 ^a	0,00	0,03±0,00 ^a	0,00
Ac. Behênico (C22:0)	0,00±0,00 ^b	0,00	0,01±0,00 ^a	0,00	0,01±0,00 ^a	0,00	0,01±0,00 ^a	0,00
Ac. Lignocérico (C24:0)	0,01±0,00 ^a	0,00	0,01±0,00 ^a	0,00	0,01±0,00 ^a	0,00	0,01±0,00 ^a	0,00
Total	2,98±0,00 ^d	0,00	3,46±0,02 ^a	0,01	3,24±0,00 ^b	0,00	3,19±0,00 ^c	0,00
Porcentagem total (%)	47,00		30,03		38,21		37,84	

*Letras diferentes na linha indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p<0,05$); EPM: Erro padrão da média; SD: Desvio padrão da média; Ac.: ácido. F1 - Formulação controle; F2 - Formulação com 5,0% de óleo de linhaça dourada; F3 - Formulação com 5,0% de farinha de linhaça dourada; F4 - Formulação com 5,0% de semente de linhaça dourada. Obs.: aproximadamente 1g de ácidos graxos (do total de lipídios) não foram identificados na análise.

Tabela 5 – Perfil de ácidos graxos monoinsaturados (MUFAs) dos hambúrgueres bovinos crus e grelhados (g/100g de produto) adicionados de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada (*Linum Usitatissimum* L.), no tempo zero

Formulação	F1		F2		F3		F4	
	Média±SD	EPM	Média±SD	EPM	Média±SD	EPM	Média±SD	EPM
Hambúrguer cru								
Ac. Palmitoleico (C16:1 ω-7)	0,05±0,00 ^b	0,00	0,06±0,00 ^a	0,00	0,05±0,00 ^b	0,00	0,05±0,00 ^b	0,00
Ac. Margaroleico (C17:1 ω-7)	0,02±0,00 ^a	0,00	0,02±0,00 ^a	0,00	0,02±0,00 ^a	0,00	0,02±0,00 ^a	0,00
Ac. Oleico (C18:1 ω-9)	2,43±0,07 ^c	0,05	3,33±0,10 ^a	0,07	2,83±0,12 ^b	0,07	2,89±0,06 ^b	0,03
Ac. Gadoleico (C20:1 ω-9)	0,01±0,00 ^a	0,00	0,01±0,00 ^a	0,00	0,01±0,00 ^a	0,00	0,01±0,00 ^a	0,00
Total	2,51±0,07 ^c	0,05	3,42±0,10 ^a	0,07	2,91±0,09 ^b	0,06	2,98±0,04 ^b	0,03
Porcentagem total (%)	41,35		33,76		37,99		38,40	
Hambúrguer grelhado								
Ac. Palmitoleico (C16:1 ω-7)	0,05±0,00 ^b	0,00	0,06±0,00 ^a	0,00	0,05±0,00 ^b	0,00	0,05±0,00 ^b	0,00
Ac. Margaroleico (C17:1 ω-7)	0,02±0,00 ^a	0,00	0,02±0,00 ^a	0,00	0,02±0,00 ^a	0,00	0,02±0,00 ^a	0,00
Ac. Oleico (C18:1 ω-9)	2,60±0,00 ^c	0,00	3,54±0,00 ^a	0,00	3,11±0,08 ^b	0,04	3,10±0,00 ^b	0,00
Ac. Gadoleico (C20:1 ω-9)	0,01±0,00 ^b	0,00	0,02±0,00 ^a	0,00	0,01±0,00 ^b	0,00	0,01±0,00 ^b	0,00
Total	2,68±0,00 ^c	0,00	3,64±0,00 ^a	0,00	3,19±0,05 ^b	0,03	3,18±0,00 ^b	0,00
Porcentagem total (%)	42,27		31,60		37,62		37,72	

*Letras diferentes na linha indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p<0,05$); EPM: Erro padrão da média; SD: Desvio padrão da média; Ac.: ácido. F1 - Formulação controle; F2 - Formulação com 5,0% de óleo de linhaça dourada; F3 - Formulação com 5,0% de farinha de linhaça dourada; F4 - Formulação com 5,0% de semente de linhaça dourada. Obs.: aproximadamente 1g de ácidos graxos (do total de lipídios) não foram identificados na análise.

Tabela 6 – Perfil de ácidos graxos poliinsaturados (PUFAs) dos hambúrgueres bovinos crus e grelhados (g/100g de produto) adicionados de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada (*Linum Usitatissimum* L.), no tempo zero

Formulação	F1		F2		F3		F4	
	Média±SD	EPM	Média±SD	EPM	Média±SD	EPM	Média±SD	EPM
Hambúrguer cru								
Ac. Linoleico (C18:2 ω-6)	0,52±0,00 ^c	0,00	1,33±0,04 ^a	0,03	0,77±0,03 ^b	0,02	0,79±0,00 ^b	0,00
Ac. α-Linolênico (C18:3 ω-3)	0,03±0,00 ^c	0,00	2,02±0,00 ^a	0,00	0,85±0,02 ^b	0,01	0,86±0,01 ^b	0,01
Ac. Docosapentaenóico (DPA) (C22:5 ω-3)	0,01±0,00 ^a	0,00	0,01±0,00 ^a	0,00	0,01±0,00 ^a	0,00	0,01±0,00 ^a	0,00
Total	0,56±0,08 ^c	0,00	3,36±0,12 ^a	0,03	1,63±0,10 ^b	0,01	1,66±0,09 ^b	0,01
Porcentagem total (%)	9,23		33,17		21,28		21,39	
Relações								
Relação ω-6/ω-3	13,00±0,07 ^a	0,05	0,66±0,02 ^c	0,01	0,90±0,01 ^b	0,01	0,91±0,01 ^b	0,01
Relação PUFAs/SFA	0,19±0,09 ^c	0,00	1,00±0,05 ^a	0,01	0,52±0,08 ^b	0,00	0,53±0,06 ^b	0,00
Hambúrguer grelhado								
Ac. Linoleico (C18:2 ω-6)	0,63±0,07 ^c	0,00	1,43±0,90 ^a	0,00	0,95±0,01 ^b	0,01	0,95±0,04 ^b	0,00
Ac. α-Linolênico (C18:3 ω-3)	0,04±0,00 ^c	0,00	2,98±0,02 ^a	0,02	1,09±0,10 ^b	0,06	1,10±0,09 ^b	0,05
Ac. Docosapentaenóico (DPA) (C22:5 ω-3)	0,01±0,00 ^a	0,00	0,01±0,00 ^a	0,00	0,01±0,00 ^a	0,00	0,01±0,00 ^a	0,00
Total	0,68±0,00 ^c	0,00	4,42±0,03 ^a	0,02	2,05±0,02 ^b	0,02	2,06±0,00 ^b	0,00
Porcentagem total (%)	10,73		38,37		24,17		24,44	
Relações								
Relação ω-6/ω-3	12,98±0,08 ^a	0,06	0,48±0,08 ^c	0,00	0,86±0,09 ^b	0,00	0,85±0,07 ^b	0,00
Relação PUFAs/SFA	0,23±0,05 ^c	0,00	1,28±0,02 ^a	0,01	0,63±0,04 ^b	0,02	0,65±0,06 ^b	0,00

*Letras diferentes na linha indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); EPM: Erro padrão da média; SD: Desvio padrão; da média; Ac.: ácido. PUFAs: poliinsaturados; SFA: saturados. F1 - Formulação controle; F2 - Formulação com 5,0% de óleo de linhaça dourada; F3 - Formulação com 5,0% de farinha de linhaça dourada; F4 - Formulação com 5,0% de semente de linhaça dourada. Obs.: aproximadamente 1g de ácidos graxos (do total de lipídios) não foram identificados na análise.

Tabela 7 – Perfil de ácidos graxos *trans* dos hambúrgueres bovinos crus e grelhados (g/100g de produto) adicionados de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada (*Linum Usitatissimum* L.), no tempo zero

Formulação	F1		F2		F3		F4	
	Média±SD	EPM	Média±SD	EPM	Média±SD	EPM	Média±SD	EPM
Hambúrguer cru								
Ac. Elaídico (C18:1 <i>trans</i> 9)	0,06±0,00 ^a	0,00	0,05±0,00 ^b	0,00	0,05±0,00 ^b	0,00	0,05±0,00 ^b	0,00
Ac. Linolelaídico (C18:2 <i>trans</i> t9, t12)	0,02±0,00 ^a	0,00	0,02±0,00 ^a	0,00	0,02±0,00 ^a	0,00	0,02±0,00 ^a	0,00
Ac. trans Linolênico (C18:3 <i>trans</i>)	0,01±0,00 ^a	0,00	0,01±0,00 ^a	0,00	0,01±0,00 ^a	0,00	0,01±0,00 ^a	0,00
Total	0,09±0,00 ^a	0,00	0,08±0,00 ^b	0,00	0,08±0,00 ^b	0,00	0,08±0,00 ^b	0,00
Hambúrguer grelhado								
Ac. Elaídico (C18:1 <i>trans</i> 9)	0,01±0,00 ^b	0,00	0,04±0,00 ^a	0,00	0,01±0,00 ^b	0,00	0,01±0,00 ^b	0,00
Ac. Linolelaídico (C18:2 <i>trans</i> t9, t12)	0,02±0,00 ^b	0,00	0,03±0,00 ^a	0,00	0,02±0,00 ^b	0,00	0,02±0,00 ^b	0,00
Ac. trans Linolênico (C18:3 <i>trans</i>)	0,01±0,00 ^b	0,00	0,02±0,00 ^a	0,00	0,01±0,00 ^b	0,00	0,01±0,00 ^b	0,00
Total	0,04±0,00 ^b	0,00	0,09±0,00 ^a	0,00	0,04±0,00 ^b	0,00	0,04±0,00 ^b	0,00

*Letras diferentes na linha indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); EPM: Erro padrão da média; SD: Desvio padrão; da média; Ac.: ácido. F1 - Formulação controle; F2 - Formulação com 5,0% de óleo de linhaça dourada; F3 - Formulação com 5,0% de farinha de linhaça dourada; F4 - Formulação com 5,0% de semente de linhaça dourada. Obs.: aproximadamente 1g de ácidos graxos (do total de lipídios) não foram identificados na análise.

3.3 Teores de colesterol dos hambúrgueres bovinos

Os resultados de colesterol dos hambúrgueres bovinos crus e grelhados adicionados de 5,0% de óleo, ou 5,0% de farinha ou 5,0% de semente de linhaça dourada (*Linum Usitatissimum* L.), no tempo zero, podem ser verificados na Tabela 8.

Não houve diferença significativa ($p>0,05$) no teor de colesterol entre as amostras controle (F1) e adicionadas de linhaça dourada e derivados (F2, F3 e F4). Estes resultados concordam com trabalhos de Ciriano *et al.* (2009) avaliando salames fermentados secos adicionados de óleo de linhaça.

Dentre os produtos grelhados, F1 (controle) apresentou maior quantidade de colesterol que aqueles adicionados de 5,0% de óleo de linhaça dourada (F2) ($p<0,05$), enquanto que F3 e F4 (5,0% de farinha ou semente de linhaça dourada, respectivamente) não foram diferentes significativamente entre si e entre F1 e F2. Resultados que corroboram com estudos de Paneras *et al.* (1998) e Choi *et al.* (2010) que avaliaram salsichas tipo *Frankfurters* formuladas com diferentes tipos de óleos vegetais.

No atual trabalho, a cocção aumentou o teor de colesterol em todas as formulações. Baggio e Bragagnolo (2006) estudando almôndegas e hambúrgueres bovinos crus e grelhados, também obtiveram os mesmos efeitos e explicam que este fato ocorreu devido à perda de água durante o tratamento com calor, com conseqüente aumento da concentração desses componentes.

Segundo explicam Mills *et al.* (1992) e Barton *et al.* (2007), a carne contém colesterol e gordura, sendo uma fonte significativa de ácidos graxos saturados na dieta humana. Este é um fator de risco para o desenvolvimento de problemas cardíacos, obesidade e hipercolesterolemia (REDDY, 1995). Portanto, há uma recomendação para limitar o consumo de colesterol para

300mg/dia (WHO, 2003; AMERICAN HEART ASSOCIATION, 2004). Com o consumo de 100g/dia de hambúrguer bovino cru adicionado de linhaça dourada e derivados há ingestão de apenas 18,62mg/dia (em média) de colesterol o que corresponde a menos de 6,21% da recomendação de colesterol diária máxima. Cabe ressaltar que, em função da seleção da matéria-prima cárnea com bom “*toilel*”, F1 também apresentou baixo teor de colesterol (6,6% da recomendação).

Sabe-se que o colesterol da dieta é estreitamente relacionado com alimentos de origem animal, pois todos contêm colesterol, sendo este um componente essencial das células animais (CHIZZOLINI *et al.*, 1999). Assim, Novelli *et al.* (1998) e Jiménez-Colmenero *et al.* (2001) relataram que a redução do percentual de gordura no produto não parece ser um método viável para diminuir o colesterol em derivados de carne, e, menor teor de colesterol pode ser obtido substituindo as matérias-primas animais (carne gorda e magra) por outros ingredientes vegetais que não contenham colesterol. Assim, com a adição de produtos a base de linhaça dourada foi possível diminuir, em pequena proporção, a quantidade de colesterol nos hambúrgueres grelhados.

Conforme a Tabela 3 é possível notar que na informação nutricional da embalagem dos hambúrgueres crus da marca “A”, o teor de colesterol é de 22,5mg/100g, valor um pouco acima do verificado na presente pesquisa. Porém, o resultado médio de colesterol da Tabela 8 - 18,88mg/100g, encontra-se na faixa relatada por Baggio e Bragagnolo (2008) que avaliaram o teor de colesterol de várias marcas comerciais de hambúrgueres crus variando de 17,7mg/100g a 37,7mg/100g. Entretanto, em outro estudo analisando teores de colesterol de hambúrgueres bovinos crus e grelhados vendidos no Brasil, foram informados valores de 30,0 e 34,4mg/100g, respectivamente (BAGGIO e BRAGAGNOLO, 2006), estando um pouco acima do atual trabalho. Essas divergências nos resultados podem ser explicadas pela diferença na matéria-prima utilizada, técnicas de análise, entre outras.

Tabela 8 – Teores de colesterol dos hambúrgueres bovinos crus e grelhados adicionados de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada (*Linum Usitatissimum* L.), no tempo zero

Formulação	Colesterol (mg/100g de produto)	
	Média±SD	EPM
Hambúrguer cru		
F1	19,69±0,39 ^a	0,27
F2	18,64±0,78 ^a	0,45
F3	18,67±0,76 ^a	0,44
F4	18,54±0,77 ^a	0,44
Hambúrguer grelhado		
F1	24,95±0,66 ^a	0,38
F2	23,00±0,62 ^b	0,36
F3	24,03±0,80 ^{ab}	0,46
F4	23,81±0,81 ^{ab}	0,47

*Letras diferentes na coluna indicam diferença significativa pelo teste de Tukey (p<0,05); EPM: Erro padrão da média; SD: Desvio padrão da média.

F1 - Formulação controle;

F2 - Formulação com 5,0% de óleo de linhaça dourada;

F3 - Formulação com 5,0% de farinha de linhaça dourada;

F4 - Formulação com 5,0% de semente de linhaça dourada.

3.4 Teores de TBARS dos hambúrgueres bovinos

O método que quantifica as substâncias reativas ao ácido 2-tiobarbitúrico (TBARS) é freqüentemente adotado para verificar a deterioração oxidativa dos lipídios na carne (CIROLINI *et al.*, 2010), e esta análise torna-se de fundamental importância nesta pesquisa uma vez que, a linhaça e seus derivados possuem altos níveis de PUFA's, principalmente linoleico e α -linolênico que podem contribuir para a rápida oxidação lipídica (ZIMMERMAN e VICK, 1970; TRUCOM, 2006).

Na Tabela 9 estão contidos os valores de TBARS para os hambúrgueres bovinos crus e grelhados adicionados de 5,0% de óleo, ou 5,0% de farinha ou 5,0% de semente de linhaça dourada (*Linum Usitatissimum* L.), nos dias 0, 30, 60 e 90 de armazenamento sob congelamento a -18°C.

A formulação F3 (5,0% de farinha de linhaça dourada) no dia 0 foi o tratamento que promoveu maior valor de TBARS ($p < 0,05$) nos hambúrgueres crus, seguido dos demais sem diferença estatística entre si. Segundo Guillevic *et al.* (2009) uma maior oxidação lipídica ocorre, provavelmente, quando há um maior teor de PUFA's na carne, o que também explica os resultados verificados na atual pesquisa. No presente trabalho, a utilização da farinha de linhaça dourada após seu processamento favoreceu um leve processo oxidativo.

Muitos estudos investigaram o efeito da instabilidade oxidativa em carne e produtos cárneos devido ao aumento das concentrações de PUFA's (HOUBEN e KROL, 1980; FRANKEL, 1984; CAMERON e ENSER, 1991; REY *et al.*, 2001; WOOD *et al.*, 2003; HOZ *et al.*, 2007). Ressalta-se também, que após a extração a frio, para evitar o rápido aparecimento de ranço, o óleo de linhaça é freqüentemente suplementado com vitamina E, o que pode ter influenciado na estabilidade oxidativa (LUKASZEWICZ *et al.*, 2004) dos produtos adicionados de óleo.

Em 90 dias de armazenamento dos produtos crus, F1 (controle) e F2 (5,0% de óleo de linhaça dourada) apresentaram aumento no teor de TBARS, enquanto que F4 (5,0% de semente de linhaça dourada) mostrou maior valor de malonaldeído no dia 30 mantendo-se estável nos demais. Não foram verificadas alterações significativas de TBARS na formulação F3 (5,0% de farinha de linhaça dourada).

Analisando-se as formulações dos hambúrgueres grelhados (no tempo zero), F2 (5,0% de óleo de linhaça dourada) apresentou maiores resultados de TBARS, seguidas de F3 (5,0% de farinha de linhaça dourada). As amostras controle (F1) mostraram menor teor de malonaldeído ($p < 0,05$). Mc Carthy *et al.* (2001) explicam que a farinha e a semente de linhaça, geralmente, contêm maiores concentrações de outros componentes, como os carboidratos, e que a cocção poderia levar à formação de componentes da reação de

Maillard, aumentando o potencial antioxidante nos produtos cozidos, o que foi confirmado na presente pesquisa, comparando-se F3 e F4 com F2.

Durante o tempo de armazenamento por 90 dias, os hambúrgueres grelhados dos tratamentos F1, F2 e F3 (controle, 5,0% de óleo ou farinha de linhaça dourada, respectivamente) não tiveram diferença significativa ($p>0,05$), enquanto que F4 (5,0% de semente de linhaça dourada) aumentou o valor de TBARS no dia 30 mantendo-se constante nos demais. Em geral, a cocção promoveu aumento do teor de malonaldeído nos produtos. Kanner (1994) sugeriu que o congelamento retarda a oxidação, mas não é capaz de inibi-la, e, que os radicais livres são mais estáveis a baixas temperaturas, o que lhes permite difundir a distâncias maiores, aumentando o tempo da reação. Esta afirmação pode explicar a estabilidade ao longo do armazenamento das formulações, juntamente com a presença de eritorbato de sódio nos hambúrgueres que auxiliou na inibição da oxidação lipídica.

Em geral, as formulações controle – F1 (cruas e grelhadas) foram as que apresentaram menor teor de TBARS durante os meses de avaliação, enquanto que os maiores resultados foram verificados nos tratamentos crus com farinha (F3) e nos grelhados com óleo de linhaça dourada (F2).

Alguns trabalhos na literatura relatam o valor de 2,00mg/kg como ponto no qual a oxidação começa a produzir um sabor de ranço na carne (WOOD *et al.*, 2005) e que pode ser detectado pelos consumidores (YOUNATHAN e WATTS, 1959). Já, Campo *et al.* (2006) identificaram um valor de 2,30mg/kg de TBARS como o início onde a rancidez e outros sabores anormais prevalecem sobre o sabor da carne bovina, produzindo um perfil inaceitável na qualidade da carne. Assim, verificou-se tanto nos hambúrgueres crus como nos grelhados que todos permaneceram com valores abaixo de 2,00mg/kg, garantindo a qualidade dos produtos.

Tabela 9 – Teores de TBARS para os hambúrgueres bovinos crus e grelhados adicionados de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada (*Linum Usitatissimum* L.), nos dias 0, 30, 60 e 90 de armazenamento sob congelamento a -18°C

Formulação	Dias de				armazenamento			
	Dia 0		Dia 30		Dia 60		Dia 90	
	TBARS (mg/kg)							
Hambúrguer cru	Média±SD	EPM	Média±SD	EPM	Média±SD	EPM	Média±SD	EPM
F1	0,25±0,01 ^{bB}	0,01	0,26±0,01 ^{dB}	0,01	0,26±0,01 ^{dB}	0,01	0,39±0,01 ^{dA}	0,01
F2	0,30±0,01 ^{bC}	0,01	0,40±0,01 ^{cB}	0,01	0,40±0,01 ^{cB}	0,01	0,46±0,01 ^{cA}	0,01
F3	0,60±0,01 ^{aA}	0,01	0,60±0,01 ^{aA}	0,01	0,61±0,00 ^{aA}	0,00	0,63±0,00 ^{aA}	0,00
F4	0,29±0,01 ^{bB}	0,01	0,59±0,01 ^{bA}	0,01	0,57±0,01 ^{bA}	0,01	0,58±0,01 ^{bA}	0,01
Hambúrguer grelhado								
F1	0,56±0,03 ^{dA}	0,02	0,58±0,02 ^{dA}	0,01	0,57±0,01 ^{dA}	0,01	0,59±0,00 ^{dA}	0,00
F2	1,05±0,01 ^{aA}	0,01	1,04±0,01 ^{aA}	0,01	1,05±0,02 ^{aA}	0,01	1,10±0,02 ^{aA}	0,01
F3	0,80±0,01 ^{bA}	0,01	0,80±0,01 ^{cA}	0,01	0,78±0,01 ^{cA}	0,01	0,80±0,01 ^{cA}	0,01
F4	0,72±0,01 ^{cB}	0,01	0,88±0,01 ^{bA}	0,01	0,90±0,02 ^{bA}	0,01	0,95±0,03 ^{bA}	0,02

*Letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p<0,05$); letras maiúsculas diferentes na linha indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p<0,05$); EPM: Erro padrão da média; SD: Desvio padrão da média.

F1 - Formulação controle;

F2 - Formulação com 5,0% de óleo de linhaça dourada;

F3 - Formulação com 5,0% de farinha de linhaça dourada;

F4 - Formulação com 5,0% de semente de linhaça dourada.

3.5 Avaliação do perfil de textura (TPA) e força de cisalhamento dos hambúrgueres bovinos

Na Tabela 10 é apresentado o perfil de textura dos hambúrgueres bovinos grelhados adicionados de 5,0% de óleo, ou 5,0% de farinha ou 5,0% de semente de linhaça dourada (*Linum Usitatissimum* L.), no tempo zero. Os parâmetros avaliados foram: dureza (N), fraturabilidade (N), elasticidade (cm), flexibilidade, coesividade e mastigabilidade (N).

Foram observados maiores valores no tratamento controle (F1) ($p < 0,05$), quanto ao atributo dureza, seguidos de F2 (5,0% de óleo de linhaça dourada). As formulações F3 e F4 (5,0% de farinha ou semente de linhaça dourada, respectivamente) não apresentaram diferença estatística entre si e apresentaram menor dureza. Estes dados corroboram com Karwowska e Dolatowski (2008) que avaliaram a adição de farinha de trigo, aveia, batata e proteína de soja em hambúrgueres, com objetivo de redução de gordura e também reportaram aumento de dureza à medida que se diminuía o teor de gordura nas formulações.

Os tratamentos F3 e F4 (5,0% de farinha ou semente de linhaça dourada, respectivamente) apresentaram maior fraturabilidade ($p < 0,05$) quando comparados ao controle (F1). De fato, observou-se maior porcentagem de quebra nos produtos F3 e F4 durante a execução dos experimentos e análises físico-químicas.

O parâmetro elasticidade indicou que F1 (controle) teve maior resultado, enquanto os demais tratamentos adicionados de 5,0% de óleo, ou 5,0% de farinha ou 5,0% de semente (F2, F3 e F4, respectivamente) não mostraram diferença estatística entre si ($p > 0,05$). Para flexibilidade, F1 e F2 apresentaram maior efeito, enquanto em F3 observou-se menor valor.

As formulações F3 (5,0% de farinha de linhaça dourada) resultaram em hambúrgueres com menor coesividade, provavelmente devido à presença de partículas de linhaça moída. F1 e F2 (controle e com 5,0% de óleo de linhaça dourada, respectivamente) tiveram maiores resultados. O tratamento F1 mostrou maior mastigabilidade seguido de F2, sendo que F3 teve menor valor neste atributo ($p < 0,05$).

Caine *et al.* (2003) sugerem que a elasticidade e flexibilidade podem ser altamente relacionadas com o teor de gordura intramuscular que, por sua vez, é um fator determinante na suculência e sabor. Diminuição da dureza, elasticidade e coesividade de hambúrgueres também têm sido relatadas ($p < 0,05$), com o aumento do teor de gordura (entre 5 a 30%) (TROUTT *et al.*, 1992) o que também foi verificado no atual trabalho. Esse efeito pode ser explicado pela ação lubrificante que a gordura desempenha nas formulações cárneas.

A maciez é freqüentemente considerada como um dos atributos mais importantes que afetam a qualidade dos produtos alimentares à base de carne cozida (MORGAN *et al.*, 1991), e a força de cisalhamento Warner-Bratzler é o método instrumental mais amplamente utilizado para avaliar este atributo nos produtos cozidos a base de carne na indústria.

Uma vez que a textura é um dos parâmetros mais influenciados pela adição dos derivados de linhaça, quando se objetiva a reformulação lipídica de hambúrgueres bovinos, foi analisada também a força de cisalhamento, no tempo zero, pela célula Warner-Bratzler que pode ser verificada na Tabela 11. Os resultados indicaram que F1 (controle) apresentou maior resultado, seguido de F2 e F4 (5,0% de óleo ou semente de linhaça dourada, respectivamente).

Troutt *et al.* (1992) e Jeong *et al.* (2004, 2007) formularam hambúrgueres bovinos e suínos, respectivamente, com teor reduzido de gordura e verificaram que a menor adição de gordura nos produtos produzia

maior força de cisalhamento. Esses resultados corroboram com a presente pesquisa, pois a formulação controle (F1) que contém menor teor de gordura também apresentou maior força de cisalhamento.

Vários estudos têm sido realizados empregando painel de provadores, a fim de estabelecer valores limite para força de cisalhamento (Warner-Bratzler) na aceitação da maciez (SHACKELFORD *et al.*, 1991, 1997; MILLER *et al.*, 1995, 2001; BOLEMAN *et al.*, 1997). Esses valores variaram de 4,31 a 5,99kgf (42,28-58,76N). Segundo Destefanis *et al.* (2008) a medida da carne com valores maiores que 52,68N e menores que 42,87N são percebidas pela maioria dos consumidores como "duro, resistente, rígido" e "tenro, macio", respectivamente. Portanto, esses valores poderiam representar limites de confiança para classificar maciez da carne, com a grande vantagem de resolver os problemas práticos de avaliação sensorial.

Assim, é possível verificar que todas as amostras da Tabela 11 podem ser classificadas como "duras", pois apresentaram valores acima de 52,68N.

Foegeding e Ramsey (1986) e Bloukas *et al.* (1997) relataram que a adição de carragena aumentou a firmeza (resistência à compressão) de salsichas com baixo teor de gordura. A adição de 0,5% de carragena aumentou a dureza em avaliações com carne suína (DE FREITAS *et al.*, 1997). Isto pode ser devido ao cátion Ca^{2+} que forma pontes entre dois grupos de sulfato de duas diferentes duplas hélices de carragena, formando assim ligações inter-macromoleculares, resultando em um aumento na força de ruptura do gel (LINDEN e LORIENT, 1999). Além disso, Gómez-Guillén e Montero (1996) sugeriram que a carragena forma uma rede tridimensional com alguns pontos de conexão com a matriz de proteína. Estas considerações podem explicar os altos resultados de dureza e força de cisalhamento encontrados nos produtos formulados nesta pesquisa, uma vez que todas as formulações continham carragena.

Tabela 10 – Perfil de textura (TPA) dos hambúrgueres bovinos grelhados adicionados de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada (*Linum Usitatissimum* L.), no tempo zero

Formulação	F1		F2		F3		F4	
Perfil de Textura	Média±SD	EPM	Média±SD	EPM	Média±SD	EPM	Média±SD	EPM
Dureza (N)	159,82±1,25 ^a	1,85	104,16±3,64 ^b	1,82	79,62±3,23 ^c	1,62	84,73±3,46 ^c	2,00
Fraturabilidade (N)	0,03±0,00 ^c	0,00	0,07±0,00 ^b	0,00	0,09±0,00 ^a	0,00	0,09±0,00 ^a	0,00
Elasticidade (cm)	0,81±0,01 ^a	0,01	0,75±0,03 ^b	0,01	0,72±0,01 ^b	0,00	0,74±0,02 ^b	0,01
Flexibilidade	0,29±0,01 ^a	0,00	0,29±0,01 ^a	0,00	0,15±0,01 ^c	0,01	0,25±0,01 ^b	0,00
Coesividade	0,69±0,03 ^a	0,01	0,68±0,03 ^a	0,01	0,35±0,01 ^c	0,01	0,57±0,02 ^b	0,01
Mastigabilidade (N)	84,92±1,94 ^a	0,85	53,60±1,50 ^b	0,75	17,19±0,26 ^d	0,15	33,50±1,58 ^c	0,79

*Letras diferentes na linha indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p<0,05$); EPM: Erro padrão da média; SD: Desvio padrão da média. F1 - Formulação controle; F2 - Formulação com 5,0% de óleo de linhaça dourada; F3 - Formulação com 5,0% de farinha de linhaça dourada; F4 - Formulação com 5,0% de semente de linhaça dourada.

Tabela 11 – Força de cisalhamento (célula de Warner-Bratzler) dos hambúrgueres bovinos grelhados adicionados de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada (*Linum Usitatissimum* L.), no tempo zero

Formulação	Força Warner-Bratzler		
	(kgf)	(N)	
	Média±SD	Média	EPM
F1	13,15±0,77 ^a	128,98	0,44
F2	8,59±0,23 ^b	84,19	0,14
F3	6,84±0,11 ^c	67,11	0,08
F4	9,67±0,46 ^b	94,84	0,23

*Letras diferentes na coluna indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p<0,05$); EPM: Erro padrão da média; SD: Desvio padrão da média. F1 - Formulação controle; F2 - Formulação com 5,0% de óleo de linhaça dourada; F3 - Formulação com 5,0% de farinha de linhaça dourada; F4 - Formulação com 5,0% de semente de linhaça dourada.

3.6 Avaliação de rendimento na cocção e % de encolhimento dos hambúrgueres bovinos

Os resultados para rendimento na cocção e % de encolhimento para os hambúrgueres bovinos grelhados adicionados de 5,0% de óleo, ou 5,0% de farinha ou 5,0% de semente de linhaça dourada (*Linum Usitatissimum* L.), nos dias 0, 30, 60 e 90 de armazenamento sob congelamento a -18°C, encontram-se na Tabela 12.

No tempo zero, as amostras controle (F1) apresentaram o menor rendimento, sendo que F4 (5,0% de semente de linhaça dourada) mostrou o maior resultado ($p < 0,05$), seguidas de F3 (5,0% de farinha de linhaça dourada). Entre os tratamentos estudados, em geral, a adição de farinha ou semente resultaram em maiores % de rendimento. Estes dados corroboram com resultados de Monego (2009) que avaliou o efeito da adição de goma do grão de linhaça em hambúrgueres de carne bovina, sendo o rendimento na cocção maior nos tratamentos com adição de goma. Uma explicação para este fato, é que este ingrediente em sistema cárneo promove uma matriz estruturada e altamente interconectada entre a proteína da carne e a linhaça, com pequenos poros que permitem o aumento da retenção de umidade e gordura, em comparação à estrutura formada apenas pela proteína cárnea (CHEN *et al.*, 2007).

Piñero *et al.* (2008) que estudaram o efeito da adição de fibra solúvel de aveia e redução de gordura em hambúrgueres bovinos, também verificaram que o rendimento na cocção foi significativamente maior nos produtos com aveia, provavelmente devido à capacidade hidrocoloidal das fibras (β -glucano) que criam uma matriz tridimensional, ligando água e gordura adicionada às fórmulas, evitando perdas de gordura e água durante o cozimento (TAKI, 1991; GIESE, 1992; INGLET *et al.*, 1994; WARNER e INGLET, 1997). O mesmo pode ser estendido aos hambúrgueres formulados com linhaça dourada.

Dzudie *et al.* (2004) estudaram a adição de 20% de óleos vegetais (amendoim, milho, gengibre e basílica) em hambúrgueres. O menor rendimento na cocção foi registrado nos hambúrgueres com óleo de amendoim e milho, e maiores resultados foram observados nos óleos de gergelim e basílica. Estas alterações foram atribuídas pelos autores, às diferentes capacidades de retenção de água dos produtos e o tipo de matéria-prima utilizada. Isso pode explicar, também, porque os hambúrgueres com óleo de linhaça dourada (F2) tiveram maior rendimento que o controle (F1) nos dias 0 e 30, porém nos dias 60 e 90 não houve diferença estatística entre eles, o que pode ter ocorrido devido à desnaturação de proteínas durante o congelamento, fato que diminuiu o rendimento em F2.

Ao longo de 90 dias de armazenamento as formulações controle (F1) não apresentaram modificações no rendimento, enquanto os demais tratamentos contendo 5,0% de óleo, ou 5,0% de farinha ou 5,0% de semente de linhaça dourada (F2, F3 e F4, respectivamente) tiveram diminuição nesta avaliação, porém mantendo-se constantes. Isso pode ser explicado ao considerar-se que a redução do peso dos hambúrgueres ocorre naturalmente durante o armazenamento e cocção devido à perda de gordura e umidade (RUUSUNEN *et al.*, 2005) e principalmente nas formulações com adição de linhaça dourada e derivados que continham maior teor de gordura.

Segundo Serrano *et al.* (2007) e Gerber *et al.* (2009) as perdas na cocção dependem do processo de transferência de massa durante o tratamento térmico, que está diretamente relacionado com o procedimento de cocção (taxa de aquecimento, temperatura final de cocção, tempo, etc) e as propriedades da carne crua (composição em umidade, gordura e proteína, tamanho, pH, ingredientes adicionados, tempo de armazenamento, etc).

Analisando-se a % de encolhimento (tempo zero), F1 (controle) e F2 (5,0% de óleo de linhaça dourada) apresentaram maior encolhimento que F3 e F4 (5,0% de farinha ou semente de linhaça dourada, respectivamente) sem

diferença estatística entre si ($p > 0,05$). Dentre as formulações avaliadas, a adição de farinha resultou em menor encolhimento ($p < 0,05$), seguida pelos produtos adicionados de semente de linhaça dourada. No prazo de 90 dias de armazenamento, ocorreu aumento na % de encolhimento para F1, F2 e F4, porém mantendo-se constantes após o dia 30. F3 não apresentou alterações de encolhimento ($p > 0,05$). Resultados semelhantes foram verificados por Troy *et al.* (1999) e Monego (2009).

Tabela 12 – Rendimento na cocção e % encolhimento para os hambúrgueres bovinos grelhados adicionados de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada (*Linum Usitatissimum* L.), nos dias 0, 30, 60 e 90 de armazenamento sob congelamento a -18°C

Formulação	Dias de armazenamento							
	0		30		60		90	
	Média±SD	EPM	Média±SD	EPM	Média±SD	EPM	Média±SD	EPM
Rendimento na cocção (%)								
F1	69,71±0,19 ^{dA}	0,13	64,72±2,50 ^{CA}	1,25	66,72±0,08 ^{CA}	0,06	64,19±1,88 ^{CA}	1,33
F2	72,71±0,24 ^{CA}	0,17	70,89±0,13 ^{bA}	0,10	67,51±0,03 ^{CB}	0,02	67,50±1,34 ^{bcB}	0,94
F3	79,39±0,51 ^{bA}	0,36	74,39±0,66 ^{abB}	0,47	73,27±0,58 ^{bB}	0,29	72,77±0,16 ^{abB}	0,11
F4	83,22±0,78 ^{aA}	0,56	79,29±0,03 ^{aB}	0,02	77,28±0,10 ^{aB}	0,07	76,45±1,74 ^{aB}	0,23
% encolhimento								
F1	14,29±0,23 ^{aB}	0,17	20,26±0,52 ^{aA}	0,26	20,24±0,06 ^{aA}	0,04	20,65±0,48 ^{aA}	0,28
F2	15,23±0,64 ^{aB}	0,37	17,40±0,56 ^{bA}	0,40	17,80±0,12 ^{bA}	0,09	17,82±0,25 ^{bA}	0,18
F3	12,50±0,71 ^{bA}	0,50	13,16±0,67 ^{dA}	0,47	13,40±0,13 ^{dA}	0,09	12,87±0,39 ^{CA}	0,28
F4	13,40±0,73 ^{bB}	0,52	15,89±0,13 ^{cA}	0,09	15,79±0,00 ^{CA}	0,00	16,16±0,23 ^{bA}	0,16

*Letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença significativa pelo teste de Tukey (p<0,05); letras maiúsculas diferentes na linha indicam diferença significativa pelo teste de Tukey (p<0,05); EPM: Erro padrão da média; SD: Desvio padrão da média. F1 - Formulação controle; F2 - Formulação com 5,0% de óleo de linhaça dourada; F3 - Formulação com 5,0% de farinha de linhaça dourada; F4 - Formulação com 5,0% de semente de linhaça dourada.

3.7 Avaliação de % de retenção de umidade e gordura dos hambúrgueres bovinos

Como nesta pesquisa foram formulados hambúrgueres adicionados de linhaça dourada e seus derivados ricos em gordura, principalmente em PUFA ω -3, com o intuito de melhorar o perfil lipídico, foi necessária a avaliação detalhada da % de retenção de umidade e gordura após o cozimento. Depois deste processo, os produtos passam por uma série de modificações químicas bem como pela redução do peso que acontece facilmente devido à perda de gordura e umidade (CANNELL *et al.*, 1989; RUUSUNEN *et al.*, 2005), sendo estas características consideradas critérios importantes de qualidade pelos consumidores (VELIOGLU *et al.*, 2010).

A % de retenção de umidade e gordura dos hambúrgueres bovinos grelhados adicionados de 5,0% de óleo, ou 5,0% de farinha ou 5,0% de semente de linhaça dourada (*Linum Usitatissimum* L.), nos dias 0, 30, 60 e 90 de armazenamento sob congelamento a -18°C , pode ser verificada na Tabela 13.

Observou-se, no tempo zero, que a formulação F2 (5,0% de óleo de linhaça dourada) apresentou menor retenção de umidade, sendo que F3 e F4 (5,0% de farinha ou semente de linhaça dourada, respectivamente) foram as que mostraram maior resultado ($p < 0,05$). Estas respostas estão de acordo com estudos de Ulu (2004) em hambúrgueres adicionados de farinha de trigo e proteína isolada de soja sugerindo, deste modo, retenção adequada de água dentro da matriz cárnea quando comparados aos produtos controle (SALEH e AHMED, 1998). Piñero *et al.* (2008) também verificaram maior percentual de retenção de umidade em hambúrgueres com aveia, devido à maior capacidade de ligação de água do β -glucano.

Ao longo do congelamento de 90 dias, as formulações controle (F1) e com adição de 5,0% de óleo, ou 5,0% de farinha ou 5,0% de semente de linhaça dourada (F2, F3 e F4, respectivamente) tiveram uma diminuição desta avaliação.

A % de retenção de gordura (tempo zero) mostrou que F2 (5,0% de óleo de linhaça dourada) teve o maior resultado seguido de F3 e F4 (5,0% de farinha ou semente de linhaça dourada, respectivamente). A formulação F1 (controle) reteve a menor quantidade de gordura após a cocção ($p < 0,05$). Resultados semelhantes foram observados por Piñero *et al.* (2008) que avaliaram dois tipos de hambúrgueres, controle (20% de gordura) e outro com baixo teor de gordura (5,77%) com fibra solúvel de aveia. Nos tratamentos controle, a gordura foi removida mais facilmente durante a cocção que naqueles com aveia, provavelmente devido à baixa densidade da matriz da proteína cárnea, levando a uma alta instabilidade da gordura. Tornberg *et al.* (1989), Troutt *et al.* (1992) e Suman e Sharma (2003) também encontraram os mesmos resultados.

Durante o armazenamento por 90 dias foi possível verificar que tanto nas amostras controle (F1) como nos demais tratamentos com adição de 5,0% de óleo, ou 5,0% de farinha ou 5,0% de semente de linhaça dourada (F2, F3 e F4, respectivamente) houve diminuição da % de retenção de gordura, porém constantes.

Segundo Velioğlu *et al.* (2010) que estudaram a utilização de proteína de soja em hambúrgueres, o conteúdo deste ingrediente é o fator mais eficaz para aumentar a ligação com a água e promover uma diminuição significativa na perda de gordura. Há uma ligeira diminuição na perda de gordura e água com a adição deste produto, o que foi verificado também com a utilização de linhaça dourada.

Tabela 13 – % de retenção de umidade e gordura para os hambúrgueres bovinos grelhados adicionados de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada (*Linum Usitatissimum* L.), nos dias 0, 30, 60 e 90 de armazenamento sob congelamento a - 18°C

Formulação	Dias de armazenamento							
	0		30		60		90	
	Média±SD	EPM	Média±SD	EPM	Média±SD	EPM	Média±SD	EPM
% de retenção de umidade								
F1	47,82±0,95 ^{bA}	0,09	44,39±1,72 ^{bcB}	0,86	44,76±1,23 ^{bcB}	0,04	44,02±1,29 ^{bcB}	0,92
F2	44,56±0,97 ^{cA}	0,10	43,44±1,45 ^{cA}	0,06	42,37±1,12 ^{cB}	0,01	42,36±0,82 ^{cB}	0,58
F3	51,16±0,73 ^{aA}	0,23	47,94±1,43 ^{aB}	0,30	47,21±1,37 ^{aB}	0,19	46,89±0,70 ^{aB}	0,07
F4	53,32±0,90 ^{aA}	0,36	50,80±1,02 ^{aB}	0,01	49,01±0,86 ^{aB}	0,04	48,98±1,11 ^{aB}	0,79
% de retenção de gordura								
F1	79,50±0,92 ^{cA}	0,15	73,80±1,85 ^{cB}	1,43	73,93±0,91 ^{cB}	0,01	73,19±1,15 ^{cB}	1,50
F2	95,33±0,71 ^{aA}	0,22	92,94±0,88 ^{aA}	0,12	88,48±0,81 ^{aB}	0,01	88,49±1,45 ^{aB}	1,24
F3	85,25±0,85 ^{bA}	0,39	79,88±0,71 ^{bB}	0,50	78,67±0,72 ^{bB}	0,31	77,84±0,90 ^{bB}	0,42
F4	87,29±0,83 ^{bA}	0,59	84,10±0,82 ^{bB}	0,01	82,90±0,91 ^{bB}	0,01	82,10±1,85 ^{bB}	1,31

*Letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença significativa pelo teste de Tukey (p<0,05); letras maiúsculas diferentes na linha indicam diferença significativa pelo teste de Tukey (p<0,05); EPM: Erro padrão da média; SD: Desvio padrão da média.

F1 - Formulação controle;

F2 - Formulação com 5,0% de óleo de linhaça dourada;

F3 - Formulação com 5,0% de farinha de linhaça dourada;

F4 - Formulação com 5,0% de semente de linhaça dourada.

3.8 Parâmetros de cor objetiva dos hambúrgueres bovinos

A cor dos produtos cárneos é um dos principais fatores pelos quais os consumidores julgam a sua aceitabilidade e esta depende de várias condições, incluindo a concentração e o estado químico do pigmento, características físicas da carne e da presença de ingredientes não cárneos (HUNT e KROPF, 1987).

A determinação objetiva da cor interna é expressa através dos valores dos parâmetros L^* , a^* , b^* . O parâmetro L^* representa a luminosidade da amostra, e quanto maior o seu valor mais clara será a amostra. O parâmetro a^* indica a intensidade da cor vermelha, ou seja, quanto maior o valor de a^* mais vermelho é o alimento. O parâmetro b^* expressa a intensidade da cor amarela, e para carnes e produtos derivados se relaciona com a coloração amarronzada.

A Tabela 14 apresenta os resultados para cor objetiva L^* , a^* e b^* dos hambúrgueres bovinos crus e grelhados adicionados de 5,0% de óleo, ou 5,0% de farinha ou 5,0% de semente de linhaça dourada (*Linum Usitatissimum* L.), nos dias 0, 30, 60 e 90 de armazenamento sob congelamento a -18°C .

Nos hambúrgueres crus (tempo zero) houve maior luminosidade na formulação F2 (5,0% de óleo de linhaça dourada) e menor em F3 (5,0% de farinha de linhaça dourada) ($p < 0,05$). As amostras com 5,0% de semente de linhaça dourada (F4) não apresentaram diferença significativa do controle (F1). Ao longo de 90 dias de armazenamento não houve alterações no teor de L^* nos tratamentos. O teor de vermelho no dia zero foi maior em F1, seguido de F4, sendo que F3 apresentou menor resultado. Durante o armazenamento, ocorreu diminuição nos teores de a^* , sendo maior em F2. A cor amarela no primeiro dia de avaliação apresentou os maiores resultados para F2 e F3 ($p < 0,05$) e menor para F1, avaliações semelhantes foram verificadas no trabalho de Bilek e Turhan (2009). Durante o tempo de congelamento, o teor de

b* de todas as formulações tiveram diminuição dos resultados, contudo sem variações após 30 dias.

Monego (2009) avaliou o efeito da adição de goma do grão de linhaça em hambúrgueres bovinos crus com diferentes níveis de gordura, e verificou que quanto maior a adição linhaça nos produtos, menores os valores de L*, a* e b*. No presente trabalho, também verificou-se o mesmo fato com adição de farinha de linhaça dourada no teor de a* e L*, porém nas amostras com óleo (F2) a luminosidade foi a maior possivelmente, devido a maior presença de gordura nas formulações.

Nos produtos grelhados (tempo zero), o teor de L* também foi maior em F2 (5,0% de óleo de linhaça dourada) ($p < 0,05$) e menor em F3 (5,0% de farinha de linhaça dourada), o que corrobora com pesquisas de Bilek e Turhan (2009). Não houve modificações nos resultados durante o armazenamento de 90 dias na formulação F1 (controle) e F4 (5,0% de semente de linhaça dourada), porém F2 e F3 apresentaram diminuição da luminosidade, sendo maior em F2. A cor vermelha dos produtos, no dia zero, teve maior resultado em F1 e menor em F2 ($p < 0,05$), sendo que durante o armazenamento F2 e F4 não tiveram modificações, enquanto F1 e F3 apresentaram diminuição dos valores. Já no teor de b* (tempo zero), F2 e F3 mostraram os maiores resultados, sendo que F1 teve o menor valor. Em 90 dias de conservação dos hambúrgueres, F1 e F4 não sofreram alterações, porém F2 e F3 apresentaram diminuições da cor amarela, com destaque para F3 no dia 90.

Conforme explicam Bilek e Turhan (2009), o aumento no nível de gordura nas amostras resultou em diluição da mioglobina e por isso houve uma diminuição de a* e aumento da luminosidade nos produtos com mais gordura, o que também foi verificado em F2 (5,0% de óleo de linhaça dourada). Serdaroglu (2006) também relataram maiores valores de L* e mais baixos de vermelho em almôndegas com alto teor de gordura.

De um modo geral, o uso de ingredientes não cárneos podem ocasionar colorações mais escuras no produto final, sendo benéfico, pois os consumidores associam essa característica com produtos mais saudáveis, ou seja, mais magros (JIMÉNEZ-COLMENERO, 1996). Esta afirmação concorda com os resultados verificados na Tabela 14 onde houve diminuição de L^* com a adição de farinha de linhaça dourada (F3).

Entretanto, avaliando-se de forma geral, os hambúrgueres crus e grelhados podem ser considerados de cor clara, pois todos os valores de L^* foram maiores que 50%, com tom de amarelo (b^*) e sub-tom de vermelho (a^*).

Tabela 14 – Parâmetros de cor objetiva L*, a* e b* dos hambúrgueres bovinos crus e grelhados adicionados de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada (*Linum Usitatissimum* L.), nos dias 0, 30, 60 e 90 de armazenamento sob congelamento a -18°C

Formulação	Dias de armazenamento							
	0		30		60		90	
Hambúrguer cru	Média±SD	EPM	Média±SD	EPM	Média±SD	EPM	Média±SD	EPM
Cor L*								
F1	57,01±0,28 ^{bA}	0,16	57,16±0,23 ^{bA}	0,92	56,84±0,34 ^{bA}	0,29	56,94±0,23 ^{bA}	0,13
F2	60,33±0,17 ^{aA}	0,18	60,43±0,26 ^{aA}	0,13	60,40±0,58 ^{aA}	0,29	59,87±0,92 ^{aA}	0,20
F3	54,68±0,82 ^{cA}	0,26	54,66±0,21 ^{cA}	0,09	54,44±0,34 ^{cA}	0,77	54,32±1,26 ^{cA}	0,27
F4	56,49±0,32 ^{bA}	0,27	57,58±0,34 ^{bA}	0,08	57,11±0,48 ^{bA}	0,26	56,94±0,63 ^{bA}	0,19
Cor a*								
F1	19,22±0,51 ^{aA}	0,12	7,85±0,32 ^{aB}	0,07	7,82±0,14 ^{aB}	0,08	7,99±0,10 ^{aB}	0,03
F2	16,71±0,60 ^{cA}	0,13	5,58±0,18 ^{cB}	0,04	4,23±0,16 ^{cC}	0,04	4,27±0,19 ^{cC}	0,08
F3	12,32±0,58 ^{dA}	0,16	7,08±0,34 ^{bB}	0,08	6,32±0,14 ^{bB}	0,05	6,48±0,51 ^{bB}	0,29
F4	18,02±0,78 ^{bA}	0,22	6,81±0,38 ^{bB}	0,08	6,84±0,17 ^{bB}	0,10	6,98±0,38 ^{bB}	0,22
Cor b*								
F1	19,94±0,90 ^{cA}	0,21	16,32±0,21 ^{cB}	0,06	16,54±0,40 ^{cB}	0,18	15,89±0,63 ^{cB}	0,15
F2	21,81±0,80 ^{aA}	0,19	19,29±0,19 ^{aB}	0,19	19,34±0,86 ^{aB}	0,50	19,12±0,61 ^{aB}	0,13
F3	21,01±0,69 ^{aA}	0,18	19,27±0,20 ^{aB}	0,20	19,09±0,48 ^{aB}	0,10	19,81±0,75 ^{aB}	0,23
F4	21,15±0,66 ^{bA}	0,16	18,31±0,18 ^{bB}	0,18	18,27±0,83 ^{bB}	0,19	18,22±0,62 ^{bB}	0,28
Hambúrguer grelhado								
Cor L*								
F1	56,51±0,46 ^{bA}	0,23	55,82±0,31 ^{bA}	0,11	55,43±0,07 ^{bA}	0,03	55,24±0,25 ^{bA}	0,14
F2	61,14±0,56 ^{aA}	0,20	59,36±1,04 ^{aB}	0,22	57,32±0,45 ^{aC}	0,10	57,45±0,59 ^{aC}	0,16
F3	54,65±0,77 ^{cA}	0,17	52,20±0,49 ^{cB}	0,20	52,01±0,84 ^{cB}	0,38	52,15±0,25 ^{cB}	0,14
F4	56,52±0,73 ^{bA}	0,17	56,24±0,26 ^{bA}	0,08	56,77±0,17 ^{bA}	0,10	55,99±0,27 ^{bA}	0,63
Cor a*								
F1	6,85±0,07 ^{aA}	0,03	6,09±0,05 ^{aB}	0,01	6,01±0,16 ^{aB}	0,09	6,10±0,12 ^{aB}	0,06
F2	4,58±0,10 ^{cA}	0,05	5,05±0,21 ^{bA}	0,10	5,00±0,09 ^{bA}	0,04	5,01±0,24 ^{bA}	0,11

F3	5,74±0,24 ^{bA}	0,06	5,51±0,21 ^{bA}	0,04	4,71±0,24 ^{bB}	0,06	4,84±0,15 ^{bB}	0,09
F4	5,39±0,15 ^{bA}	0,09	5,36±0,25 ^{bA}	0,12	5,33±0,18 ^{bA}	0,05	5,29±0,23 ^{bA}	0,13
Cor b*								
F1	14,65±0,19 ^{cA}	0,07	14,70±0,44 ^{bA}	0,18	15,01±0,06 ^{bA}	0,02	14,78±0,34 ^{bA}	0,34
F2	17,71±0,39 ^{abA}	0,46	16,81±0,82 ^{aAB}	0,34	17,08±0,23 ^{aAB}	0,11	16,64±0,19 ^{aB}	0,19
F3	18,40±0,49 ^{aA}	0,11	16,55±0,46 ^{aB}	0,10	16,39±0,69 ^{aB}	0,18	15,48±0,53 ^{aC}	0,53
F4	16,58±0,40 ^{bA}	0,09	15,98±0,65 ^{aA}	0,14	15,94±0,73 ^{aA}	0,16	16,26±0,11 ^{aA}	0,11

*Letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p<0,05$); letras maiúsculas diferentes na linha indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p<0,05$); EPM: Erro padrão da média; SD: Desvio padrão da média.

F1 - Formulação controle;

F2 - Formulação com 5,0% de óleo de linhaça dourada;

F3 - Formulação com 5,0% de farinha de linhaça dourada;

F4 - Formulação com 5,0% de semente de linhaça dourada.

3.9 Avaliação sensorial dos hambúrgueres bovinos

Os resultados da avaliação sensorial realizada para as formulações de hambúrgueres adicionados de derivados de linhaça são apresentados na Tabela 15, nos dias 0, 30, 60 e 90 de armazenamento sob congelamento a -18°C.

Nos atributos aparência e textura não houve alterações significativas entre os tratamentos no dia zero, nem no período de armazenamento por 90 dias. Estes dados concordam com estudos de Valencia *et al.* (2008) em linguiças adicionadas de óleo de linhaça.

Também não houve diferença estatística entre as formulações no atributo aroma do dia 0 ($p>0,05$). Porém, nos dias 60 e 90 a formulação F2 (5,0% de óleo de linhaça dourada) apresentou menores notas que o controle (F1). O que corrobora com comentários de Alamanou *et al.* (1996) sobre o aroma e sabor que são provavelmente os atributos mais importantes que influenciam nas propriedades sensoriais de produtos cárneos moídos com acréscimo de ingredientes não cárneos. Não foi verificada nenhuma modificação significativa nos tratamentos ao longo do armazenamento por 90 dias.

Quanto ao sabor, F1 (controle) apresentou maiores notas que F2 (5,0% de óleo de linhaça dourada) ($p<0,05$) nos dias 0, 30, 60 e 90. Como ocorreu nos demais atributos, não houveram alterações significativas durante o período de armazenamento em nenhum dos quatro tratamentos. Ressalta-se que, a aceitação do sabor da carne é dependente da cultura e também da preferência e costume particular de cada indivíduo (MEDEIROS *et al.*, 1987; SAÑUDO *et al.*, 2000; VATANSEVER *et al.*, 2000; WOODS e FEARON, 2009).

Scheeder *et al.* (2001) explicam que esta percepção acentuada no sabor pode ter ocorrido, dentre outros fatores, devido à proporção significativamente maior de ácidos graxos ω -3 nos hambúrgueres com linhaça. Estes desempenham um papel como precursores de sabor em reações oxidativas termicamente induzidas (MELTON, 1983; WOOD e ENSER, 1997), o que pode ter provocado as diferenças observadas no atual trabalho entre F1 (controle) e F2 (5,0% de óleo de linhaça dourada), devido ao maior valor de TBARS nos hambúrgueres grelhados (F2). Entretanto, Campo *et al.* (2006) explicam que é muito difícil estabelecer um ponto no qual um alimento deve ser rejeitado em razão da oxidação lipídica, baseado em percepções sensoriais, pois esta depende do limite pessoal e individual que pode variar em função da experiência, entre outros fatores.

Estes dados de avaliação sensorial, durante o armazenamento de 90 dias, demonstraram que não houve grandes alterações nos atributos a ponto de serem verificadas e apontadas pelos julgadores. Sendo assim, os hambúrgueres podem ser comercializados durante este período sem prejuízo de suas características sensoriais.

Salienta-se que, quanto à textura, a maioria das notas atribuídas a todos os tratamentos, durante os quatro meses de avaliação, permaneceu em torno de 6 “gostei ligeiramente” (Anexo III, Figura 12). O que se relaciona diretamente com os resultados de TPA e força de cisalhamento (Warner-Bratzler) das Tabelas 10 e 11, respectivamente.

A avaliação da aceitação global dos hambúrgueres, tanto no dia zero como ao longo de 90 dias de armazenamento, revelou que F1 (controle) teve a maior porcentagem de relatos positivos (média de 78,0%) e F2 (5,0% de óleo de linhaça dourada) o menor valor (média de 54,5%). F3 e F4 (5,0% de farinha ou semente de linhaça dourada, respectivamente) mostraram média de 66,0% e 64,0%, respectivamente. Portanto, todas as formulações podem ser consideradas com boa aceitação geral, uma vez que apresentaram mais que

50,0% de respostas positivas (Anexo III, Figura 13). Estes resultados concordam com as considerações de Tuorila e Cardello (2002) sobre a ocorrência de “*off-flavours*” que podem diminuir a probabilidade de gostar de um produto e consumi-lo, mesmo com a presença das alegações de saúde de forma convincente.

De forma semelhante na intenção de compra, durante todo o período de congelamento, F1 (controle) também mostrou maior porcentagem de respostas positivas (média de 73,0%) e F2 (5,0% de óleo de linhaça dourada) o menor resultado (média de 50,0%). F3 e F4 (5,0% de farinha ou semente de linhaça dourada, respectivamente) tiveram média de 58,5% e 55,5%, respectivamente (Anexo III, Figura 14). Deste modo, todos os tratamentos possuem favoráveis intenções de compra.

Tabela 15 – Avaliação sensorial das amostras dos hambúrgueres bovinos grelhados adicionados de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada (*Linum Usitatissimum* L.), nos dias 0, 30, 60 e 90 de armazenamento sob congelamento a -18°C

Atributo/ Formulação	Dias de armazenamento							
	0		30		60		90	
	Média±SD	EPM	Média±SD	EPM	Média±SD	EPM	Média±SD	EPM
Aparência								
F1	7,14±1,50 ^{aA}	0,21	6,98±1,36 ^{aA}	0,19	6,54±1,72 ^{aA}	0,24	6,92±1,41 ^{aA}	0,20
F2	6,92±1,54 ^{aA}	0,22	6,64±1,26 ^{aA}	0,18	6,46±1,75 ^{aA}	0,25	6,92±1,71 ^{aA}	0,24
F3	7,10±1,39 ^{aA}	0,20	6,60±1,76 ^{aA}	0,25	7,08±1,37 ^{aA}	0,19	7,02±1,39 ^{aA}	0,20
F4	6,44±1,75 ^{aA}	0,26	6,00±1,86 ^{aA}	0,26	6,10±1,89 ^{aA}	0,27	6,30±2,05 ^{aA}	0,29
Aroma								
F1	7,21±1,29 ^{aA}	0,19	7,10±1,31 ^{aA}	0,19	7,15±1,46 ^{aA}	0,21	7,11±1,44 ^{aA}	0,20
F2	6,60±1,33 ^{aA}	0,19	6,38±1,72 ^{aA}	0,24	6,28±1,60 ^{bA}	0,23	6,16±1,81 ^{bA}	0,26
F3	6,88±1,45 ^{aA}	0,21	6,44±1,80 ^{aA}	0,25	7,00±1,26 ^{abA}	0,18	6,86±1,60 ^{abA}	0,23
F4	7,70±1,43 ^{aA}	0,20	7,08±1,40 ^{aA}	0,20	7,02±1,25 ^{abA}	0,18	6,74±1,58 ^{abA}	0,22
Sabor								
F1	7,12±1,40 ^{aA}	0,20	6,88±1,45 ^{aA}	0,20	6,82±1,42 ^{aA}	0,20	7,02±1,62 ^{aA}	0,23
F2	6,14±1,58 ^{bA}	0,24	5,32±2,14 ^{bA}	0,30	5,80±1,70 ^{bA}	0,24	5,90±2,10 ^{bA}	0,30
F3	6,54±1,37 ^{abA}	0,21	6,10±2,04 ^{abA}	0,29	6,40±1,75 ^{abA}	0,25	6,28±1,57 ^{abA}	0,22
F4	6,65±1,47 ^{abA}	0,21	6,68±1,46 ^{abA}	0,21	6,44±1,46 ^{abA}	0,21	6,60±1,41 ^{abA}	0,20
Textura								
F1	6,40±1,90 ^{aA}	0,27	6,04±1,65 ^{aA}	0,23	5,80±2,09 ^{aA}	0,30	6,24±1,95 ^{aA}	0,28
F2	6,45±1,41 ^{aA}	0,21	5,92±1,61 ^{aA}	0,23	6,06±1,95 ^{aA}	0,28	6,32±1,87 ^{aA}	0,26
F3	6,37±1,62 ^{aA}	0,24	5,92±1,76 ^{aA}	0,25	6,50±1,78 ^{aA}	0,25	6,76±1,65 ^{aA}	0,23
F4	6,24±2,00 ^{aA}	0,28	5,48±1,89 ^{aA}	0,27	5,72±1,69 ^{aA}	0,24	6,02±1,80 ^{aA}	0,25
Aceitação Global Positiva (sim)** (%)								
F1	84		76		76		76	
F2	50		46		62		60	
F3	64		62		72		66	
F4	66		64		60		66	
Intenção de Compra Positiva (sim)** (%)								
F1	84		66		70		72	
F2	48		40		54		58	
F3	58		54		62		60	
F4	60		52		54		56	

*Letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença significativa pelo teste de Tukey (p<0,05); letras maiúsculas diferentes na linha indicam diferença significativa pelo teste de Tukey (p<0,05); EPM: Erro padrão da média; SD: Desvio padrão da média; **Baseada na escala binomial (sim/não), em 50 respostas por bloco de análise. F1 - Formulação controle; F2 - Formulação com 5,0% de óleo de linhaça dourada; F3 - Formulação com 5,0% de farinha de linhaça dourada; F4 - Formulação com 5,0% de semente de linhaça dourada.

4. CONCLUSÕES

Pode-se concluir que todas as amostras de hambúrguer com a adição de 5,0% de óleo, ou 5,0% de farinha ou 5,0% de semente de linhaça dourada apresentaram-se de acordo com a legislação vigente nas determinações de proteína e de lipídios, porém o acréscimo de 5,0% de farinha ou 5,0% de semente elevou o teor de carboidratos acima do máximo permitido.

A adição de linhaça dourada e derivados nos hambúrgueres modificou o perfil de PUFA's, principalmente de ácidos graxos ω -3, aumentando a relação PUFA's/SFA e diminuindo a razão ω -6/ ω -3, resultando em valores mais próximos aos considerados ideais.

Os hambúrgueres formulados com 5,0% de linhaça dourada e derivados tiveram impacto favorável no produto influenciando na diminuição da dureza, força de cisalhamento e mastigabilidade, melhorando a maciez.

A adição dos níveis de 5,0% de óleo, ou 5,0% de farinha ou 5,0% de semente de linhaça dourada, durante o armazenamento por 90 dias, permitiu uma boa aceitação geral pelos consumidores.

No aspecto tecnológico, a utilização de 5,0% de linhaça e derivados nos hambúrgueres, mostrou-se eficiente no aumento do rendimento na cocção, retenção de umidade e gordura, bem como na diminuição da porcentagem de encolhimento dos produtos, sem amplas alterações quanto à oxidação lipídica.

Assim sendo, tanto o óleo, como a farinha ou semente de linhaça dourada tornam-se potenciais ingredientes funcionais para a adição em produtos cárneos, principalmente os hambúrgueres, podendo ser oferecidos aos consumidores com altas expectativas de venda no mercado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIEC - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS IMPORTADORES E EXPORTADORES DE CARNE. **Catálogo Brasileiro de Cortes Bovinos**. Porto Alegre: Grafic-Offset, 2006. 106p.

AHN, J.; GRÜN, I.; MUSTAPHA, A. Effects of plant extracts on microbial growth, color change and lipid oxidation in cooked beef. **Food Microbiology**, v.24, n.1, p.7–14, 2007.

AL HASANI, S.M.; HLAVAC, J.; CARPENTER, M.W. Rapid determination of cholesterol in single and multicomponent prepared foods. **Journal of AOAC International**, v.76, n.4, p.902-906, 1993.

ALAMANOU, S. et al. Influence of protein isolate from lupin seed (*Lupinus albus*. ssp. *Graecus*) on processing and quality characteristics of frankfurters. **Meat science**, v.42, n.1, p.79-93, 1996.

AMERICAN HEART ASSOCIATION. Heart and Stroke Encyclopedia. **Dietary Guidelines for Healthy American Adults. Cholesterol. Fat**. Retrieved August 23, 2004. Disponível em: <<http://www.americanheart.org>>. Acesso em: 02 ago. 2010.

AMSA - AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION AND NATIONAL LIVE STOCK AND MEAT BOARD. **Research guidelines for cookery, sensory valuation and instrumental tenderness measurements of fresh meat**. Chicago: AMSA, 1995. 47p.

ANSORENA, D.; ASTIASARÁN, I. Effect of storage and packaging on fatty acid composition and oxidation in dry fermented sausages made with added olive oil and antioxidants. **Meat Science**, v.67, n.2, p.237–244, 2004.

AOAC - ANALYSIS OF ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists**. 12 ed. Washington D.C., 1975.

AOAC - ANALYSIS OF ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists**. 13 ed. Washington D.C., 1980.

AOCS - AMERICAN OIL CHEMIST'S SOCIETY. **Official methods and recommended practices of the American oil chemist's society**. 5th ed. Champaign: AOAC Press, 2004.

ARISSETO, A.P.; POLLONIO, M.A.R. Avaliação da estabilidade oxidativa do hambúrguer tipo calabresa, formulado com reduzidos teores de nitrito e diferentes percentagens de gordura, durante armazenamento congelado. **Higiene Alimentar**, v.19, n.136, p.72-80, 2005.

ATWATER, W.O.; WOODS, C.D. The chemical composition of American food materials. **Farmers' Bulletin**, n.28. U.S. Department of Agriculture. Washington, 1896.

BAGGIO, S.R.; BRAGAGNOLO, N. The effect of heat treatment on the cholesterol oxides, cholesterol, total lipid and fatty acid contents of processed meat products. **Food Chemistry**, v.95, n.4, p.611-619, 2006.

BAGGIO, S.R.; BRAGAGNOLO, N. Lipid Fraction Quality Evaluation of Brazilian Meat-based Products. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v.19, n.3, p.463-470, 2008.

BARCELÓ-COBLIJN, G. et al. Gene expression and molecular composition of phospholipids in rat brain in relation to dietary n-6 to n-3 fatty acid ratio. **Biochimica et Biophysica Acta**, v.1632, n.1-3, p.72-79, 2003.

BARTON, L. et al. Growth performance and fatty acid profiles of intramuscular and subcutaneous fat from Limousin and Charolais heifers fed extruded linseed. **Meat Science**, v.76, n.3, p.517-523, 2007.

BERRY, B.W. Low fat level effects on sensory, shear, cooking, and chemical properties of ground beef patties. **Journal of Food Science**, v.57, n.3, p.537-540, 1992.

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

BLIGH, E.G.; DYER, W.J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian journal of biochemistry and physiology**, v.37, n.8, p.911-917, 1959.

BLOUKAS, J.G.; PANERAS, E.D.; PAPADIMA, S. Effect of carrageenan on processing and quality characteristics of low-fat frankfurters. **Journal Muscle Foods**, v.8, n.1, p.63-83, 1997.

BOLEMAN, S.J. et al. Consumer evaluation of beef of known categories of tenderness. **Journal of Animal Science**, v.75, n.6, p.1521-1524, 1997.

BRASIL. ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 360**: Regulamento Técnico sobre Rotulagem Nutricional de Alimentos Embalados de 23 de dezembro de 2003. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/2003/rdc/360>>

_03rdc.htm>. Acesso em: 03 out. 2010.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 20:** Anexo IV Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Hambúrguer de 31 de julho de 2000. Disponível em: <http://www.engetecno.com.br/port/legislacao/carnes_hamburger.htm>. Acesso em: 03 ago. 2010.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. LANARA - Laboratório Nacional de Referência Animal. **Métodos analíticos oficiais para controle de produtos de origem animal e seus ingredientes. II. Métodos Físico Químicos.** Brasília: Ministério da Agricultura, 1981. 123p.

BRASIL. SVS/MS - Secretaria de Vigilância Sanitária - Ministério da Saúde. **Portaria nº 27:** Regulamento Técnico referente à Informação Nutricional Complementar (declarações relacionadas ao conteúdo de nutrientes) de 13 de janeiro de 1998. Disponível em: <http://www.engetecno.com.br/port/legislacao/geral_inf_nutr_complementar.htm>. Acesso em: 03 ago. 2010.

CAINE, W.R. et al. Relationship of texture profile analysis and Warner-Bratzler shear force with sensory characteristics of beef rib steaks. **Meat Science**, v.64, n.4, p.333–339, 2003.

CAMERON, N.D.; ENSER, M.B. Fatty acid composition of lipids in longissimus dorsi muscle of Duroc and British Landrace pigs and its relationship with eating quality. **Meat Science**, v.29, n.4, p.295–307, 1991.

CAMPO, M.M. et al. Flavour perception of oxidation in beef. **Meat Science**, v.72, n.2, p.303–311, 2006.

CANNELL, L.E. et al. Fatty acid composition and caloric value of ground beef containing low levels of fat. **Journal of Food Science**, v.54, n.5, p.1163–1168, 1989.

CHEN, H.H.; XU, S.Y.; WANG, Z. Interaction between flaxseed gum and meat protein. **Journal of Food Engineering**, v.80, n.4, p.1051–1059, 2007.

CHIZZOLINI, R. et al. Calorific value and cholesterol content of normal and low-fat meat and meat products. **Trends in Food Science and Technology**, v.10, n.4–5, p.119–128, 1999.

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

CIFUNI, G.F. et al. Fatty acid profile, cholesterol content and tenderness of meat from podolian young bulls. **Meat Science**, v.67, n.2, p.289–297, 2004.

CIRIANO, M.G.I. et al. Use of natural antioxidants from lyophilized water extracts of *Borago officinalis* in dry fermented sausages enriched in n-3 PUFA. **Meat Science**, v.83, n.2, p.271–277, 2009.

CIROLINI, A. et al. Salame tipo italiano elaborado com culturas *starters* nativas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.30, n.1, p.171-179, 2010.

DAL BOSCO, A.; CASTELLINI, C.; BERNARDINI, M. Nutritional quality of rabbit meat as affected by cooking procedure and dietary vitamin E. **Journal of Food Science**, v.66, n.7, p.1047–1051, 2001.

DE FREITAS, Z. et al. Carrageenan effects on salt-soluble meat proteins in model system. **Journal of Food Science**, v.65, n.3, p.539-543, 1997.

DEPARTMENT OF HEALTH. **Nutritional aspects of cardiovascular disease**: Report on health and social subjects n.46. London: HMSO, 1994. 178p.

DESTEFANIS, G. et al. Relationship between beef consumer tenderness perception and Warner–Bratzler shear force. **Meat Science**, v.78, n.3, p.153–156, 2008.

DUTCOSKY, S.D. **Análise sensorial de alimentos**. 20 ed. Curitiba: Champagnat, 1996. 84p.

DZUDIE, T. et al. Lipid sources and essential oils effects on quality and stability of beef patties. **Journal of Food Engineering**, v.65, n.1, p.67-72, 2004.

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

ENSER, M. et al. Fatty acid content and composition of English beef, lamb and pork at retail. **Meat Science**, v.42, n.4, p.443–458, 1996.

ENSER, M. et al. Feeding linseed to increase the n-3 PUFA of pork: Fatty acid composition of muscle, adipose tissue, liver and sausages. **Meat Science**, v.55, n.2, p.200–212, 2000.

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

FOEGEDING, E.A.; RAMSEY, S.R. Effect of gums on low-fat meat batter. **Journal of Food Science**, v.51, n.1, p.33-36, 1986.

FRANKEL, E.N. Lipid oxidation: Mechanism, products and biological significance. **Journal of American Oil Chemistry Society**, v.61, n.12, p.1908-1917, 1984.

GERBER, N.; SCHEEDER, M.R.L.; WENK, C. The influence of cooking and fat trimming on the actual nutrient intake from meat. **Meat Science**, v.81, n.1, p.148-154, 2009.

GIESE, J. Developing low-fat meat products. **Food Technology**, v.46, n.4, p.100-108, 1992.

GÓMEZ-GUILLÉN, C.; MONTERO, P. Addition of hydrocolloids and non-muscle proteins to sardine (*Sardina pilchardus*) mince gels: effect of salt concentration. **Food Chemistry**, v.56, n.4, p.421-427, 1996.

GUILLEVIC, M.; KOUBA, M.; MOUROT, J. Effect of a linseed diet on lipid composition, lipid peroxidation and consumer evaluation of French fresh and cooked pork meats. **Meat Science**, v.81, n.4, p.612-618, 2009.

HARTMAN, L.; LAGO, R.C.A. Rapid preparation of fatty acid methyl ester from lipids. London: **Laboratory Practice**, v.22, n.6, p.475-476, 1973.

HOLLAND, B. et al. **McCance and Widdowson's: the composition of foods**. 5 ed. Cambridge: The Royal Society of Chemistry, 1997. 600p.

HOUBEN, J.H.; KROL, B. Acceptability and storage stability of pork products with increased levels of polyunsaturated fatty acids. **Meat Science**, v.5, n.1, p.57-70, 1980.

HOZ, L. et al. Fatty acids and sensory characteristics of Spanish dry-cured loin enriched in acid α -linolenic and α -tocopherol. **Food chemistry**, v.101, n.4, p.1701-1706, 2007.

HUNT, M.C.; KROPF, D.H. Color and appearance. In: PEARSON, A.M.; DUTSON, R.T. (Eds.). **Restructured meat and poultry products, advanced in meat research**. New York: Van Nostrand, 1987. v.3, p.125-159.

INGLETT, G.; WARNER, K.; NEWMAN, R. Sensory and nutritional evaluations of oatrim. **Cereal Foods World**, v.39, n.10, p.755-759, 1994.

JEONG, J.Y. et al. Microwave cooking properties of ground pork patties as affected by various fat levels. **Journal of Food Science**, v.69, n.9, p.708–712, 2004.

JEONG, J.Y. et al. Variability in temperature distribution and cooking properties of ground pork patties containing different fat level and with/without salt cooked by microwave energy. **Meat Science**, v.75, n.3, p.415–422, 2007.

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

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

KANG, M.J. et al. The effects of polyunsaturated:saturated fatty acids ratios and peroxidizability index values of dietary fats on serum lipid profiles and hepatic enzyme activities in rats. **British Journal of Nutrition**, v.94, n.4, p.526–532, 2005.

KANG, M.J.; LEE, E.K.; LEE, S.S. Effects of two P/S ratios with the same peroxidizability index value and antioxidants supplementation on serum lipid concentration and hepatic enzyme activities of rats. **Clinica Chimica Acta**, v.350, n.1-2, p.79–87, 2004.

KANNER, J. Oxidative processes in meat and meat products: Quality implications. **Meat Science**, v.36, n.1-2, p.169–189, 1994.

KARWOWSKA, M.; DOLATOWSKI, Z.J. Physicochemical and sensory characteristics of meat products with buckwheat and oat extrudates, starch and soybean protein addition polish. **Journal of Natural Sciences**, v.23, n.1, p.219-231, 2008.

LEES, R. **Manual de análisis de alimentos** (Laboratory handbook of methods of food analysis). Zaragoza: Ed. Acribia, 1979. p.124-125.

LESKANICH, C.O. et al. The effect of dietary oil-containing (n-3) fatty acids on the fatty acid, physicochemical and organoleptic characteristics of pig meat and fat. **Journal of Animal Science**, v.75, n.3, p.673–683, 1997.

LINDEN, G.; LORIENT, D. Hydrocolloids and dietary fibres. In: LINDEN, G.; LORIENT, D. (Eds.). **New Ingredients in Food Processing Biochemistry and Agriculture**. New York: CRC Press, 1999. 384p.

LUKASZEWICZ, M.; SZOPA, J.; KRASOWSKA, A. Susceptibility of lipids from different flax cultivars to peroxidation and its lowering by added antioxidants. **Food Chemistry**, v.88, n.2, p.225–231, 2004.

MACFIE, H.J. et al. Designs to balance the effect of order of presentation and first-order carry-over effects in hall tests. **Journal of Sensory Studies**, v.4, n.2, p.129–148, 1989.

MANSOUR, E.H.; KHALIL, A.H. Characteristics of low-fat beefburger as influenced by various types of wheat fibers. **Food Research International**, v.30, n.3–4, p.199–205, 1997.

MARQUES, J.M. **Elaboração de um produto de carne bovina “tipo hambúrguer” adicionado de farinha de aveia**. 2007. 71p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

MC CARTHY, T.L. et al. Assessment of the antioxidant potential of natural food and plant extracts in fresh and previously frozen pork patties. **Meat Science**, v.57, n.2, p.177–184, 2001.

MEDEIROS, L.C. et al. Evaluation of range-grazed and concentrate-fed beef by a trained sensory panel, a household panel and a laboratory test market group. **Journal of Sensory Studies**, v.2, n.4, p.259–272, 1987.

MELTON, S.L. Effect of forage feeding on beef flavour. **Food Technology**, v.37, n.5, p.239–248, 1983.

MILLER, M.F. et al. Consumer acceptability of beef steak tenderness in home and restaurant. **Journal of Food Science**, v.60, n.5, p.963–965, 1995.

MILLER, M.F. et al. Consumer thresholds for establishing the value of beef tenderness. **Journal of Animal Science**, v.79, n.12, p.3062–3068, 2001.

MILLS, E.W. et al. Meat composition and palatability of Holstein and beef steers as influenced by forage type and protein source. **Journal of Animal Science**, v.70, n.8, p.2446–2451, 1992.

MONEGO, M.A. **Goma da linhaça (*Linum usitatissimum* L.) para uso como hidrocolóide na indústria alimentícia**. 2009. 89p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

MORGAN, J.B. et al. National beef tenderness survey. **Journal of Animal Science**, v.69, n.8, p.3274–3283, 1991.

MOSKOWITZ, H.R. Product optimization approaches and applications. In: MACFIE, H.J.; THOMSON, D.M. (Eds.). **Measurement of Food Preferences**. London: Blackie Academic and Professional, 1994. p.67-136.

MUGUERZA, E. et al. 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.

NAVARRO, J.L. et al. Lipolysis in dry cured sausages as affected by processing conditions. **Meat Science**, v.45, n.2, p.161–168, 1997.

NOVELLI, E. et al. Lipid and Cholesterol Oxidation in Frozen Stored Pork, Salame Milano and Mortadella. **Meat Science**, v.48, n.1-2, p.29-40, 1998.

ONO, K.; BERRY, B.W.; PAROCZAY, E. Contents and retention of nutrients in extra lean, lean and regular ground beef. **Journal of Food Science**, v.50, n.3, p.701-706, 1985.

ÖZKAN, N.; HO, I.; FARID, M. Combined ohmic and plate heating of hamburger patties: quality of cooked patties. **Journal of Food Engineering**, v.63, n.2, p.141–145, 2004.

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, n.2, p.111-126, 1998.

PASSOS, M.H.C.R.; KUAYE, A.Y. Influence of the formulation, cooking time and final internal temperature of beef hamburgers on the destruction of *Listeria monocytogenes*. **Food Control**, v.13, n.1, p.33-40, 2002.

PELSER, W.M. et al. Lipid oxidation in n-3 fatty acid enriched Dutch style fermented sausages. **Meat Science**, v.75, n.1, p.1–11, 2007.

PIÑERO, M.P. et al. Effect of oat's soluble fibre (β -glucan) as a fat replacer on physical, chemical, microbiological and sensory properties of low-fat beef patties. **Meat Science**, v.80, n.3, p.675–680, 2008.

QUEIROZ, Y. U. et al. Desenvolvimento e avaliação das propriedades físico químicas de hambúrgueres com reduzidos teores de gordura e de colesterol. **Revista Nacional da Carne**, v.338, p.84-89, 2005.

RAES, K. et al. Effect of linseed feeding at similar linoleic acid levels on the fatty acid composition of double-muscled Belgian Blue young bulls. **Meat Science**, v.66, n.2, p.307–315, 2004.

REDDY, B.S. Nutritional Factors and Colon Cancer. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.35, n.3, p.175-190, 1995.

REY, A.I. et al. Effect of dietary oils and alpha-tocopheryl acetate supplementation on lipid (TBARS) and cholesterol oxidation in cooked pork. **Journal of Animal Science**, v.79, n.5, p.1201–1208, 2001.

RODRIGUEZ-ESTRADA, M.T. et al. Effect of different cooking methods on some lipid and protein components of hamburgers. **Meat Science**, v.45, n.3, p.365–375, 1997.

RUUSUNEN, M. et al. Reducing the sodium content in meat products: The effect of the formulation in low-sodium ground meat patties. **Meat Science**, v.69, n.1, p.53–60, 2005.

SALEH, N.T.; AHMEDB, Z.S. Impact of natural sources rich in provitamin a on cooking characteristics, color, texture and sensory attributes of beef patties. **Meat Science**, v.50, n.3, p.285-293, 1998.

SAÑUDO, C. et al. Fatty acid composition and sensory characteristics of lamb carcasses from Britain and Spain. **Meat Science**, v.54, n.4, p.339-346, 2000.

SCHEEDER, R.L. et al. Fatty acid composition, cooking loss and texture of beef patties from meat of bulls fed different fats. **Meat Science**, v.58, n.3, p.321-328, 2001.

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

SERRANO, A. et al. Composition and physicochemical characteristics of restructured beef steaks containing walnuts as affected by cooking method. **Meat Science**, v.77, n.3, p.304–313, 2007.

SHACKELFORD, S.D. et al. Identification of threshold levels for Warner–Bratzler shear force in beef top loin steaks. **Journal of Muscle Foods**, v.2, n.4, p.289–296, 1991.

SHACKELFORD, S.D.; WHEELER, T.L.; KOOHMARAIE, M. Tenderness classification of beef: I Evaluation of beef longissimus shear force at 1 or 2 days post mortem as a predictor of aged beef tenderness. **Journal of Animal Science**, v.75, n.9, p.2417–2422, 1997.

SHEARD, P.R. et al. Shelf life and quality of pork and pork products with raised n-3 PUFA. **Meat Science**, v.55, n.2, p.213–221, 2000.

SIMOPOULOS, A.P.; LEAF, A.; SALEM, N. Workshop on the essentiality of and recommended dietary intakes for omega-6 and omega-3 fatty acids. **Journal of the American College of Nutrition**, v.18, n.5, p.487–489, 1999.

SPECHT-OVERHOLT, S. et al. Fatty acid composition of commercially manufactured omega-3 enriched pork products, haddock and mackerel. **Journal of Animal Science**, v.75, n.9, p.2335–2343, 1997.

SUMAN, S.; SHARMA, B. Effect of grind size and levels on the physico-chemical and sensory characteristics of low-fat ground buffalo meat patties. **Meat Science**, v.65, n.3, p.973–976, 2003.

TAKI, G. Functional ingredient blend produces low-fat meat products to meet consumer expectations. **Food Technology**, v.45, n.11, p.70–74, 1991.

TARLADGIS, B.G. A distillation method for the quantitative determination of malonaldehyde in rancid foods. **Journal of American Oil Chemistry Society**, v.37, n.1, p.44–48, 1960.

TORNBERG, E.; OLSSON, A.; PERSSON, K. A comparison in fat holding between hamburgers and emulsion sausages. In: **Proceedings of the 35th international congress on meat science and technology**. Denmark: Copenhagen, 1989. p.753–757.

TROUTT, E.S. et al. Chemical, physical and sensory characterization of ground beef containing 5 to 30 percent fat. **Journal of Food Science**, v.57, n.1, p.25–29, 1992.

TROY, D.; DESMOND, E.; BUCKLEY, D. Eating quality of low-fat beef burgers containing fat-replacing functional blends. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.79, n.4, p.507–516, 1999.

TRUCOM, C. **A importância da linhaça na saúde**. São Paulo: Alaúde, 2006. 151p.

TUORILA, H.; CARDELLO, A.V. Consumer responses to an off-flavor in juice in the presence of specific health claims. **Food Quality and Preference**, v.13, n.7-8, p.561–569, 2002.

TURHAN, S.; SAGIR, I.; USTUN, N.S. Utilization of hazelnut pellicle in low-fat beef burgers. **Meat Science**, v.71, n.2, p.312–316, 2005.

TURHAN, S.; TEMIZ, H.; SAGIR, I. Utilization of wet okara in low-fat beef patties. **Journal of Muscle Foods**, v.18, n.2, p.226–235, 2007.

ULU, H. Effect of wheat flour, whey protein concentrate and soya protein isolate on oxidative processes and textural properties of cooked meatballs. **Food Chemistry**, v.87, n.4, p.523–529, 2004.

VALENCIA, I. et al. 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, n. 4, p.1046–1054, 2008.

VATANSEVER, L. et al. Shelf life and eating quality of beef from cattle of different breeds given diets differing in n-3 polyunsaturated fatty acid. **Animal Science**, v.71, n.3, p.471–482, 2000.

VELIOGLU, H.M. et al. Investigating the effects of ingredient levels on physical quality properties of cooked hamburger patties using response surface methodology and image processing technology. **Meat Science**, v.84, n.3, p.477–483, 2010.

WARNER, K.; INGLETT, G. Flavor and texture characteristics of foods containing Z-trim corn and oat fibers as fat and flour replace. **Cereal Food World**, v.42, n.10, p.821–825, 1997.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases**. WHO Technical/Report, series 916. Geneva: WHO, 2003. 11p.

WILKES, A.P. **Development trends & technologies for formulators & marketers**. Supplement to Prepared Foods. April 2007. Disponível em: <<http://www.flaxcouncil.ca/english/pdf/Flax%20Supplement%20Heart%20Health.pdf>>. Acesso em: 05 ago. 2010.

WOOD, J.D.; ENSER, M. Factors influencing fatty acids in meat and the role of antioxidants in improving meat quality. **British Journal of Nutrition**, v.78, n.1, p.49–60, 1997.

WOOD, J.D. et al. Effect of fatty acids on meat quality: A review. **Meat Science**, v.66, n.1, p.21–32, 2003.

WOOD, J.D. et al. Effects of diets on fatty acids and meat quality. In: ALCAIDE, M. et al. (Eds.). **Options Méditerranéennes: Sustainable grazing, nutritional utilization and quality of sheep and goat products**. Zaragoza: CIHEAM (Centre International de Hautes Etudes Agronomiques Méditerranéennes)/FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations)/CSIC (Consejo Superior de Investigaciones Científicas), Série A, n.67, 2005. p.133–114.

WOODS, V.B.; FEARON, A.M. Dietary sources of unsaturated fatty acids for animals and their transfer into meat, milk and eggs: A review. **Livestock Science**, v.126, n.1, p.1-20, 2009.

YEHUDA, S.; CARASSO, R.L. Modulation of learning, pain thresholds, and thermoregulation in the rat by preparations of free purified alpha-linolenic and linoleic acids: determination of the optimal omega 3-to-omega 6 ratio. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v.90, n.21, p.10345–10349, 1993.

YOUNATHAN, M.; WATTS, B. Relationship of meat pigments to lipid oxidation. **Food Research**, v.24, n.6, p.728–734, 1959.

ZIMMERMAN, D.C.; VICK, B.A. Specificity of flaxseed lipoxidase. **Lipids**, v.5, n.4, p.392-397, 1970.

CAPÍTULO 5

PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS E ACEITAÇÃO SENSORIAL DE PRODUTO CÁRNEO BOVINO REESTRUTURADO ADICIONADO DE “*BLENDS*” DE ÓLEO, FARINHA E SEMENTE DE LINHAÇA DOURADA (*Linum Usitatissimum* L.)

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da adição de “*blends*” de óleo e/ou farinha e/ou semente de linhaça dourada em produtos cárneos reestruturados, analisando-se a composição físico-química, aceitação sensorial, oxidação lipídica e o perfil de ácidos graxos. Foram elaborados hambúrgueres com a adição de “*blends*” de óleo e/ou farinha e/ou semente de linhaça, com no máximo 5,0% de cada ingrediente, mais um tratamento controle, em um total de 9 formulações. Os produtos foram avaliados nos dias 0, 30, 60 e 90 de armazenamento a -18°C e analisados na forma crua e grelhada a 200°C. Em geral, o teor de cinzas, lipídios, proteínas, carboidratos e calorias aumentou após a adição dos produtos à base de linhaça dourada, com diminuição de umidade e pH, principalmente naqueles adicionados de óleo. Nos hambúrgueres grelhados houve diminuição significativa da textura, dureza, elasticidade, mastigabilidade, flexibilidade, coesividade e força de cisalhamento, principalmente nas formulações com maiores níveis de linhaça dourada, sendo que a fraturabilidade aumentou ($p < 0,05$). Na avaliação sensorial dos hambúrgueres, sabor e textura tiveram menores notas, conforme houve o aumento no nível de adição de linhaça. Maiores teores de linhaça dourada promoveram aumento na oxidação lipídica dos hambúrgueres crus e grelhados, observado também durante o armazenamento. A adição de linhaça

dourada promoveu aumento dos ácidos graxos benéficos ω -3, com ênfase àqueles com maiores níveis e com óleo, diminuindo significativamente a relação ω -6/ ω -3 (<1) e aumentando a relação poliinsaturados/saturados (PUFAs/SFA) ($>0,50$), melhorando assim o perfil nutricional dos produtos. O acréscimo de maiores níveis de derivados de linhaça dourada resultou em redução do teor de colesterol nos hambúrgueres grelhados. Conclui-se, portanto, que a adição de “*blends*” de óleo e/ou farinha e/ou semente de linhaça dourada modificou as propriedades avaliadas dos hambúrgueres, melhorando o perfil de ácidos graxos com boa aceitação sensorial pelos consumidores.

**PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES AND SENSORY
ACCEPTANCE OF MEAT PRODUCT RESTRUCTURED ADDED
WITH BLENDS OF GOLDEN FLAXSEED (*LINUM
USITATISSIMUM* L.) OIL, FLOUR AND SEED**

SUMMARY

The objective of this study was to evaluate the effect of adding blends of golden flaxseed oil and/or flour and/or seed in meat products restructured, analyzing the physico-chemical composition, sensory acceptance, lipid oxidation and fatty acids profile. Patties were prepared with the addition of blends of flaxseed oil and/or flour and/or seed, with a maximum of 5.0% of each ingredient, plus a control treatment, totalizing 9 formulations. The products were evaluated on days 0, 30, 60 and 90 of storage at -18°C and analyzed as raw and grilled at 200°C . In general, the content of ash, lipids, proteins, carbohydrates and calories increased after the addition of products based on golden flaxseed, with reduction of moisture and pH, especially those with oil added. In grilled patties was significant the decrease in texture, hardness,

springiness, chewiness, flexibility, cohesivity and shear force, especially in formulations with high levels of golden flaxseed, and the fracturability increased ($p < 0.05$). In the sensory evaluation of patties, flavor and texture had lower scores, as there was an increase in the level of addition of flaxseed. Higher amounts of golden flaxseed caused an increase in lipid oxidation of raw and grilled patties, also observed during storage. The addition of golden flaxseed increased in the beneficial fatty acids ω -3, with emphasis on those with higher levels and with oil, decreasing significantly the ratio ω -6/ ω -3 (< 1) and increasing the polyunsaturated/saturated ratio (PUFAs/SFA) (> 0.50), thereby improving the nutritional profile of products. The addition of higher levels of derivatives of golden flaxseed resulted in reduced cholesterol content in grilled patties. It follows therefore that the addition of blends of golden flaxseed oil and/or flour and/or seed modified the properties evaluated in patties, improving the profile of fatty acids with a good sensory acceptance by consumers.

1. INTRODUÇÃO

A carne é um alimento importante na dieta humana, especialmente no mundo desenvolvido (ROSEGRANT *et al.*, 1999; DELGADO, 2003; SPEEDY, 2003), bem como os derivados cárneos processados incluindo produtos curados e defumados, salsichas, presuntos, bacon, hambúrgueres, salames e carnes enlatadas (LINSEISEN *et al.*, 2002).

Entretanto, recentemente, um número considerável de estudos epidemiológicos tem associado o consumo de carne e derivados com o desenvolvimento de duas das principais doenças crônicas no mundo ocidental: cardiovascular e câncer (GIOVANNUCCI *et al.*, 1994; KELEMEN *et al.*, 2005; CROSS *et al.*, 2007; KONTOGIANNI *et al.*, 2008). Alguns constituintes da carne vermelha foram evidenciados como responsáveis por essas associações

e incluem o teor de gordura, composição dos ácidos graxos, e a possível formação de compostos cancerígenos como aminas heterocíclicas, pela cocção da carne em altas temperaturas (BINGHAM *et al.*, 2002).

A partir disso, a reformulação de produtos cárneos processados é uma das principais estratégias a fim de desenvolver novos produtos com benefícios nutricionais, visando também a implementação de propriedades funcionais.

Um alimento muito utilizado pela indústria atualmente é a linhaça, por ser considerada um ingrediente funcional. O *American Botanical Council* relatou um aumento de 177% nas vendas deste produto só em 1999. A maioria dos benefícios enfatizados sobre o consumo de linhaça é devido aos três componentes importantes encontrados neste alimento: ácido graxo α -linolênico (C18:3 ω -3), lignanas e fibras (ROY *et al.*, 2007). Ela pode ser geralmente, consumida de três maneiras: sementes inteiras, na forma de farinha, ou na forma de óleo.

O óleo original é composto de 73% de ácidos graxos poliinsaturados (PUFAs), 18% ácidos graxos monoinsaturados (MUFAs) e 9% de ácidos graxos saturados (SFA), tornando-se uma baixa fonte de gordura saturada nos alimentos. É também a mais rica fonte conhecida dos ácidos graxos ω -3, que compreende 55% do total destes ácidos (ROY *et al.*, 2007).

No que diz respeito ao enriquecimento com PUFAs, vários trabalhos estão centrados no desenvolvimento de produtos cárneos, enriquecidos com ácidos graxos ω -3, provenientes da alimentação animal (rações ricas em ácido α -linolênico) e/ou adicionando-se esta matéria-prima diretamente em derivados cárneos (LESKANICH *et al.*, 1997; ENSER *et al.*, 2000; SHEARD *et al.*, 2000; HOZ *et al.*, 2004; SANTOS *et al.*, 2004). Em consequência disso, há uma mudança no perfil de ácidos graxos dos produtos e melhoria da qualidade nutricional.

Contudo, a maioria dos trabalhos têm estudado apenas a adição de óleo de linhaça nas formulações (SANTOS *et al.*, 2004; ANSORENA e ASTIASARÁN, 2004; VALENCIA *et al.*, 2006, 2008; PELSER *et al.*, 2007), não sendo avaliados a mistura de semente e farinha de linhaça com óleo.

Após o exposto, torna-se relevante a avaliação de hambúrgueres bovinos acrescidos de “*blends*” de óleo e/ou farinha e/ou semente de linhaça dourada, em relação às propriedades físico-químicas, sensoriais e oxidativas durante o armazenamento, os quais foram os objetivos do atual trabalho.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Matéria-prima

2.1.1 Cortes cárneos

Foram utilizados 55kg de acém (código B 2211, ABIEC, 2006) e 55kg de paleta (código A 2100, ABIEC, 2006), obtidos em frigoríficos comerciais e transportados refrigerados para a Universidade Estadual de Campinas, Laboratório de Carnes e Processos, sendo estocados entre 1-4°C até o processamento. Para o experimento, os cortes foram subsequentemente removidos das embalagens a vácuo e toda a gordura externa e os músculos adjacentes retirados.

2.1.2 Ingredientes da formulação

Neste estudo foi avaliada a adição de “*blends*” de óleo e/ou farinha e/ou semente de linhaça dourada em hambúrgueres de carne bovina, com acréscimo de no máximo 5,0% de cada derivado de linhaça dourada, nível previamente selecionado através de avaliação sensorial em estudo anterior (Capítulo 3).

Os produtos linhaça dourada e derivados, da mesma marca comercial selecionada e amplamente comercializada no país, foram obtidos através de fornecedores especializados, conforme itens 2.1.1, 2.1.2 e 2.1.3 (Capítulo 2). Os ingredientes e aditivos maltodextrina, cebola e alho em pó, carragena e o eritorbato de sódio foram cedidos pela New Max Industrial. O óleo de palma refinado foi concedido pela empresa Triângulo Alimentos.

Na Tabela 1 estão descritas as formulações dos hambúrgueres de carne bovina, adicionados de “*blends*” de óleo e/ou farinha e/ou semente de linhaça dourada.

O delineamento estatístico utilizado foi inteiramente casualizado, contendo 9 tratamentos e três repetições cada.

Tabela 1 - Formulações de hambúrgueres bovinos adicionados de “*blends*” de óleo e/ou farinha e/ou semente de linhaça dourada (*Linum Usitatissimum* L.)

Formulação/ Ingrediente	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9
	(g/100g)								
Gelo em flocos	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
Carragena em pó	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Maltodextrina em pó	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80
Óleo de palma refinado	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Sal refinado	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Eritorbato de sódio	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Cebola em pó	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Alho em pó	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30

Óleo de linhaça dourada	-	2,50	2,50	-	2,50	5,00	5,00	-	5,00
Farinha de linhaça dourada	-	2,50	-	2,50	2,50	5,00	5,00	5,00	-
Semente de linhaça dourada	-	2,50	2,50	2,50	-	5,00	-	5,00	5,00
Carne bovina	75,85	68,35	70,85	70,85	70,85	60,85	65,85	65,85	65,85

F1 - Formulação controle;

F2 - Formulação com 2,5% de óleo, 2,5% de farinha e 2,5% de semente de linhaça dourada;

F3 - Formulação com 2,5% de óleo e 2,5% de semente de linhaça dourada;

F4 - Formulação com 2,5% de farinha e 2,5% de semente de linhaça dourada;

F5 - Formulação com 2,5% de óleo e 2,5% de farinha de linhaça dourada;

F6 - Formulação com 5,0% de óleo, 5,0% de farinha e 5,0% de semente de linhaça dourada;

F7 - Formulação com 5,0% de óleo e 5,0% de farinha de linhaça dourada;

F8 - Formulação com 5,0% de farinha e 5,0% de semente de linhaça dourada;

F9 - Formulação com 5,0% de óleo e 5,0% de semente de linhaça dourada.

2.2 Processamento dos hambúrgueres de carne bovina

A carne (aproximadamente 105kg) à temperatura em torno de 4°C foi moída em moedor de carnes (C.A.F., Brasil), em disco de 3 mm. Em seguida, aproximadamente 11kg de carne foram utilizados para cada uma das 9 formulações, individualmente, sendo então levada à misturadeira (Super Cutter Sire, Brasil). A seguir, foram adicionados ingredientes na seguinte ordem: metade do gelo, condimentos (cebola e alho em pó), eritorbato de sódio e o restante do gelo, sal, carragena, maltodextrina, óleo de palma e os níveis de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada correspondentes. Após a homogeneização, a formulação foi acondicionada em sacos plásticos de polietileno de baixa densidade (PEBD) e armazenada em freezer com temperatura de 0°C a -1°C por aproximadamente 1 hora, para facilitar a moldagem. A seguir, a massa foi moldada em unidades (130-140 hambúrgueres, em média) contendo cerca de 110g (Figura 1) com 10cm de diâmetro, em hamburgueira manual (Muller, Brasil) e, em seguida, levadas à câmara frigorífica (temperatura de -18°C) onde foram congeladas. As amostras congeladas foram embaladas em sacos plásticos de PEBD, fechados com fita adesiva e guardados em embalagens cartonadas (contendo 6 hambúrgueres), codificadas e armazenadas em freezer à temperatura de -18°C, durante o período de avaliação (Figura 2).

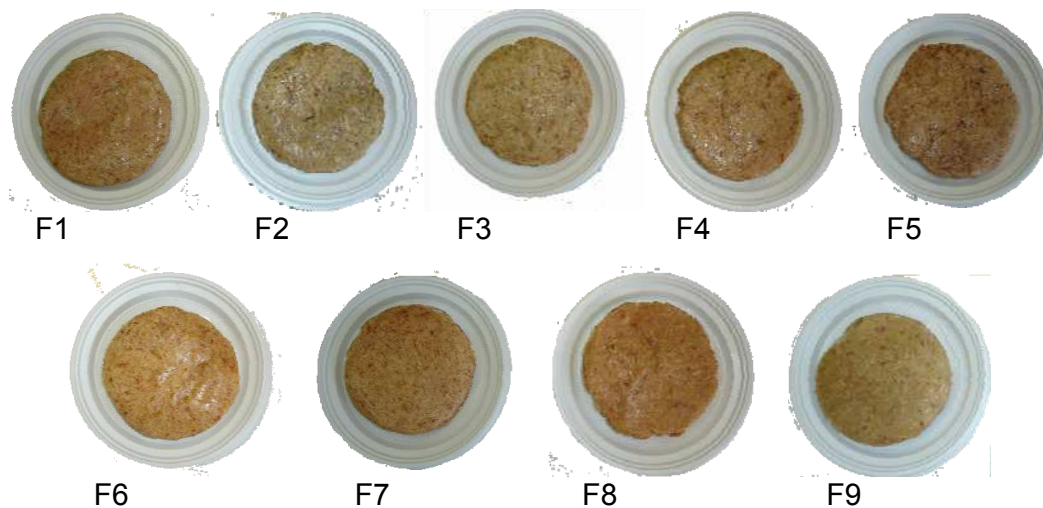


Figura 1 - Hambúrgueres crus formulados sem adição de linhaça dourada (*Linum Usitatissimum* L.) controle (F1) e com adição de 2,5% de óleo, 2,5% de farinha e 2,5% de semente de linhaça dourada (F2), 2,5% de óleo e 2,5% de semente de linhaça dourada (F3), 2,5% de farinha e 2,5% de semente de linhaça dourada (F4), 2,5% de óleo e 2,5% de farinha de linhaça dourada (F5), 5,0% de óleo, 5,0% de farinha e 5,0% de semente de linhaça dourada (F6), 5,0% de óleo e 5,0% de farinha de linhaça dourada (F7), 5,0% de farinha e 5,0% de semente de linhaça dourada (F8) e 5,0% de óleo e 5,0% de semente de linhaça dourada (F9).

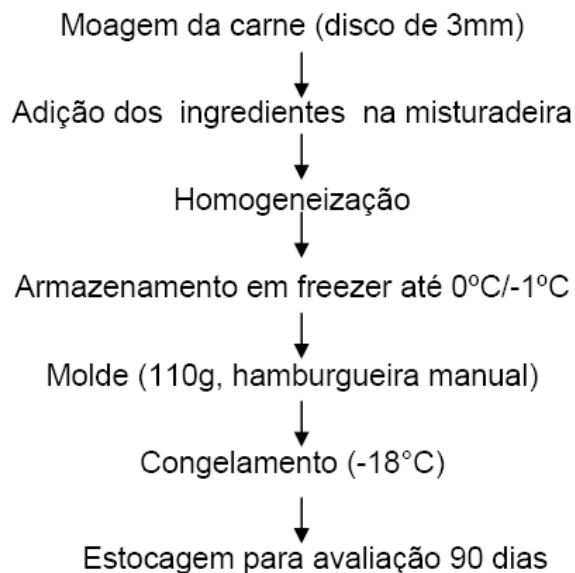


Figura 2 - Fluxograma geral do processamento do hambúrguer bovino.

2.3 Cocção dos hambúrgueres bovinos

Para realização das análises físico-químicas e sensoriais, os hambúrgueres foram grelhados no estado congelado em chapa elétrica, com grelha nos lados superior e inferior (*George Foreman* tamanho jumbo, *Lean Mean Fat reducing Grilling Machine*, U.S.A.) aquecida a 200°C. A temperatura interna do hambúrguer foi controlada por termômetro digital B 345 (Micronal, Brasil) com termopar acoplado, até que atingisse 75°C (ARISSETO e POLLONIO, 2005). O tempo de fritura foi em média de 8 a 10 minutos e variou de acordo com o teor de gordura das amostras.

2.4 Preparo da amostra de hambúrguer para realização das análises

Foram utilizados dez hambúrgueres crus e dez hambúrgueres grelhados (conforme item 2.3) de cada formulação para a realização das análises físico-químicas. Os produtos foram escolhidos de forma aleatória sendo então homogeneizados em processador de alimentos da marca (Walita Mega Master RI 3170, Brasil).

2.5 Avaliação físico-química dos hambúrgueres bovinos

2.5.1 Determinação da umidade

Foi realizada, no tempo zero, nos hambúrgueres crus e grelhados, de acordo com a AOAC (1980) em triplicata, que consiste em secagem a 105°C até peso constante.

2.5.2 Determinação de proteínas

Foi realizada, no tempo zero, nos hambúrgueres crus, através da avaliação do nitrogênio total da amostra, em triplicata, pelo método KJELDAHL

determinado ao nível semimicro (AOAC, 1980). Utilizou-se o fator de conversão de nitrogênio para proteína de 6,25.

2.5.3 Determinação de lipídios

As amostras foram avaliadas em triplicata, pelo método de Bligh e Dyer (1959). Esta análise foi realizada nos hambúrgueres crus e grelhados, no tempo zero.

2.5.4 Determinação de cinzas

A porcentagem de cinzas foi determinada nos hambúrgueres crus e grelhados, no tempo zero, em triplicata, em mufla a 550°C conforme metodologia de AOAC (1975) e Lees (1979).

2.5.5 Determinação de carboidratos

A determinação de carboidratos dos hambúrgueres crus (tempo zero) foi realizada através de cálculo teórico (por diferença) nos resultados das triplicatas, conforme fórmula abaixo:

$$\% \text{ Carboidratos} = 100 - (\% \text{ umidade} + \% \text{ proteína} + \% \text{ lipídios} + \% \text{ cinzas})$$

2.5.6 Determinação do valor calórico

O total de calorias (kcal) foi calculado em relação a 100g da amostra, nos hambúrgueres crus (tempo zero), utilizando os valores Atwater (ou calor de combustão) para gordura (9kcal por grama), proteína (4,02kcal por grama) e carboidratos (3,87kcal por grama) (ATWATER e WOODS, 1896).

2.5.7 Determinação do perfil de ácidos graxos

Esta análise foi realizada no Laboratório de Óleos e Gorduras do Departamento de Tecnologia de Alimentos da FEA/UNICAMP.

Para o preparo dos ésteres metílicos, as amostras dos hambúrgueres crus e grelhados (tempo zero) passaram inicialmente por processo de extração de lipídios segundo Bligh e Dyer (1959). Cada amostra de óleo extraído foi saponificado e esterificado, em triplicata, conforme metodologia proposta por Hartmann e Lago (1973).

O perfil de ácidos graxos foi determinado por cromatografia gasosa de alta resolução (AOCS, 2004), sendo avaliados: ácidos graxos saturados, MUFAs e PUFAs, individualmente. Foi utilizado para análise um cromatógrafo Gasoso Capilar (Agilent, 6850 Series GC System, U.S.A.), contendo coluna capilar: DB-23 Agilent (50% cyanopropyl – methylpolysiloxane), dimensões 60 m, Ø int: 0,25 mm, 0,25 µm filme.

As condições de operação do cromatógrafo foram: fluxo da coluna de 1,00mL/min.; velocidade linear de 24cm/seg.; temperatura do detector de 280°C; temperatura do injetor de 250°C; temperatura do forno de 110°C – 5 minutos, 110 – 215°C (5°C/min), 215°C – 24 minutos; o gás de arraste utilizado foi o Hélio, sendo injetada uma alíquota de 1µL das amostras no aparelho.

A identificação dos ácidos graxos foi realizada pela comparação dos tempos de retenção dos picos da amostra com os tempos de retenção dos picos dos padrões. Os resultados obtidos foram em % de área e convertidos a g/100g, utilizando o fator de conversão indicado para carne bovina (0,916) (HOLLAND, 1997). O cálculo utilizado para conversão da % de área em g/100g de alimento avaliado encontra-se a seguir:

$$AGi = \frac{\% \text{ área} \times L \times F}{100}$$

Onde:

AGi = ácido graxo individual, expresso em g/100g de amostra;

% área = porcentagem de área dos picos obtidos nos cromatogramas;

L = teor de lipídio da amostra em g/100g;

F = Fator de conversão do alimento.

2.5.8 Determinação do colesterol

A análise de colesterol dos hambúrgueres crus e grelhados, no tempo zero, foi realizada através da metodologia de Al Hasani *et al.* (1993). A amostra foi saponificada com KOH alcoólico, sendo que a fração não saponificável foi extraída com hexano e o extrato concentrado foi injetado em cromatógrafo gasoso sem derivatização (Hewlett Packard, 5890 Series II GC, U.S.A.) com detector FID e injetor Split 1:100, contendo coluna capilar HP-5. As condições de operação do cromatógrafo foram: temperatura da coluna de 160 - 270°C (10°C/min.); temperatura do detector de 270°C; temperatura do injetor de 250°C. O fluxo de gases foram: Hélio = 1 mL/min, H₂ = 20 mL/min, N₂ (Gás auxiliar) = 30 mL/min e Ar Sintético = 300 mL/min.

A identificação do colesterol foi realizada através de comparação do tempo de retenção das amostras com o padrão injetado e a quantificação através das áreas correspondentes dos picos, por padronização interna, utilizando-se por comparação padrões de colesterol e 5- α -colestane, estabelecendo-se a curva padrão de colesterol que foi utilizada para análise do colesterol em mg/100g de amostra.

2.5.9 Determinação da Aw

Esta determinação foi realizada em triplicata, nos hambúrgueres crus e grelhados, no tempo zero. Utilizou-se o medidor de Aw (AquaLab Séries 3 TE Decagon, New Zealand), operando a temperatura de 25°C.

2.5.10 Determinação de pH

O valor de pH foi medido através de potenciômetro digital (Mettler Toledo, Brasil), modelo MP125 pH Meter. Para esta análise, 50g de amostra colhidas aleatoriamente e acrescidas de 10mL de água destilada foram homogeneizadas em processador de alimentos por 1 minuto, sendo então, introduzido o eletrodo para leitura (BRASIL, 1981). Este procedimento foi realizado em triplicata nos hambúrgueres crus e grelhados, no tempo zero.

2.6 Determinação das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS)

A extensão da oxidação lipídica, nos hambúrgueres crus e grelhados, foi determinada através da quantidade (mg/kg) de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico, de acordo com Tarladgis *et al.* (1960), em triplicata. A análise foi realizada mensalmente nos dias 0, 30, 60 e 90, durante o armazenamento sob congelamento a -18°C.

2.7 Avaliação do perfil de textura (TPA)

A análise do perfil de textura foi realizada de acordo com AMSA (1995), Scheeder *et al.* (2001) e Jeong *et al.* (2007) em equipamento de textura TA-xT2i (Stable Micro Systems, Surrey, UK). Foram utilizados cinco hambúrgueres grelhados (segundo item 2.3) (tempo zero), amostrados em 3 regiões diferentes totalizando 15 leituras para cada tratamento. As amostras

foram comprimidas duas vezes para 25% de sua altura original com velocidade pré-teste, teste e pós-teste de 2,0mm/s. O probe utilizado foi o P-35 (haste longa/base normal), com calibre de 60mm.

2.8 Determinação da força de cisalhamento

A força de cisalhamento foi estimada através do analisador de textura TA-xT2i (Stable Micro Systems, Surrey, UK). Foram utilizados cinco hambúrgueres grelhados (segundo item 2.3) (tempo zero), amostrados em 3 regiões diferentes totalizando 15 leituras para cada tratamento. As amostras foram comprimidas a 30mm de sua altura original, com velocidade de pré-teste e teste de 5,0mm/s e pós-teste de 10mm/s. Foi utilizada uma lâmina Warner-Bratzler anexada ao analisador de textura.

2.9 Avaliação do rendimento na cocção

Para esta análise, cinco amostras de hambúrgueres de cada tratamento foram pesadas em uma balança eletrônica (Filizola, Brasil) antes e após o cozimento, sendo avaliadas nos dias 0, 30, 60 e 90, mantidas sob congelamento a -18°C. O método de cocção foi realizado segundo item 2.3. O percentual de rendimento na cocção foi calculado pela diferença entre o peso da amostra crua e grelhada, conforme a fórmula (BERRY, 1992):

$$\% \text{ rendimento na cocção} = \frac{\text{Peso da amostra cozida}}{\text{Peso da amostra crua}} \times 100$$

2.10 Avaliação da % de encolhimento

A porcentagem de encolhimento foi determinada em cinco amostras de hambúrgueres de cada tratamento, que foram avaliadas antes e após a cocção. Os produtos foram analisados nos dias 0, 30, 60 e 90 sendo mantidos

sob congelamento a -18°C. O método de cocção foi segundo item 2.3. Para a determinação da % de encolhimento utilizou-se a metodologia de Berry (1992), através da seguinte relação:

$$\% \text{ encolhimento} = \frac{(\text{Diâmetro da amostra crua} - \text{Diâmetro da amostra cozida})}{\text{Diâmetro da amostra crua}} \times 100$$

2.11 Determinação da retenção de umidade e gordura

Os valores de retenção de umidade e gordura foram verificados no produto grelhado, informados em 100g de amostra. Cinco amostras de hambúrgueres de cada tratamento foram avaliadas nos dias 0, 30, 60 e 90 sendo mantidas sob congelamento a -18°C. O método de cocção foi segundo item 2.3. Estes valores foram calculados de acordo com as seguintes equações (EL-MAGOLI *et al.*, 1996):

$$\% \text{ retenção de umidade} = \frac{\% \text{ rendimento} \times \% \text{ de umidade nos hambúrgueres cozidos}}{100}$$

$$\% \text{ retenção de gordura} = \frac{\text{Peso cozido} \times \% \text{ gordura no hambúrguer cozido}}{\text{Peso cru} \times \% \text{ gordura no hambúrguer cru}} \times 100$$

2.12 Determinação da cor objetiva

Utilizaram-se três hambúrgueres de cada tratamento, sendo realizadas três leituras em cada hambúrguer, em temperatura ambiente. Cada leitura foi resultado da média de três pontos distintos no mesmo lado. Foi utilizado um espectrofotômetro Colorquest II (Hunter-Lab, E.U.A) calibrado previamente, operando com iluminante D65, ângulo do observador 10°, no

modo RSEX (reflectância especular excluída) e no sistema de cor CIELAB, onde L^* representa a luminosidade, oscilando do branco (100%) ao preto (0%), (+/-) a^* , o eixo vermelho-verde e (+/-) b^* , o eixo amarelo-azul. Todas as amostras cruas e grelhadas foram avaliadas mensalmente nos dias 0, 30, 60 e 90, durante o armazenamento sob congelamento a -18°C .

2.13 Avaliação sensorial dos hambúrgueres bovinos

Os testes foram conduzidos no Laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Tecnologia de Alimentos, em cabines individuais e com iluminação de cor branca.

O julgamento sensorial avaliou os atributos de aparência, sabor, textura e aroma, segundo metodologia de Dutcosky (1996). Nesta etapa, todas as amostras congeladas foram grelhadas (conforme item 2.3) sendo analisadas através de uma escala hedônica estruturada de 9 pontos, variando de desgostei muitíssimo (nota 1) a gostei muitíssimo (nota 9) (Anexo I). As análises foram realizadas no tempo 0 e após 30, 60 e 90 dias de armazenamento sob congelamento a -18°C .

O teste de aceitação global e intenção de compra foi aplicado através de dois pontos específicos entre “*sim*” compraria a amostra e “*não*” não compraria a amostra, como sugerido por Moskowitz (1994).

Foram utilizados 50 provadores não treinados em cada bloco de análise (MACFIE *et al.*, 1989) que provaram os hambúrgueres grelhados da formulação controle e adicionados de “*bends*” de óleo e/ou farinha e/ou semente de linhaça dourada. Os julgadores foram voluntários presentes entre alunos e funcionários da FEA-UNICAMP. A ficha de aplicação deste teste encontra-se no Anexo I.

A cada julgador foi entregue um pedaço de cada amostra (aproximadamente 10g), em copos plásticos brancos, codificados com números de três dígitos, em blocos completos casualizados e balanceados, acompanhados de um copo de água e um biscoito tipo água e sal para serem utilizados entre cada prova. As amostras foram oferecidas aos julgadores de forma monádica sequencial.

2.14 Análise estatística

Os resultados estatísticos foram avaliados através da análise de variância (ANOVA), utilizando o teste de Tukey para comparação de médias, em nível de 5% de significância, com o auxílio do *software Statgraphics® Plus, versão 5.1*.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Avaliação físico-química dos hambúrgueres bovinos

A Tabela 2 mostra a composição centesimal, pH e A_w dos hambúrgueres bovinos crus e grelhados adicionados de “*blends*” de óleo e/ou farinha e/ou semente de linhaça dourada, no tempo zero.

Conforme foi adicionado maior teor dos ingredientes a base de linhaça dourada, houve diminuição da umidade, sendo que F6 (5,0% de óleo, 5,0% de farinha e 5,0% de semente de linhaça dourada) obteve menor umidade e F1 (controle) maior resultado ($p < 0,05$). Dzudie *et al.* (2002) também relataram que o aumento nos níveis de gordura diminuiu a porcentagem de umidade nas formulações com carne moída, o que ocorreu também em trabalhos de Sariçoban *et al.* (2009).

As formulações F6 (5,0% de óleo, 5,0% de farinha e 5,0% de semente de linhaça dourada) e F8 (5,0% de farinha e 5,0% de semente de linhaça dourada) apresentaram maior valor de cinzas, pois possuem maior quantidade de farinha e semente como ingredientes. Pereira e Feihrmann (2009), estudando a adição de 8,0 e 14,0% de farinha de linhaça em hambúrgueres observaram resultados semelhantes.

O tratamento F6 (5,0% de óleo, 5,0% de farinha e 5,0% de semente de linhaça dourada) mostrou maior teor de lipídios e valor calórico, seguido das formulações F7 (5,0% de óleo e 5,0% de farinha de linhaça dourada) e F9 (5,0% de óleo e 5,0% de semente de linhaça dourada) que contêm altas quantidades de derivados de linhaça dourada, sendo que F1 (controle) teve menor resultado, dados que corroboram com estudos de Bilek e Turhan (2009) e Pereira e Feihrmann (2009). A adição de linhaça e derivados aumentou o teor de gordura nos hambúrgueres crus e grelhados, concordando com estudos de Bilek e Turhan (2009) em produtos crus.

Na avaliação da proteína, os tratamentos F4 (2,5% de farinha e 2,5% semente de linhaça dourada), F7 (5,0% de óleo e 5,0% de farinha de linhaça dourada), F8 (5,0% de farinha e 5,0% de semente de linhaça dourada) e F9 (5,0% de óleo e 5,0% de semente de linhaça dourada) não mostraram diferença estatística entre si ($p>0,05$) apresentando maiores teores, enquanto F2 (2,5% de óleo, 2,5% de farinha e 2,5% de semente de linhaça dourada), F3 (2,5% de óleo e 2,5% de semente de linhaça dourada) e F5 (2,5% de óleo e 2,5% de farinha de linhaça dourada) tiveram os menores valores, o que concorda com resultados de Pereira e Feihrmann (2009).

O teor de carboidratos foi maior nas formulações cruas F6 e F8 porque elas contêm maiores porcentagens de farinha e semente de linhaça dourada. Resultados semelhantes foram obtidos anteriormente por Turhan *et al.* (2005, 2007) e Bilek e Turhan (2009).

Comparando-se a composição centesimal dos hambúrgueres crus e grelhados, observou-se que com a cocção houve uma perda maior da umidade, e, portanto os nutrientes tiveram um aumento em sua concentração, resultados que corroboram com estudos de Mansour e Khalil (1997), Serdaroglu (2006), Turhan *et al.* (2007) e Bilek e Turhan (2009).

Os maiores valores de pH foram encontrados nas formulações cruas F1 (controle), F2 (2,5% de óleo, 2,5% de farinha e 2,5% de semente de linhaça dourada) e F8 (5,0% de farinha e 5,0% de semente de linhaça dourada) ($p>0,05$). Verificou-se também, que a presença de óleo de linhaça, na maioria dos tratamentos, levou há uma diminuição do pH, assim F6 (5,0% de óleo, 5,0% de farinha e 5,0% de semente de linhaça dourada) apresentou menor resultado. Houve diferença significativa na Aw apenas entre o tratamento F1 e F7 (5,0% de óleo e 5,0% de farinha de linhaça dourada), sendo que este último apresentou maior resultado. Pereira e Feihrmann (2009), também observaram que adicionando-se farinha em hambúrgueres havia diminuição no pH (não significativo), e a Aw mantinha-se constante sem diferença estatística, confirmando a maioria dos dados encontrados no presente trabalho.

O pH dos produtos grelhados também aumentou após a cocção, sendo que os tratamentos F5 (2,5% de óleo e 2,5% de farinha de linhaça dourada), F7 (5,0% de óleo e 5,0% de farinha de linhaça dourada) e F8 (5,0% de farinha e 5,0% de semente de linhaça dourada) mostraram os maiores resultados ($p>0,05$). F7, F8 e F9 (5,0% de óleo e 5,0% de semente de linhaça dourada) apresentaram maior Aw ($p<0,05$) que as demais formulações.

Segundo o Ministério da Agricultura e Abastecimento (BRASIL, 2000), nos hambúrgueres o máximo permitido é 23% de gordura e mínimo de 15% de proteína. Pode-se verificar que todas as amostras estão de acordo com a legislação (Tabela 2). Porém, o mesmo regulamento preconiza valor de carboidratos totais de 3%. Assim, F1 (controle), F3 (2,5% de óleo e 2,5% de semente de linhaça dourada) e F5 (2,5% de óleo e 2,5% de farinha de linhaça

dourada) estão de acordo com a legislação, já as demais amostras apresentam um valor superior ao máximo permitido. Como o estudo teve por objetivo adição de farinha e semente de linhaça dourada, resultando num valor de carboidratos acima do recomendado, estas amostras podem ser denominadas como produto “tipo hambúrguer”. Este fato, também ocorreu no trabalho de Marques (2007).

Conforme a Secretaria de Vigilância Sanitária/Ministério da Saúde (BRASIL, 1998), os hambúrgueres formulados não podem ser considerados com baixo teor de gordura por possuírem mais de 3g de gorduras/100g de produto cru, porém todas as formulações podem ser avaliadas como produtos com teor reduzido de gordura por conterem uma redução mínima de 25% em gorduras totais do produto original.

Tabela 2 – Composição centesimal, pH e Aw dos hambúrgueres bovinos crus e grelhados adicionados de “blends” de óleo e/ou farinha e/ou semente de linhaça dourada (*Linum Usitatissimum* L.), no tempo zero

	F1		F2		F3		F4		F5		F6		F7		F8		F9	
	Média±SD	EPM	Média±SD	EPM	Média±SD	EPM	Média±SD	EPM	Média±SD	EPM	Média±SD	EPM	Média±SD	EPM	Média±SD	EPM	Média±SD	EPM
Determinação																		
Hambúrguer cru																		
Umidade (g/100g)	74,22±0,04 ^a	0,03	67,28±0,04 ^e	0,03	70,75±0,14 ^b	0,10	68,87±0,13 ^d	0,09	70,43±0,06 ^c	0,04	60,81±0,01 ^h	0,00	64,95±0,03 ^g	0,02	65,90±0,03 ^f	0,02	65,01±0,01 ^g	0,00
Cinzas (g/100g)	1,61±0,01 ^d	0,00	1,95±0,08 ^b	0,06	1,77±0,05 ^{cd}	0,03	1,97±0,06 ^b	0,04	1,79±0,04 ^{cd}	0,03	2,41±0,03 ^a	0,02	1,98±0,06 ^b	0,04	2,40±0,01 ^a	0,01	1,98±0,06 ^b	0,04
Lípidios (g/100g)	6,20±0,05 ^g	0,03	11,40±0,12 ^c	0,09	9,40±0,04 ^e	0,03	8,89±0,06 ^f	0,04	9,38±0,07 ^e	0,05	15,38±0,07 ^a	0,05	12,96±0,10 ^b	0,08	9,83±0,03 ^d	0,02	12,94±0,08 ^b	0,06
Proteínas (g/100g)	15,95±0,02 ^c	0,02	15,40±0,03 ^d	0,02	15,25±0,18 ^d	0,13	16,32±0,08 ^{ab}	0,05	15,55±0,08 ^d	0,06	16,08±0,01 ^{bc}	0,01	16,49±0,01 ^a	0,01	16,42±0,16 ^{ab}	0,12	16,47±0,01 ^a	0,05
Carboidratos (g/100g)	2,02±0,02 ^e	0,01	3,99±0,02 ^b	0,01	2,83±0,06 ^d	0,04	3,96±0,05 ^b	0,03	2,84±0,13 ^d	0,10	5,31±0,10 ^a	0,08	3,62±0,01 ^c	0,01	5,44±0,09 ^a	0,07	3,59±0,08 ^c	0,06
Calorias (kcal/100g)	127,71±0,44 ^g	0,31	179,71±1,14 ^c	0,80	156,87±0,55 ^f	0,39	160,90±1,08 ^e	0,77	157,96±0,44 ^f	0,31	223,60±0,22 ^a	0,16	197,02±0,89 ^b	0,63	175,58±0,05 ^d	0,03	196,61±0,66 ^b	0,46
pH	5,94±0,01 ^{ab}	0,01	5,97±0,01 ^{ab}	0,01	5,93±0,01 ^b	0,00	5,92±0,00 ^b	0,00	5,84±0,01 ^{cd}	0,00	5,81±0,01 ^d	0,00	5,85±0,02 ^c	0,01	5,98±0,03 ^a	0,02	5,92±0,01 ^b	0,01
Aw	0,97±0,00 ^b	0,00	0,98±0,00 ^{ab}	0,00	0,98±0,00 ^{ab}	0,00	0,98±0,00 ^{ab}	0,00	0,98±0,00 ^{ab}	0,00	0,98±0,00 ^{ab}	0,00	0,99±0,00 ^a	0,00	0,98±0,00 ^{ab}	0,00	0,98±0,00 ^{ab}	0,00
Hambúrguer grelhado																		
Umidade (g/100g)	68,59±0,00 ^a	0,00	60,19±0,04 ^g	0,03	64,54±0,08 ^c	0,05	64,16±0,02 ^d	0,01	65,65±0,04 ^b	0,03	55,15±0,05 ⁱ	0,04	56,88±0,08 ^h	0,06	62,01±0,09 ^e	0,07	60,70±0,07 ^f	0,05
Cinzas (g/100g)	2,07±0,03 ^c	0,02	2,33±0,03 ^b	0,02	2,14±0,07 ^c	0,05	2,32±0,13 ^b	0,09	2,11±0,01 ^c	0,00	2,72±0,08 ^a	0,06	2,30±0,07 ^b	0,05	2,71±0,16 ^a	0,11	2,28±0,11 ^b	0,01
Lípidios (g/100g)	7,07±0,06 ^h	0,04	12,61±0,25 ^d	0,18	10,42±0,08 ^f	0,05	9,55±0,06 ^g	0,04	10,32±0,05 ^f	0,03	17,81±0,06 ^a	0,04	15,69±0,03 ^b	0,02	11,27±0,02 ^e	0,01	14,39±0,03 ^c	0,02
pH	6,13±0,01 ^d	0,01	6,11±0,02 ^d	0,01	6,13±0,01 ^d	0,01	6,14±0,01 ^d	0,01	6,33±0,01 ^a	0,01	6,21±0,01 ^c	0,01	6,29±0,04 ^{ab}	0,02	6,33±0,01 ^a	0,01	6,24±0,01 ^{bc}	0,01
Aw	0,98±0,00 ^b	0,00	0,98±0,00 ^b	0,00	0,98±0,00 ^b	0,00	0,98±0,00 ^b	0,00	0,98±0,00 ^b	0,00	0,98±0,00 ^b	0,00	0,99±0,00 ^a	0,00	0,99±0,00 ^a	0,00	0,99±0,00 ^a	0,00

*Letras diferentes na linha indicam diferença significativa pelo teste de Tukey (p<0,05); EPM: Erro padrão da média; SD: Desvio padrão da média; carboidratos: cálculo teórico.

F1 - Formulação controle;

F2 - Formulação com 2,5% de óleo, 2,5% de farinha e 2,5% de semente de linhaça dourada;

F3 - Formulação com 2,5% de óleo e 2,5% de semente de linhaça dourada;

F4 - Formulação com 2,5% de farinha e 2,5% de semente de linhaça dourada;

F5 - Formulação com 2,5% de óleo e 2,5% de farinha de linhaça dourada;

F6 - Formulação com 5,0% de óleo, 5,0% de farinha e 5,0% de semente de linhaça dourada;

F7 - Formulação com 5,0% de óleo e 5,0% de farinha de linhaça dourada;

F8 - Formulação com 5,0% de farinha e 5,0% de semente de linhaça dourada;

F9 - Formulação com 5,0% de óleo e 5,0% de semente de linhaça dourada.

3.2 Avaliação do perfil de ácidos graxos dos hambúrgueres bovinos

As Tabelas 3, 4, 5 e 6 mostram o perfil de ácidos graxos, saturados, MUFAs, PUFA's e *trans*, respectivamente, dos hambúrgueres bovinos crus e grelhados adicionados de “*blends*” de óleo e/ou farinha e/ou semente de linhaça dourada (*Linum Usitatissimum* L.), no tempo zero.

Houve um aumento no teor total de ácidos graxos saturados crus e grelhados com a adição dos produtos a base de linhaça dourada ($p < 0,05$), exceto nos hambúrgueres crus da formulação F4 (2,5% de farinha e 2,5% de semente de linhaça dourada). As amostras com óleo de linhaça tiveram o maior aumento de saturados, pois conforme observou-se na Tabela 3 (Capítulo 2) este derivado da linhaça dourada contém maior quantidade de ácido palmítico e esteárico que a matéria-prima cárnea. Nos hambúrgueres crus e grelhados, estes dois ácidos graxos foram os que apareceram em maior quantidade. O ácido mirístico decresceu nos hambúrgueres crus com adição de linhaça e derivados.

Ressalta-se que, o ácido palmítico é considerado hipercolesterolêmico, enquanto que o esteárico é reportado como neutro nos efeitos de aumento de colesterol plasmático (KRIS-ETHERTON e YU, 1997).

Analisando-se os MUFAs dos hambúrgueres crus e grelhados, observou-se em geral que, os produtos com maior quantidade de derivados de linhaça, principalmente, as formulações com mais óleo de linhaça (F6 - 5,0% de óleo, 5,0% de farinha e 5,0% de semente de linhaça dourada, F7 - 5,0% de óleo e 5,0% de farinha de linhaça dourada e F9 - 5,0% de óleo e 5,0% de semente de linhaça dourada) tiveram maior aumento no teor total de monoinsaturados ($p < 0,05$), enquanto que a formulação controle (F1) foi a que apresentou menor quantidade. O ácido oleico foi o que mostrou maior teor dentre todos os ácidos graxos.

Os PUFA's, linoleico e α -linolênico apareceram em maior quantidade tanto nos hambúrgueres crus como nos grelhados, em todas as formulações. Assim, de forma geral, a adição dos derivados a base de linhaça dourada proporcionou maior aumento individual e total dos PUFA's ($p < 0,05$), principalmente nas amostras com óleo (F6 - 5,0% de óleo, 5,0% de farinha e 5,0% de semente de linhaça dourada, F7 - 5,0% de óleo e 5,0% de farinha de linhaça dourada e F9 - 5,0% de óleo e 5,0% de semente de linhaça dourada).

Este aumento de PUFA's nos alimentos pode ser muito favorável em termos de valor nutritivo (KRIS-ETHERTON e YU, 1997), principalmente o ácido α -linolênico (ω -3), por ter um efeito cardioprotetor (CLARE e HASLER, 1998).

Tanto nos hambúrgueres crus como nos grelhados, a relação ω -6/ ω -3 e PUFA's/SFA das amostras controle (F1) foram as menos adequadas nutricionalmente ($p < 0,05$), enquanto que as formulações F6 (5,0% de óleo, 5,0% de farinha e 5,0% de semente de linhaça dourada), F7 (5,0% de óleo e 5,0% de farinha de linhaça dourada) e F9 (5,0% de óleo e 5,0% de semente de linhaça dourada) apresentaram os resultados mais favoráveis por possuírem maior quantidade de ácidos graxos ω -3 nas formulações.

No presente estudo, a adição dos ingredientes à base de linhaça dourada aumentou a relação PUFA's/SFA e diminuiu a relação ω -6/ ω -3 para menos que 4, estando ambas dentro do recomendado quanto ao consumo saudável (DEPARTMENT OF HEALTH, 1994).

Ressalta-se que com a cocção houve um aumento na concentração total dos ácidos graxos SFA, PUFA's e MUFA's, concordando com trabalho de Jiang *et al.* (2010). Também foi observado aumento na relação PUFA's/SFA após o cozimento dos produtos o que está de acordo com Ono *et al.* (1985) e Scheeder *et al.* (2001) que afirmaram que os ácidos graxos insaturados são menos afetados pelo cozimento, sendo que a variação proporcional na

composição de ácidos graxos pode ser explicada pela perda por cocção contendo, principalmente, triacilglicerídeos dos tecidos adiposos, com relativamente mais saturados e MUFAs.

Observando-se a porcentagem total de ácidos graxos dos hambúrgueres crus e grelhados, F1 (controle) foi a que apresentou o maior resultado enquanto F6 (5,0% de óleo, 5,0% de farinha e 5,0% de semente de linhaça dourada) mostrou os menores teores. Na porcentagem dos MUFAs, F1 teve o maior valor sendo que F9 (5,0% de óleo e 5,0% de semente de linhaça dourada) apontou o menor resultado. Quanto aos PUFA, verificou-se que F6 indicou maior teor, enquanto que F1 teve a menor quantidade dentre todas as formulações.

Analisando-se o total de *trans* nos produtos crus, as amostras F1 (controle), F6 (5,0% de óleo, 5,0% de farinha e 5,0% de semente de linhaça dourada), F7 (5,0% de óleo e 5,0% de farinha de linhaça dourada) e F9 (5,0% de óleo e semente de linhaça dourada) foram as que tiveram o maior teor ($p < 0,05$).

Do ponto de vista dietético, os ácidos graxos *trans* também são de interesse, pois colaboram para o aumento das doenças cardiovasculares em humanos (PIETINEN *et al.*, 1997). Assim, a adição de níveis mais elevados de linhaça dourada não aumentou o teor total de *trans* em relação aos hambúrgueres controle, podendo ser utilizada sem prejuízo nutricional. Ressalta-se que, embora os níveis de ácido elaídico aumentaram nos hambúrgueres grelhados, como resultado do acréscimo de ingredientes a base de linhaça dourada, não ultrapassaram a recomendação máxima de ingestão de 2% a 5% (4,44 a 11,11g de lipídios/dia), com base numa dieta de 2000kcal/dia (DEPARTMENT OF HEALTH, 1994; BOLTON *et al.*, 1995; NELSON, 1998; SIMOPOULOS *et al.*, 1999). Segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA (BRASIL, 2003) as 9 formulações poderão ser

declaradas na rotulagem como “zero” ou “não contém” ácidos graxos *trans* devido a apresentarem menos que 0,2g por porção.

Sabendo-se da recomendação adequada de ácido α -linolênico de 2,22g/dia, na dieta humana com 2000kcal/dia (SIMOPOULOS *et al.*, 1999), em 100g de hambúrguer cru (ENSER *et al.*, 1996) adicionados de “*blends*” de linhaça dourada, seria possível obter do preconizado deste ácido graxo em F2 - 2,5% de óleo, 2,5% de farinha e 2,5% de semente de linhaça dourada - 91,44%; F3 - 2,5% de óleo e 2,5% de semente de linhaça dourada - 65,32%; F4 - 2,5% de farinha e 2,5% de semente de linhaça dourada - 38,29%; F5 - 2,5% de óleo e 2,5% de farinha de linhaça dourada - 65,77%; F6 - 5,0% de óleo, 5,0% de farinha e 5,0% de semente de linhaça dourada - 163,51%; F7 - 5,0% de óleo e 5,0% de farinha de linhaça dourada - 139,64%; F8 - 5,0% de farinha e 5,0% de semente de linhaça dourada - 55,41% e F9 - 5,0% de óleo e 5,0% de semente de linhaça dourada - 139,19%. As formulações F2, F3, F4 e F5 poderiam ser complementadas com o consumo de outros alimentos ricos em ácidos graxos ω -3 (BAGGIO e BRAGAGNOLO, 2006). Todas as amostras acrescidas de linhaça dourada conseguiram atingir maior recomendação diária de ácidos graxos ω -3 que o controle (1,35%), trazendo uma significativa contribuição para uma dieta saudável.

Portanto, a forma mais simples de aumentar os níveis de PUFA's, principalmente ácidos graxos ω -3, em hambúrgueres é a adição direta de fontes ricas nestes nutrientes durante o processo de fabricação, já que este método torna-se mais barato e não resulta em aumento excessivo de ácidos graxos saturados, o que também foi verificado em trabalhos de Juarez *et al.* (2009).

Tabela 3 – Perfil de ácidos graxos saturados dos hambúrgueres bovinos crus e grelhados (g/100g de produto) adicionados de “blends” de óleo e/ou farinha e/ou semente de linhaça dourada (*Linum Usitatissimum* L.), no tempo zero

Formulação	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9
Hambúrguer cru									
Ac. Láurico (C12:0)									
Média±SD	0,01±0,00 ^a	0,01±0,00 ^a	0,01±0,00 ^a	0,01±0,00 ^a	0,01±0,00 ^a	0,01±0,00 ^a	0,01±0,00 ^a	0,01±0,00 ^a	0,01±0,00 ^a
EPM	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ac. Mirístico (C14:0)									
Média±SD	0,10±0,00 ^a	0,09±0,00 ^b	0,10±0,00 ^a	0,10±0,00 ^a	0,10±0,00 ^a	0,09±0,00 ^b	0,09±0,00 ^b	0,09±0,00 ^b	0,09±0,00 ^b
EPM	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ac. Pentadecanóico (C15:0)									
Média±SD	0,01±0,00 ^a	0,01±0,00 ^a	0,01±0,00 ^a	0,01±0,00 ^a	0,01±0,00 ^a	0,01±0,00 ^a	0,01±0,00 ^a	0,01±0,00 ^a	0,01±0,00 ^a
EPM	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ac. Palmítico (C16:0)									
Média±SD	2,15±0,06 ^d	2,33±0,02 ^b	2,27±0,00 ^{bc}	2,21±0,06 ^{cd}	2,28±0,00 ^{bc}	2,50±0,02 ^a	2,47±0,03 ^a	2,33±0,06 ^b	2,49±0,02 ^a
EPM	0,04	0,02	0,00	0,03	0,00	0,02	0,02	0,03	0,01
Ac. Margárico (C17:0)									
Média±SD	0,04±0,00 ^a	0,04±0,00 ^a	0,04±0,00 ^a	0,04±0,00 ^a	0,04±0,00 ^a	0,04±0,00 ^a	0,04±0,00 ^a	0,04±0,00 ^a	0,04±0,00 ^a
EPM	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ac. Estearico (C18:0)									
Média±SD	0,67±0,02 ^d	0,80±0,00 ^b	0,77±0,03 ^{bc}	0,72±0,00 ^{cd}	0,75±0,01 ^{bc}	0,92±0,03 ^a	0,87±0,02 ^a	0,76±0,02 ^{bc}	0,87±0,00 ^a
EPM	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00	0,02	0,01	0,01	0,00
Ac. Araquídico (C20:0)									
Média±SD	0,02±0,00 ^b	0,03±0,00 ^a	0,02±0,00 ^b	0,02±0,00 ^b	0,02±0,00 ^b	0,03±0,00 ^a	0,03±0,00 ^a	0,02±0,00 ^b	0,03±0,00 ^a
EPM	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ac. Behênico (C22:0)									
Média±SD	0,00±0,00 ^c	0,01±0,00 ^b	0,01±0,00 ^b	0,01±0,00 ^b	0,01±0,00 ^b	0,02±0,00 ^a	0,02±0,00 ^a	0,01±0,00 ^b	0,02±0,00 ^a
EPM	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ac. Lignocérico (C24:0)									
Média±SD	0,00±0,00 ^d	0,01±0,00 ^c	0,01±0,00 ^c	0,01±0,00 ^c	0,01±0,00 ^c	0,03±0,00 ^a	0,02±0,00 ^b	0,02±0,00 ^b	0,02±0,00 ^b
EPM	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total									
Média±SD	3,00±0,08 ^e	3,33±0,02 ^c	3,24±0,04 ^d	3,13±0,01 ^{de}	3,23±0,01 ^d	3,65±0,00 ^a	3,56±0,04 ^b	3,29±0,02 ^{cd}	3,58±0,01 ^b
EPM	0,05	0,02	0,06	0,01	0,00	0,00	0,03	0,02	0,01

Porcentagem total (%)	49,42	33,30	36,24	40,76	36,13	27,18	29,42	37,34	29,64
Hambúrguer grelhado									
Ac. Láurico (C12:0)									
Média±SD	0,01±0,00 ^a	0,01±0,00 ^a	0,01±0,00 ^a	0,01±0,00 ^a	0,01±0,00 ^a	0,01±0,00 ^a	0,01±0,00 ^a	0,01±0,00 ^a	0,01±0,00 ^a
EPM	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ac. Mirístico (C14:0)									
Média±SD	0,08±0,00 ^c	0,10±0,00 ^a	0,08±0,00 ^c	0,08±0,00 ^c	0,08±0,00 ^c	0,09±0,00 ^b	0,10±0,00 ^a	0,08±0,00 ^c	0,07±0,00 ^d
EPM	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ac. Pentadecanóico (C15:0)									
Média±SD	0,01±0,00 ^a	0,01±0,00 ^a	0,01±0,00 ^a	0,01±0,00 ^a	0,01±0,00 ^a	0,01±0,00 ^a	0,01±0,00 ^a	0,01±0,00 ^a	0,01±0,00 ^a
EPM	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ac. Palmítico (C16:0)									
Média±SD	2,24±0,01 ^f	2,72±0,01 ^c	2,38±0,00 ^e	2,39±0,01 ^e	2,39±0,03 ^e	3,04±0,00 ^a	2,90±0,00 ^b	2,44±0,01 ^e	2,65±0,00 ^d
EPM	0,00	0,01	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00
Ac. Margárico (C17:0)									
Média±SD	0,03±0,00 ^b	0,04±0,00 ^a	0,03±0,00 ^b	0,03±0,00 ^b	0,03±0,00 ^b	0,03±0,00 ^b	0,04±0,00 ^a	0,03±0,00 ^b	0,03±0,00 ^b
EPM	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ac. Estearico (C18:0)									
Média±SD	0,58±0,00 ^e	0,84±0,00 ^b	0,70±0,00 ^d	0,69±0,00 ^d	0,70±0,04 ^d	0,96±0,00 ^a	0,97±0,00 ^a	0,71±0,00 ^{cd}	0,78±0,00 ^{bc}
EPM	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
Ac. Araquídico (C20:0)									
Média±SD	0,02±0,00 ^c	0,03±0,00 ^b	0,03±0,00 ^b	0,02±0,00 ^c	0,03±0,00 ^b	0,04±0,00 ^a	0,03±0,00 ^b	0,03±0,00 ^b	0,03±0,00 ^b
EPM	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ac. Behênico (C22:0)									
Média±SD	0,00±0,00 ^c	0,01±0,00 ^b	0,01±0,00 ^b	0,01±0,00 ^b	0,01±0,00 ^b	0,02±0,00 ^a	0,01±0,00 ^b	0,01±0,00 ^b	0,01±0,00 ^b
EPM	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ac. Lignocérico (C24:0)									
Média±SD	0,01±0,00 ^b	0,02±0,00 ^a	0,01±0,00 ^b	0,01±0,00 ^b	0,01±0,00 ^b	0,02±0,00 ^a	0,02±0,00 ^a	0,02±0,00 ^a	0,02±0,00 ^a
EPM	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total									
Média±SD	2,98±0,01 ^g	3,78±0,01 ^c	3,26±0,01 ^f	3,25±0,01 ^f	3,27±0,01 ^f	4,22±0,01 ^a	4,09±0,00 ^b	3,34±0,01 ^e	3,61±0,00 ^d
EPM	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
Porcentagem total (%)	47,00	33,19	34,68	37,70	34,97	26,11	28,84	32,75	27,62

*Letras diferentes na linha indicam diferença significativa pelo teste de Tukey (p<0,05); EPM: Erro padrão da média; SD: Desvio padrão da média; Ac.: ácido. F1 - Formulação controle; F2 - Formulação com 2,5% de óleo, 2,5% de farinha e 2,5% de semente de linhaça dourada; F3 - Formulação com 2,5% de óleo e 2,5% de semente de linhaça dourada; F4 - Formulação com 2,5% de farinha e 2,5% de semente de linhaça dourada; F5 - Formulação com 2,5% de óleo e 2,5% de farinha de linhaça dourada; F6 - Formulação com 5,0% de óleo, 5,0% de farinha e 5,0% de semente de linhaça dourada; F7 - Formulação com 5,0% de óleo e 5,0% de farinha de linhaça dourada; F8 - Formulação com 5,0% de farinha e 5,0% de semente de linhaça dourada; F9 - Formulação com 5,0% de óleo e 5,0% de semente de linhaça dourada. Obs.: aproximadamente 1g de ácidos graxos (do total de lipídios) não foram identificados na análise.

Tabela 4 – Perfil de ácidos graxos monoinsaturados (MUFAs) dos hambúrgueres bovinos crus e grelhados (g/100g de produto) adicionados de “*blends*” de óleo e/ou farinha e/ou semente de linhaça dourada (*Linum Usitatissimum* L.), no tempo zero

Formulação	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9
Hambúrguer cru									
Ac. Palmitoleico (C16:1 ω-7)									
Média±SD	0,05±0,00 ^b	0,06±0,00 ^a	0,06±0,00 ^a	0,05±0,00 ^b	0,06±0,00 ^a	0,06±0,00 ^a	0,06±0,00 ^a	0,05±0,00 ^b	0,06±0,00 ^a
EPM	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ac. Margaroleico (C17:1 ω-7)									
Média±SD	0,02±0,00 ^a	0,02±0,00 ^a	0,02±0,00 ^a	0,02±0,00 ^a	0,02±0,00 ^a	0,02±0,00 ^a	0,02±0,00 ^a	0,02±0,00 ^a	0,02±0,00 ^a
EPM	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ac. Oleico (C18:1 ω-9)									
Média±SD	2,43±0,07 ^f	3,32±0,03 ^c	3,10±0,00 ^d	2,81±0,05 ^e	3,10±0,00 ^d	4,17±0,03 ^a	3,76±0,04 ^b	3,16±0,01 ^d	3,72±0,18 ^b
EPM	0,05	0,02	0,00	0,03	0,00	0,02	0,03	0,01	0,10
Ac. Gadoleico (C20:1 ω-9)									
Média±SD	0,01±0,00 ^b	0,01±0,00 ^b	0,01±0,00 ^b	0,01±0,00 ^b	0,01±0,00 ^b	0,02±0,00 ^a	0,02±0,00 ^a	0,01±0,00 ^b	0,02±0,00 ^a
EPM	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total									
Média±SD	2,51±0,07 ^f	3,41±0,02 ^c	3,19±0,00 ^d	2,89±0,04 ^e	3,19±0,00 ^d	4,27±0,03 ^a	3,86±0,04 ^b	3,24±0,01 ^d	3,82±0,08 ^b
EPM	0,05	0,02	0,00	0,03	0,00	0,02	0,03	0,00	0,06
Porcentagem total (%)	41,35	34,10	35,68	37,63	35,68	31,79	31,90	36,78	31,62
Hambúrguer grelhado									
Ac. Palmitoleico (C16:1 ω-7)									
Média±SD	0,05±0,00 ^b	0,06±0,00 ^a	0,05±0,00 ^b	0,05±0,00 ^b	0,05±0,00 ^b	0,05±0,00 ^b	0,06±0,00 ^a	0,05±0,00 ^b	0,05±0,00 ^b
EPM	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ac. Margaroleico (C17:1 ω-7)									
Média±SD	0,02±0,00 ^a	0,02±0,00 ^a	0,02±0,00 ^a	0,02±0,00 ^a	0,02±0,00 ^a	0,02±0,00 ^a	0,02±0,00 ^a	0,02±0,00 ^a	0,02±0,00 ^a
EPM	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ac. Oleico (C18:1 ω-9)									
Média±SD	2,60±0,00 ^f	3,80±0,00 ^c	3,17±0,00 ^e	3,12±0,00 ^e	3,17±0,24 ^e	4,76±0,00 ^a	4,28±0,00 ^b	3,46±0,00 ^d	3,93±0,00 ^c
EPM	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00

Ac. Gadoleico

(C20:1 ω-9)

Média±SD	0,01±0,00 ^b	0,02±0,00 ^a	0,01±0,00 ^b	0,01±0,00 ^b	0,01±0,00 ^b	0,02±0,00 ^a	0,02±0,00 ^a	0,02±0,00 ^a	0,02±0,00 ^a
EPM	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total									
Média±SD	2,68±0,01 ^f	3,90±0,03 ^c	3,25±0,00 ^e	3,20±0,00 ^e	3,25±0,13 ^e	4,85±0,00 ^a	4,38±0,00 ^b	3,55±0,00 ^d	4,02±0,00 ^c
EPM	0,00	0,02	0,00	0,00	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00
Porcentagem total (%)	42,27	34,24	34,57	37,12	34,76	30,01	30,89	34,80	30,68

*Letras diferentes na linha indicam diferença significativa pelo teste de Tukey (p<0,05); EPM: Erro padrão da média; SD: Desvio padrão da média; Ac.: ácido. F1 - Formulação controle; F2 - Formulação com 2,5% de óleo, 2,5% de farinha e 2,5% de semente de linhaça dourada; F3 - Formulação com 2,5% de óleo e 2,5% de semente de linhaça dourada; F4 - Formulação com 2,5% de farinha e 2,5% de semente de linhaça dourada; F5 - Formulação com 2,5% de óleo e 2,5% de farinha de linhaça dourada; F6 - Formulação com 5,0% de óleo, 5,0% de farinha e 5,0% de semente de linhaça dourada; F7 - Formulação com 5,0% de óleo e 5,0% de farinha de linhaça dourada; F8 - Formulação com 5,0% de farinha e 5,0% de semente de linhaça dourada; F9 - Formulação com 5,0% de óleo e 5,0% de semente de linhaça dourada. Obs.: aproximadamente 1g de ácidos graxos (do total de lipídios) não foram identificados na análise.

Tabela 5 – Perfil de ácidos graxos poliinsaturados (PUFAs) dos hambúrgueres bovinos crus e grelhados (g/100g de produto) adicionados de “blends” de semente, farinha e óleo de linhaça dourada (*Linum Usitatissimum* L.), no tempo zero

Formulação	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9
Hambúrguer cru									
Ac. Linoleico (C18:2 ω-6)									
Média±SD	0,52±0,00 ^f	1,22±0,04 ^c	1,05±0,05 ^d	0,80±0,00 ^e	1,05±0,03 ^d	1,86±0,06 ^a	1,56±0,00 ^b	1,04±0,00 ^d	1,57±0,01 ^b
EPM	0,00	0,02	0,03	0,00	0,02	0,04	0,00	0,00	0,00
Ac. α-Linolênico (C18:3 ω-3)									
Média±SD	0,03±0,00 ^g	2,03±0,06 ^c	1,45±0,03 ^d	0,85±0,00 ^f	1,46±0,05 ^d	3,63±0,06 ^a	3,10±0,08 ^b	1,23±0,02 ^e	3,09±0,08 ^b
EPM	0,00	0,03	0,02	0,00	0,03	0,03	0,04	0,01	0,04
Ac. Docosapentaenóico (DPA) (C22:5 ω-3)									
Média±SD	0,01±0,00 ^b	0,01±0,00 ^b	0,01±0,00 ^b	0,01±0,00 ^b	0,01±0,00 ^b	0,02±0,00 ^a	0,02±0,00 ^a	0,01±0,00 ^b	0,02±0,00 ^a
EPM	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total									
Média±SD	0,56±0,01 ^g	3,26±0,01 ^c	2,51±0,03 ^d	1,66±0,00 ^f	2,52±0,09 ^d	5,51±0,01 ^a	4,68±0,06 ^b	2,28±0,02 ^e	4,68±0,02 ^b
EPM	0,00	0,01	0,02	0,00	0,07	0,01	0,04	0,01	0,01
Porcentagem total (%)	9,23	32,60	28,08	21,61	28,19	41,03	38,68	25,88	38,74

Relações									
Relação ω -6/ ω -3									
Média±SD	13,00±0,07 ^a	0,60±0,03 ^{de}	0,72±0,03 ^{cd}	0,93±0,00 ^b	0,71±0,01 ^c	0,51±0,02 ^f	0,50±0,01 ^f	0,84±0,01 ^b	0,50±0,00 ^f
EPM	0,05	0,02	0,02	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00
Relação PUFAs/SFA									
Média±SD	0,19±0,00 ^g	0,98±0,01 ^c	0,77±0,01 ^d	0,53±0,01 ^f	0,78±0,02 ^d	1,51±0,01 ^a	1,31±0,03 ^b	0,69±0,01 ^e	1,31±0,01 ^b
EPM	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,00	0,02	0,01	0,01
Hambúrguer grelhado									
Ac. Linoleico (C18:2 ω -6)									
Média±SD	0,63±0,00 ^h	1,36±0,00 ^d	1,11±0,00 ^f	1,00±0,00 ^g	1,11±0,00 ^f	2,14±0,00 ^a	1,80±0,00 ^b	1,24±0,00 ^e	1,72±0,00 ^c
EPM	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ac. α -Linolênico (C18:3 ω -3)									
Média±SD	0,04±0,00 ^h	2,34±0,03 ^d	1,77±0,01 ^f	1,16±0,00 ^g	1,71±0,00 ^f	4,94±0,00 ^a	3,90±0,01 ^b	2,06±0,03 ^e	3,72±0,00 ^c
EPM	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00
Ac. Docosapentaenóico (DPA) (C22:5 ω -3)									
Média±SD	0,01±0,00 ^a	0,01±0,00 ^a	0,01±0,00 ^a	0,01±0,00 ^a	0,01±0,00 ^a	0,01±0,00 ^a	0,01±0,00 ^a	0,01±0,00 ^a	0,01±0,00 ^a
EPM	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total									
Média±SD	0,68±0,00 ^h	3,71±0,03 ^d	2,89±0,01 ^f	2,17±0,00 ^g	2,83±0,00 ^f	7,09±0,01 ^a	5,71±0,01 ^b	3,31±0,02 ^e	5,45±0,00 ^c
EPM	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00
Porcentagem total (%)	10,73	32,57	30,74	25,17	30,27	43,87	40,27	32,45	41,70
Relações									
Relação ω -6/ ω -3									
Média±SD	12,60±0,08 ^a	0,58±0,00 ^c	0,62±0,00 ^c	0,85±0,00 ^b	0,65±0,02 ^c	0,43±0,00 ^d	0,46±0,00 ^d	0,60±0,01 ^c	0,46±0,00 ^d
EPM	0,06	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Relação PUFAs/SFA									
Média±SD	0,23±0,00 ^g	0,98±0,01 ^d	0,89±0,01 ^e	0,67±0,02 ^f	0,87±0,01 ^e	1,68±0,00 ^a	1,40±0,00 ^c	0,99±0,00 ^d	1,51±0,01 ^b
EPM	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01

*Letras diferentes na linha indicam diferença significativa pelo teste de Tukey (p<0,05); EPM: Erro padrão da média; SD: Desvio padrão da média; Ac.: ácido. PUFAs: poliinsaturados; SFA: saturados. F1 - Formulação controle; F2 - Formulação com 2,5% de óleo, 2,5% de farinha e 2,5% de semente de linhaça dourada; F3 - Formulação com 2,5% de óleo e 2,5% de semente de linhaça dourada; F4 - Formulação com 2,5% de farinha e 2,5% de semente de linhaça dourada; F5 - Formulação com 2,5% de óleo e 2,5% de farinha de linhaça dourada; F6 - Formulação com 5,0% de óleo, 5,0% de farinha e 5,0% de semente de linhaça dourada; F7 - Formulação com 5,0% de óleo e 5,0% de farinha de linhaça dourada; F8 - Formulação com 5,0% de farinha e 5,0% de semente de linhaça dourada; F9 - Formulação com 5,0% de óleo e 5,0% de semente de linhaça dourada. Obs.: aproximadamente 1g de ácidos graxos (do total de lipídios) não foram identificados na análise.

Tabela 6 – Perfil de ácidos graxos *trans* dos hambúrgueres bovinos crus e grelhados (g/100g de produto) adicionados de “*blends*” de semente, farinha e óleo de linhaça dourada (*Linum Usitatissimum* L.), no tempo zero

Formulação	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9
Hambúrguer cru									
Ac. Elaídico (C18:1 <i>trans</i> 9)									
Média±SD	0,06±0,00 ^a	0,05±0,00 ^b	0,05±0,00 ^b	0,05±0,00 ^b	0,05±0,00 ^b	0,05±0,00 ^b	0,05±0,00 ^b	0,05±0,00 ^b	0,05±0,00 ^b
EPM	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ac. Linolelaídico (C18:2 <i>trans</i> t9, t12)									
Média±SD	0,02±0,00 ^a	0,02±0,00 ^a	0,02±0,00 ^a	0,02±0,00 ^a	0,02±0,00 ^a	0,02±0,00 ^a	0,02±0,00 ^a	0,02±0,00 ^a	0,02±0,00 ^a
EPM	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ac. trans Linolênico (C18:3 <i>trans</i>)									
Média±SD	0,01±0,00 ^b	0,01±0,00 ^b	0,01±0,00 ^b	0,01±0,00 ^b	0,01±0,00 ^b	0,02±0,00 ^a	0,02±0,00 ^a	0,01±0,00 ^b	0,02±0,00 ^a
EPM	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total									
Média±SD	0,09±0,00 ^a	0,08±0,00 ^b	0,08±0,00 ^b	0,08±0,00 ^b	0,08±0,00 ^b	0,09±0,00 ^a	0,09±0,00 ^a	0,08±0,00 ^b	0,09±0,00 ^a
EPM	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Hambúrguer grelhado									
Ac. Elaídico (C18:1 <i>trans</i> 9)									
Média±SD	0,01±0,00 ^d	0,05±0,00 ^a	0,04±0,00 ^b	0,01±0,00 ^d	0,04±0,00 ^b	0,04±0,00 ^b	0,05±0,00 ^a	0,03±0,00 ^c	0,03±0,00 ^c
EPM	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ac. Linolelaídico (C18:2 <i>trans</i> t9, t12)									
Média±SD	0,02±0,00 ^b	0,02±0,00 ^b	0,02±0,00 ^b	0,02±0,00 ^b	0,02±0,00 ^b	0,03±0,00 ^a	0,03±0,00 ^a	0,02±0,00 ^b	0,02±0,00 ^b
EPM	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ac. trans Linolênico (C18:3 <i>trans</i>)									
Média±SD	0,01±0,00 ^c	0,02±0,00 ^b	0,01±0,00 ^c	0,01±0,00 ^c	0,01±0,00 ^c	0,03±0,00 ^a	0,02±0,00 ^b	0,01±0,00 ^c	0,02±0,00 ^b
EPM	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total									
Média±SD	0,04±0,00 ^e	0,09±0,00 ^b	0,07±0,00 ^c	0,04±0,00 ^e	0,07±0,00 ^c	0,10±0,00 ^a	0,10±0,00 ^a	0,06±0,00 ^d	0,07±0,00 ^c
EPM	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

*Letras diferentes na linha indicam diferença significativa pelo teste de Tukey (p<0,05); EPM: Erro padrão da média; SD: Desvio padrão da média; Ac.: ácido. F1 - Formulação controle; F2 - Formulação com 2,5% de óleo, 2,5% de farinha e 2,5% de semente de linhaça dourada; F3 - Formulação com 2,5% de óleo e 2,5% de semente de linhaça dourada; F4 - Formulação com 2,5% de farinha e 2,5% de semente de linhaça dourada; F5 - Formulação com 2,5% de óleo e 2,5% de farinha de linhaça dourada; F6 - Formulação com 5,0% de óleo, 5,0% de farinha e 5,0% de semente de linhaça dourada; F7 - Formulação com 5,0% de óleo e 5,0% de farinha de linhaça dourada; F8 - Formulação com 5,0% de farinha e 5,0% de semente de linhaça dourada; F9 - Formulação com 5,0% de óleo e 5,0% de semente de linhaça dourada. Obs.: aproximadamente 1g de ácidos graxos (do total de lipídios) não foram identificados na análise.

3.3 Teores de colesterol dos hambúrgueres bovinos

O teor de colesterol dos hambúrgueres bovinos crus e grelhados adicionados de “*blends*” de óleo e/ou farinha e/ou semente de linhaça dourada (*Linum Usitatissimum* L.), no tempo zero, pode ser verificado na Tabela 7.

A formulação controle (F1) apresentou maior valor de colesterol que as amostras F7 (5,0% de óleo e 5,0% de farinha de linhaça dourada), F8 (5,0% de farinha e 5,0% de semente de linhaça dourada) e F9 (5,0% de óleo e 5,0% de semente de linhaça dourada). O menor resultado foi verificado no produto F6 (5,0% de óleo, 5,0% de farinha e 5,0% de semente de linhaça dourada) ($p < 0,05$). Essa diferença pode ser explicada devido à maior quantidade de carne contida nos hambúrgueres com teor de colesterol mais elevado, uma vez que este é encontrado em produtos de origem animal.

Verificou-se uma diminuição de 13,61, 12,39 e 12,75% nas formulações F7 (5,0% de óleo e 5,0% de farinha de linhaça dourada), F8 (5,0% de farinha e 5,0% de semente de linhaça dourada) e F9 (5,0% de óleo e 5,0% de semente de linhaça dourada), respectivamente, sendo que na amostra F6, que continha os maiores níveis de adição de óleo, farinha e semente de linhaça dourada, houve maior redução de colesterol (25,55%) em comparação ao controle (F1). Salames secos fermentados formulados por Kayaardi e Gök (2003), adicionados de azeite de oliva, também tiveram redução de colesterol de 12 a 35%, da mesma forma Marquez *et al.* (1989) que analisaram óleo de amendoim adicionado a salsichas tipo *Frankfurter*, também conseguiram redução de colesterol (17 a 35%).

Nos hambúrgueres grelhados, as formulações F1 (controle), F4 (2,5% de farinha e 2,5% de semente de linhaça dourada) e F5 (2,5% de óleo e 2,5% de farinha de linhaça dourada) foram as que apresentaram maior teor de colesterol, sendo que F2 (2,5% de óleo, 2,5% de farinha e 2,5% de semente de linhaça dourada), F6 (5,0% de óleo, 5,0% de farinha e 5,0% de semente de

linhaça dourada), F7 (5,0% de óleo e 5,0% de farinha de linhaça dourada) e F8 (5,0% de farinha e 5,0% de semente de linhaça dourada) tiveram a menor quantidade deste nutriente ($p < 0,05$).

É importante ressaltar que, o valor de colesterol foi maior nos hambúrgueres grelhados corroborando com estudos de Piñero *et al.* (2008). Na cocção ocorre uma perda de peso que acontece, principalmente, devido à remoção da água do produto. Entretanto, os valores de colesterol na carne não mudam sensivelmente após o cozimento, pois pequenas quantidades são perdidas das membranas (LEWIS JR. *et al.*, 1993). Porém, segundo explicam Chizzolini *et al.* (1999), o método de cocção pode ter efeitos mais mensuráveis em produtos cárneos moídos, especialmente os ricos em gordura como hambúrgueres.

Os resultados encontrados indicam baixo teor de colesterol em todas as formulações, inclusive F1 (controle), por se trabalhar com carne bovina nobre e magra, um pré-requisito da reformulação pretendida. Assim, conforme a recomendação de colesterol de 300mg/dia (WHO, 2003; AMERICAN HEART ASSOCIATION, 2004), sendo a ingestão de 100g/dia de hambúrguer bovino cru adicionado de “*blends*” de óleo e/ou farinha e/ou semente de linhaça dourada há um consumo variando de 14,66 a 18,78mg/dia de colesterol o que corresponde a uma variação entre 4,89 e 6,26% da recomendação diária máxima.

Tabela 7 – Teores de colesterol dos hambúrgueres bovinos crus e grelhados adicionados de “*blends*” de semente, farinha e óleo de linhaça dourada (*Linum Usitatissimum* L.), no tempo zero

Formulação	Colesterol (mg/100g de produto)	
	Média±SD	EPM
Hambúrguer cru		
F1	19,69±0,39 ^a	0,27
F2	17,87±0,20 ^{ab}	0,11
F3	18,66±0,90 ^{ab}	0,52
F4	18,78±0,68 ^{ab}	0,39

F5	18,61±0,98 ^{ab}	0,57
F6	14,66±0,22 ^c	0,13
F7	17,01±0,61 ^b	0,43
F8	17,25±0,04 ^b	0,03
F9	17,18±0,64 ^b	0,37
Hambúrguer grelhado		
F1	24,78±0,83 ^a	0,59
F2	21,27±0,73 ^{bcd}	0,51
F3	22,33±0,92 ^{bc}	0,53
F4	24,84±0,30 ^a	0,21
F5	23,08±0,25 ^{ab}	0,18
F6	19,07±0,70 ^d	0,40
F7	20,42±0,60 ^{cd}	0,42
F8	20,31±0,26 ^{cd}	0,18
F9	21,46±0,22 ^{bc}	0,16

*Letras diferentes na coluna indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p<0,05$); EPM: Erro padrão da média; SD: Desvio padrão da média. F1 - Formulação controle; F2 - Formulação com 2,5% de óleo, 2,5% de farinha e 2,5% de semente de linhaça dourada; F3 - Formulação com 2,5% de óleo e 2,5% de semente de linhaça dourada; F4 - Formulação com 2,5% de farinha e 2,5% de semente de linhaça dourada; F5 - Formulação com 2,5% de óleo e 2,5% de farinha de linhaça dourada; F6 - Formulação com 5,0% de óleo, 5,0% de farinha e 5,0% de semente de linhaça dourada; F7 - Formulação com 5,0% de óleo e 5,0% de farinha de linhaça dourada; F8 - Formulação com 5,0% de farinha e 5,0% de semente de linhaça dourada; F9 - Formulação com 5,0% de óleo e 5,0% de semente de linhaça dourada.

3.4 Teores de TBARS dos hambúrgueres bovinos

Na Tabela 8 estão contidos os valores de TBARS para os hambúrgueres bovinos crus e grelhados adicionados de “*blends*” de óleo e/ou farinha e/ou semente de linhaça dourada (*Linum Usitatissimum* L.), nos dias 0, 30, 60 e 90 de armazenamento sob congelamento a -18°C.

A amostra crua F6 - 5,0% de óleo, 5,0% de farinha e 5,0% de semente de linhaça dourada (tempo zero) apresentou maior resultado de TBARS, seguida por F2 (2,5% de óleo, 2,5% de farinha e 2,5% de semente de linhaça dourada), sendo que F1 (controle) teve o menor teor ($p<0,05$). Como os produtos a base de linhaça dourada são ricos em PUFA's, este fato pode explicar porque a formulação F6 obteve maior oxidação lipídica, pois nela estão presentes todos os ingredientes derivados de linhaça e em maior quantidade que os outros tratamentos.

Durante o armazenamento, apenas F2 (2,5% de óleo, 2,5% de farinha e 2,5% de semente de linhaça dourada) e F6 (5,0% de óleo, 5,0% de farinha e 5,0% de semente de linhaça dourada) mantiveram-se oxidativamente estáveis. As demais formulações tiveram aumento no teor de TBARS conforme evolução do período de armazenamento, o que concorda com Mansour e Khalil (2000) na avaliação de hambúrgueres.

Avaliando-se os hambúrgueres grelhados (tempo zero), foram encontrados resultados semelhantes aos crus com maior TBARS nos produtos F6 - 5,0% de óleo, 5,0% de farinha e 5,0% de semente de linhaça dourada. Este fato indica uma maior oxidação lipídica, causada pelo enriquecimento em PUFA's, com destaque aos ácidos graxos ω -3 que são muito mais suscetíveis à peroxidação que o ácido linoleico (NOLAN *et al.*, 1995; PELSER *et al.*, 2007), e menor concentração de α -tocoferol no óleo de linhaça. Houve maior valor de TBARS nos produtos grelhados, pois o aquecimento acelera as reações oxidativas na carne (ASGHAR *et al.*, 1988; KINGSTON *et al.*, 1998), dados também verificados por Sáyago-Ayerdi *et al.* (2009).

A maioria das amostras grelhadas mostrou aumento no valor de malonaldeído durante os 90 dias de congelamento, com exceção de F1 (controle) e F2 (2,5% de óleo, 2,5% de farinha e 2,5% de semente de linhaça dourada) que não tiveram diferença significativa ($p>0,05$).

Destaca-se que maior oxidação lipídica foi verificada nos produtos conforme houve aumento no nível de ingredientes adicionados a base de linhaça dourada.

É possível verificar que, tanto nos hambúrgueres crus como nos grelhados, todos permaneceram com valores abaixo de 2,30mg/kg de TBARS, considerado o limite para rancidez e sabores anormais (CAMPO *et al.*, 2006), garantindo assim, a qualidade dos produtos.

Tabela 8 – Teores de TBARS para os hambúrgueres bovinos crus e grelhados adicionados de “*blends*” de óleo e/ou farinha e/ou semente de linhaça dourada (*Linum Usitatissimum* L.), nos dias 0, 30, 60 e 90 de armazenamento sob congelamento a -18°C

Formulação Hambúrguer cru	Dias de armazenamento							
	Dia 0		Dia 30		Dia 60		Dia 90	
	Média±SD	EPM	Média±SD	EPM	Média±SD	EPM	Média±SD	EPM
TBARs (mg/kg)								
F1	0,25±0,01 ^{gB}	0,01	0,26±0,01 ^{hB}	0,01	0,26±0,01 ^{dB}	0,01	0,39±0,01 ^{cA}	0,01
F2	0,88±0,01 ^{bA}	0,01	0,90±0,01 ^{bA}	0,01	0,88±0,01 ^{abA}	0,01	0,88±0,01 ^{bA}	0,01
F3	0,30±0,01 ^{fB}	0,01	0,30±0,00 ^{gB}	0,00	0,30±0,01 ^{dB}	0,01	0,38±0,01 ^{cA}	0,01
F4	0,41±0,01 ^{eC}	0,01	0,66±0,01 ^{eB}	0,01	0,64±0,01 ^{cB}	0,01	0,78±0,01 ^{cA}	0,01
F5	0,40±0,01 ^{eC}	0,01	0,62±0,00 ^{eB}	0,01	0,61±0,01 ^{cB}	0,01	0,78±0,01 ^{cA}	0,01
F6	0,94±0,01 ^{aA}	0,01	0,93±0,01 ^{aA}	0,01	0,93±0,01 ^{aA}	0,01	0,95±0,01 ^{aA}	0,01
F7	0,72±0,00 ^{cD}	0,00	0,74±0,01 ^{dC}	0,01	0,78±0,00 ^{bB}	0,01	0,87±0,00 ^{bA}	0,00
F8	0,62±0,01 ^{dC}	0,01	0,81±0,01 ^{cB}	0,01	0,83±0,01 ^{abAB}	0,01	0,86±0,01 ^{bA}	0,01
F9	0,42±0,01 ^{eB}	0,01	0,45±0,02 ^{fB}	0,01	0,57±0,09 ^{cB}	0,01	0,87±0,01 ^{bA}	0,01
Hambúrguer grelhado								
F1	0,56±0,03 ^{gA}	0,02	0,58±0,02 ^{eA}	0,01	0,57±0,01 ^{eA}	0,01	0,59±0,00 ^{gA}	0,00
F2	1,12±0,00 ^{bA}	0,00	1,11±0,03 ^{bA}	0,02	1,10±0,01 ^{bA}	0,01	1,11±0,01 ^{eA}	0,01
F3	0,63±0,01 ^{fC}	0,01	0,80±0,02 ^{dB}	0,01	0,92±0,03 ^{cB}	0,02	1,23±0,04 ^{dA}	0,03
F4	0,78±0,01 ^{dC}	0,01	0,92±0,02 ^{cB}	0,01	0,90±0,01 ^{cB}	0,01	0,99±0,01 ^{fA}	0,01
F5	0,70±0,01 ^{eC}	0,01	0,78±0,01 ^{dB}	0,01	0,75±0,01 ^{dB}	0,01	0,91±0,01 ^{fA}	0,01
F6	1,21±0,01 ^{aB}	0,01	1,22±0,01 ^{aB}	0,01	1,28±0,02 ^{aB}	0,01	1,80±0,03 ^{aA}	0,02
F7	1,08±0,01 ^{bB}	0,01	1,11±0,01 ^{bB}	0,01	1,11±0,01 ^{bB}	0,01	1,53±0,01 ^{bA}	0,01
F8	0,95±0,01 ^{cC}	0,01	0,98±0,02 ^{cC}	0,01	1,15±0,03 ^{bB}	0,02	1,49±0,03 ^{bA}	0,02
F9	0,93±0,01 ^{cC}	0,01	0,96±0,01 ^{cC}	0,01	1,08±0,01 ^{bB}	0,01	1,33±0,00 ^{cA}	0,00

*Letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p<0,05$); letras maiúsculas diferentes na linha indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p<0,05$); EPM: Erro padrão da média; SD: Desvio padrão da média. F1 - Formulação controle; F2 - Formulação com 2,5% de óleo, 2,5% de farinha e 2,5% de semente de linhaça dourada; F3 - Formulação com 2,5% de óleo e 2,5% de semente de linhaça dourada; F4 - Formulação com 2,5% de farinha e 2,5% de semente de linhaça dourada; F5 - Formulação com 2,5% de óleo e 2,5% de farinha de linhaça dourada; F6 - Formulação com 5,0% de óleo, 5,0% de farinha e 5,0% de semente de linhaça dourada; F7 - Formulação com 5,0% de óleo e 5,0% de farinha de linhaça dourada; F8 - Formulação com 5,0% de farinha e 5,0% de semente de linhaça dourada; F9 - Formulação com 5,0% de óleo e 5,0% de semente de linhaça dourada.

3.5 Avaliação do perfil de textura (TPA) e força de cisalhamento dos hambúrgueres bovinos

Na Tabela 9 é apresentado o perfil de textura dos hambúrgueres bovinos grelhados adicionados de “*blends*” de óleo e/ou farinha e/ou semente de linhaça dourada (*Linum Usitatissimum* L.), no tempo zero. Os parâmetros avaliados foram: dureza (N), fraturabilidade (N), elasticidade (cm), flexibilidade, coesividade e mastigabilidade (N).

Foram observados maiores valores na formulação controle (F1) ($p<0,05$) no atributo dureza. As amostras F6 (5,0% de óleo, 5,0% de farinha e 5,0% de semente de linhaça dourada) e F8 (5,0% de farinha e 5,0% de semente de linhaça dourada) apresentaram menor resultado, pois continham maior teor de farinha e semente como ingredientes, o que pode ter colaborado para maior maciez.

A adição dos derivados de linhaça dourada levaram a maior fraturabilidade ($p<0,05$), enquanto F1 (controle) teve o menor resultado. Isto se explica, uma vez que com a adição de farinha e semente como ingredientes, houve maior facilidade de quebra dos produtos, devido à presença dos grânulos da farinha e da semente.

As amostras F1 (controle) e F3 (2,5% de óleo e 2,5% de semente de linhaça dourada) apresentaram maior elasticidade, o que também foi observado por Ulu (2006) em almôndegas e Crehan *et al.* (2000) em salsichas tipo *Frankfurter*, ambas com redução de gordura. Devido à adição de maiores níveis de farinha e semente de linhaça, a amostra F8 (5,0% de farinha e 5,0% de semente de linhaça dourada) apresentou menor elasticidade ($p<0,05$) corroborando com resultados de Sariçoban *et al.* (2009) que avaliaram hambúrgueres adicionados de farelo de trigo (5%, 10% e 15%). Os produtos F1 e F3 tiveram maior flexibilidade.

As formulações F1 (controle), F3 (2,5% de óleo e 2,5% de semente de linhaça dourada) e F9 (5,0% de óleo e 5,0% de semente de linhaça dourada) tiveram maior coesividade, enquanto os demais tratamentos apresentaram menores resultados, devido à presença de partículas moídas da linhaça. A diminuição da coesividade de lingüiças suínas com adição de arroz silvestre também foi relatada por Rivera *et al.* (1996). Segundo Gregg *et al.* (1993), Barbut e Mittal (1995) e Hughes *et al.* (1998) o aumento da firmeza e coesividade, normalmente, estão associados com redução de gordura em produtos cárneos o que foi verificado na presente pesquisa.

Analisando-se a mastigabilidade, F1 (controle) apresentou maior resultado, seguido por F3 (2,5% de óleo e 2,5% de semente de linhaça dourada). As amostras com menores valores foram a F6 (5,0% de óleo, 5,0% de farinha e 5,0% de semente de linhaça dourada) e F8 (5,0% de farinha e 5,0% de semente de linhaça dourada), mostrando novamente, que a adição de maiores quantidades de linhaça dourada e derivados melhorou o perfil de textura dos hambúrgueres. Resultados semelhantes foram encontrados por Guerra *et al.* (1997) em salsicha de frango com a adição de 5% de óleo vegetal e, também, por Gujral *et al.* (2002) onde o aumento do teor de proteína texturizada de soja até 20% causou uma diminuição na mastigabilidade de hambúrgueres.

A força de cisalhamento dos hambúrgueres bovinos grelhados, no tempo zero, avaliada pela célula Warner-Bratzler, pode ser verificada na Tabela 10. A formulação controle (F1) apresentou maior resultado (13,150kgf), seguida das amostras F3 (2,5% de óleo e 2,5% de semente de linhaça dourada) e F9 (5,0% de óleo e 5,0% de semente de linhaça dourada) (9,840 e 10,130kgf, respectivamente). Os hambúrgueres com maior quantidade de farinha e semente de linhaça dourada, F6 (5,0% de óleo, 5,0% de farinha e 5,0% de semente de linhaça dourada) e F8 (5,0% de farinha e 5,0% de semente de linhaça dourada), apresentaram a menor força de cisalhamento (4,000 e 4,760kgf). Efeitos semelhantes foram relatados por Piñero *et al.* (2008)

avaliando hambúrgueres bovinos adicionados de fibra solúvel de aveia. Desmond *et al.* (1998a,b) e Troy *et al.* (1999) também relataram que a força necessária para comprimir hambúrgueres bovinos diminuiu com o aumento dos níveis de diferentes ligantes.

Apenas as formulações com 5,0% de óleo, 5,0% de farinha e 5,0% de semente de linhaça dourada (F6) e com 5,0% de farinha e 5,0% de semente de linhaça dourada (F8) (Tabela 10) podem ser consideradas na faixa de aceitação como “carne macia”, menor que 52,68N (SHACKELFORD *et al.*, 1991, 1997; MILLER *et al.*, 1995, 2001; BOLEMAN *et al.*, 1997; DESTEFANIS *et al.*, 2008).

Tabela 9 – Perfil de textura (TPA) de hambúrgueres bovinos grelhados adicionados de “blends” de óleo e/ou farinha e/ou semente de linhaça dourada (*Linum Usitatissimum* L.), no tempo zero

Perfil de textura/ Formulação	Dureza (N)	Fraturabilidade (N)	Elasticidade (cm)	Flexibilidade	Coesividade	Mastigabilidade (N)
F1						
Média±SD	159,82±1,25 ^a	0,03±0,00 ^b	0,81±0,01 ^a	0,29±0,01 ^a	0,69±0,03 ^a	84,92±1,94 ^a
EPM	1,85	0,00	0,01	0,00	0,01	0,85
F2						
Média±SD	69,91±2,68 ^c	0,08±0,00 ^a	0,73±0,03 ^c	0,17±0,01 ^c	0,46±0,02 ^{bc}	24,23±1,01 ^d
EPM	1,19	0,00	0,01	0,00	0,01	0,45
F3						
Média±SD	92,62±1,78 ^b	0,08±0,00 ^a	0,78±0,02 ^{ab}	0,28±0,01 ^{ab}	0,66±0,01 ^a	45,17±1,25 ^b
EPM	1,03	0,00	0,01	0,00	0,00	0,72
F4						
Média±SD	87,93±1,79 ^b	0,08±0,00 ^a	0,73±0,02 ^c	0,16±0,00 ^{cd}	0,40±0,00 ^d	23,05±0,66 ^d
EPM	0,80	0,00	0,01	0,00	0,00	0,38
F5						
Média±SD	95,91±1,05 ^b	0,08±0,00 ^a	0,72±0,03 ^c	0,18±0,01 ^c	0,49±0,00 ^b	24,45±0,70 ^{cd}
EPM	0,74	0,00	0,01	0,01	0,00	0,40
F6						
Média±SD	44,70±2,05 ^e	0,08±0,00 ^a	0,65±0,04 ^d	0,14±0,01 ^{de}	0,44±0,01 ^{cd}	13,54±0,26 ^e
EPM	1,03	0,00	0,03	0,00	0,01	0,18
F7						
Média±SD	62,11±1,85 ^d	0,08±0,00 ^a	0,72±0,01 ^c	0,17±0,00 ^c	0,43±0,01 ^{cd}	24,38±1,00 ^{cd}
EPM	1,07	0,00	0,00	0,00	0,01	0,71
F8						
Média±SD	53,53±1,75 ^{de}	0,08±0,00 ^a	0,42±0,02 ^e	0,13±0,00 ^e	0,40±0,02 ^d	14,66±0,14 ^e
EPM	1,24	0,00	0,01	0,00	0,01	0,10
F9						
Média±SD	93,37±3,84 ^b	0,08±0,00 ^a	0,74±0,02 ^{bc}	0,27±0,01 ^b	0,65±0,02 ^a	29,45±1,19 ^c
EPM	2,22	0,00	0,01	0,00	0,01	0,69

*Letras diferentes na coluna indicam diferença significativa pelo teste de Tukey (p<0,05); EPM: Erro padrão da média; SD: Desvio padrão da média. F1 - Formulação controle; F2 - Formulação com 2,5% de óleo, 2,5% de farinha e 2,5% de semente de linhaça dourada; F3 - Formulação com 2,5% de óleo e 2,5% de semente de linhaça dourada; F4 - Formulação com 2,5% de farinha e 2,5% de semente de linhaça dourada; F5 - Formulação com 2,5% de óleo e 2,5% de farinha de linhaça dourada; F6 - Formulação com 5,0% de óleo, 5,0% de farinha e 5,0% de semente de linhaça dourada; F7 - Formulação com 5,0% de óleo e 5,0% de farinha de linhaça dourada; F8 - Formulação com 5,0% de farinha e 5,0% de semente de linhaça dourada; F9 - Formulação com 5,0% de óleo e 5,0% de semente de linhaça dourada.

Tabela 10 – Força de cisalhamento (célula de Warner-Bratzler) dos hambúrgueres bovinos grelhados adicionados de “*blends*” de óleo e/ou farinha e/ou semente de linhaça dourada (*Linum Usitatissimum* L.), no tempo zero

Formulação	Força Warner-Bratzler		
	(kgf) Média±SD	(N) Média	EPM
F1	13,150±0,77 ^a	128,98	0,44
F2	7,120±0,31 ^{cd}	69,87	0,22
F3	9,840±0,34 ^b	96,56	0,15
F4	7,630±0,24 ^c	74,87	0,17
F5	6,310±0,30 ^d	61,85	0,17
F6	4,000±0,12 ^e	39,28	0,09
F7	6,430±0,09 ^{cd}	63,13	0,05
F8	4,760±0,14 ^e	46,64	0,14
F9	10,130±0,20 ^b	99,34	0,20

*Letras diferentes na coluna indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p<0,05$); EPM: Erro padrão da média; SD: Desvio padrão da média. F1 - Formulação controle; F2 - Formulação com 2,5% de óleo, 2,5% de farinha e 2,5% de semente de linhaça dourada; F3 - Formulação com 2,5% de óleo e 2,5% de semente de linhaça dourada; F4 - Formulação com 2,5% de farinha e 2,5% de semente de linhaça dourada; F5 - Formulação com 2,5% de óleo e 2,5% de farinha de linhaça dourada; F6 - Formulação com 5,0% de óleo, 5,0% de farinha e 5,0% de semente de linhaça dourada; F7 - Formulação com 5,0% de óleo e 5,0% de farinha de linhaça dourada; F8 - Formulação com 5,0% de farinha e 5,0% de semente de linhaça dourada; F9 - Formulação com 5,0% de óleo e 5,0% de semente de linhaça dourada.

3.6 Avaliação de rendimento na cocção e % de encolhimento dos hambúrgueres bovinos

A Tabela 11 informa o rendimento na cocção e % encolhimento para os hambúrgueres bovinos grelhados adicionados de “*blends*” de óleo e/ou farinha e/ou semente de linhaça dourada (*Linum Usitatissimum* L.), nos dias 0, 30, 60 e 90 de armazenamento sob congelamento a -18°C.

No tempo zero, as amostras F6 (5,0% de óleo, 5,0% de farinha e 5,0% de semente de linhaça dourada) e F8 (5,0% de farinha e 5,0% de semente de linhaça dourada) apresentaram maior rendimento, enquanto a formulação controle (F1) mostrou o menor resultado ($p<0,05$). Estes dados estão de acordo com Gujral *et al.* (2002) que avaliaram a adição de vários níveis de proteína texturizada de soja em hambúrgueres. A proteína de soja reteve a umidade do produto, levando a redução na perda por cozimento e

aumento do rendimento, o que pode estendido à linhaça dourada (SUMAN e SHARMA, 2003; BILEK e TURHAN, 2009).

Assim, conforme explica Serdaroglu e Degirmencioglu (2004), deve-se manter a umidade e a gordura dentro da matriz dos produtos cárneos durante o processamento, para garantir a qualidade e aceitabilidade sensorial. Estes resultados também foram verificados nos estudos de Turhan *et al.* (2005), em hambúrgueres bovinos com película de avelã, Turhan *et al.* (2007) que formularam hambúrgueres com okara úmida e Jeong *et al.* (2007) em hambúrgueres suínos adicionados com diferentes níveis de gordura.

Durante o armazenamento por 90 dias, F1 (controle) não mostrou modificações no rendimento, enquanto as demais amostras apresentaram uma diminuição durante o período de avaliação com destaque para F6 (5,0% de óleo, 5,0% de farinha e 5,0% de semente de linhaça dourada) e F8 (5,0% de farinha e 5,0% de semente de linhaça dourada). Segundo Gujral *et al.* (2002), a perda na cocção e, conseqüentemente, a redução no rendimento ocorre naturalmente durante o processo de cozimento devido à evaporação da umidade e à perda de gordura por causa da fusão.

No dia 0, F1 (controle) mostrou maior % de encolhimento, seguida por F2 (2,5% de óleo, 2,5% de farinha e 2,5% de semente de linhaça dourada) e F4 (2,5% de farinha e 2,5% de semente de linhaça dourada). Corroborando com avaliações de Campagnol *et al.* (2006) onde o menor teor de gordura foi correlacionado com maior encolhimento em hambúrgueres. Verificou-se em geral que, conforme houve aumento nos níveis de adição de linhaça e derivados houve menor % de encolhimento nos produtos.

Durante o armazenamento por 90 dias, houve aumento na % de encolhimento dos produtos com destaque para F3 (2,5% de óleo e 2,5% de semente de linhaça dourada), F5 (2,5% de óleo e 2,5% de farinha de linhaça dourada) e F9 (5,0% de óleo e 5,0% de semente de linhaça dourada).

Tabela 11 – Rendimento na cocção e % encolhimento para os hambúrgueres bovinos grelhados adicionados de “blends” de óleo e/ou farinha e/ou semente de linhaça dourada (*Linum Usitatissimum* L.), nos dias 0, 30, 60 e 90 de armazenamento sob congelamento a -18°C

Formulação	Dias de armazenamento							
	0		30		60		90	
	Média±SD	EPM	Média±SD	EPM	Média±SD	EPM	Média±SD	EPM
Rendimento na cocção (%)								
F1	69,71±0,19 ^{fA}	0,13	64,72±2,50 ^{fA}	1,25	66,72±0,08 ^{eA}	0,06	64,19±1,89 ^{eA}	1,33
F2	81,74±0,53 ^{CA}	0,31	75,74±0,88 ^{dB}	0,51	75,75±0,08 ^{cdB}	0,60	75,52±0,16 ^{dB}	0,11
F3	79,03±0,93 ^{dA}	0,46	69,16±1,13 ^{eB}	0,80	66,51±0,05 ^{eB}	0,03	66,40±0,02 ^{eB}	0,01
F4	76,80±0,84 ^{EA}	0,60	69,21±0,49 ^{eB}	0,28	72,84±0,19 ^{dB}	0,13	70,78±1,26 ^{eB}	0,89
F5	88,50±0,40 ^{BA}	0,28	75,55±0,71 ^{dB}	0,40	75,92±1,59 ^{cdB}	0,80	75,83±1,05 ^{cdB}	0,74
F6	89,45±0,29 ^{AA}	0,17	83,80±0,18 ^{abB}	0,13	81,27±0,06 ^{aC}	0,04	81,18±0,03 ^{abC}	0,02
F7	87,75±0,74 ^{BA}	0,43	81,27±0,95 ^{bcB}	0,67	80,12±0,95 ^{abB}	0,68	79,27±0,18 ^{bcB}	0,13
F8	90,90±0,54 ^{AA}	0,31	87,02±0,09 ^{aB}	0,07	83,70±0,34 ^{aC}	0,24	83,02±0,06 ^{aC}	0,04
F9	82,59±0,76 ^{CA}	0,54	77,57±0,76 ^{cdB}	0,54	76,61±0,98 ^{bcB}	0,70	74,26±0,78 ^{dB}	0,55
% encolhimento								
F1	14,29±0,23 ^{aB}	0,17	20,26±0,52 ^{aA}	0,26	20,24±0,06 ^{aA}	0,04	20,65±0,48 ^{aA}	0,28
F2	12,24±0,57 ^{bB}	0,33	15,40±0,56 ^{bA}	0,40	15,50±0,71 ^{bA}	0,50	15,92±0,11 ^{bA}	0,08
F3	10,20±0,15 ^{cC}	0,10	10,53±0,00 ^{dC}	0,00	12,31±0,44 ^{cB}	0,31	15,92±0,33 ^{bA}	0,23
F4	11,77±0,27 ^{bB}	0,19	15,26±0,46 ^{bA}	0,26	15,66±0,27 ^{bA}	0,20	16,00±0,23 ^{bA}	0,16
F5	9,00±0,23 ^{cdC}	0,08	15,00±0,00 ^{bB}	0,00	15,86±0,59 ^{bAB}	0,34	16,12±0,18 ^{bA}	0,12
F6	8,00±0,11 ^{dB}	0,09	10,18±0,31 ^{dA}	0,18	10,20±0,15 ^{CA}	0,10	10,64±0,63 ^{CA}	0,44
F7	9,50±0,71 ^{cdB}	0,50	10,15±0,35 ^{dA}	0,25	10,12±0,18 ^{CA}	0,12	10,03±0,21 ^{CA}	0,86
F8	10,00±0,41 ^{cB}	0,15	10,11±0,16 ^{dB}	0,11	10,21±0,30 ^{cB}	0,21	10,93±0,06 ^{CA}	0,04
F9	10,12±0,58 ^{cC}	0,41	13,54±0,20 ^{cB}	0,14	15,83±0,06 ^{bA}	0,04	16,41±0,36 ^{bA}	0,26

*Letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença significativa pelo teste de Tukey (p<0,05); letras maiúsculas diferentes na linha indicam diferença significativa pelo teste de Tukey (p<0,05); EPM: Erro padrão da média; SD: Desvio padrão da média. F1 - Formulação controle; F2 - Formulação com 2,5% de óleo, 2,5% de farinha e 2,5% de semente de linhaça dourada; F3 - Formulação com 2,5% de óleo e 2,5% de semente de linhaça dourada; F4 - Formulação com 2,5% de farinha e 2,5% de semente de linhaça dourada; F5 - Formulação com 2,5% de óleo e 2,5% de farinha de linhaça dourada; F6 - Formulação com 5,0% de óleo, 5,0% de farinha e 5,0% de semente de linhaça dourada; F7 - Formulação com 5,0% de óleo e 5,0% de farinha de linhaça dourada; F8 - Formulação com 5,0% de farinha e 5,0% de semente de linhaça dourada; F9 - Formulação com 5,0% de óleo e 5,0% de semente de linhaça dourada.

3.7 Avaliação de % de retenção de umidade e gordura dos hambúrgueres bovinos

A % de retenção de umidade e gordura dos hambúrgueres bovinos grelhados adicionados de “*blends*” de óleo e/ou farinha e/ou semente de linhaça dourada (*Linum Usitatissimum* L.), nos dias 0, 30, 60 e 90 de armazenamento sob congelamento a -18°C, está apresentada na Tabela 12.

No dia 0, F8 (5,0% de farinha e semente de linhaça dourada) mostrou a maior porcentagem de retenção de umidade, seguida por F5 (2,5% de óleo e 2,5% de farinha de linhaça dourada), enquanto a formulação controle (F1) teve o menor resultado ($p < 0,05$). Efeitos semelhantes foram relatados por Saleh e Ahmedb (1998) e Veliloglu *et al.* (2010) com hambúrgueres adicionados de farinha de soja texturizada e Monego (2009) que utilizou goma de linhaça em hambúrgueres de carne bovina. Conforme relatam Gujral *et al.* (2002), a adição de ingredientes não cárneos, como a proteína de soja e a linhaça, parece manter satisfatoriamente a água retida na matriz cárnea, resultando em maior firmeza na textura de hambúrgueres, devido à alta capacidade de absorção de água.

Sabe-se que a perda de umidade afeta diretamente a aparência e textura dos hambúrgueres. Em vários trabalhos, a suculência foi considerada um importante atributo sensorial e isso afetou os índices de qualidade do produto (YILMAZ, 2005; SERDAROGLU, 2006). Assim, verificou-se que com a adição da linhaça dourada foi possível manter maior quantidade de água retida no interior das amostras, melhorando a suculência e conseqüentemente a qualidade.

Durante o período de armazenamento, houve redução na retenção de umidade nos hambúrgueres com destaque para as amostras com 5,0% de óleo, 5,0% de farinha e 5,0% de semente de linhaça dourada (F6) e com 5,0% de farinha e 5,0% de semente de linhaça dourada (F8). Observa-se que ambas as formulações apresentam os maiores teores de semente de linhaça que não

contribui para capacidade de retenção de água. Como o processo de congelamento dos hambúrgueres ocorreu pelo método lento, é possível que durante o armazenamento ocorra um aumento dos cristais de gelo e, nessas formulações com maiores teores de semente, a água será mais facilmente perdida da matriz do produto reestruturado.

A análise dos dados referentes à % de retenção de gordura (tempo zero) mostrou que F5 (2,5% de óleo e 2,5% de farinha de linhaça dourada), F6 (5,0% de óleo, 5,0% de farinha e 5,0% de semente de linhaça dourada), F7 (5,0% de óleo e 5,0% de farinha de linhaça dourada) e F8 (5,0% de farinha e 5,0% de semente de linhaça dourada) foram as amostras com valores mais elevados, tendo o tratamento controle (F1) o menor valor ($p < 0,05$). Resultados semelhantes foram verificados por Chen *et al.* (2007) e Monego (2009) que sugerem que a adição de goma de linhaça, em sistema cárneo, promove uma matriz estruturada e altamente interconectada entre a proteína da carne e a goma, formando assim pequenos poros que permitem o aumento da retenção de umidade e gordura, reduzindo sua perda durante o cozimento e aumentando a estabilidade da emulsão (THEBAUDIN *et al.*, 1997; COFRADES *et al.*, 2000; JIMÉNEZ-COLMENERO *et al.*, 2005).

Após 90 dias de armazenamento, todos os tratamentos demonstraram menor retenção de gordura sendo mais acentuado em F6 (5,0% de óleo, 5,0% de farinha e 5,0% de semente de linhaça dourada).

De forma geral, os produtos com adição de linhaça e derivados conseguiram reter maior teor de umidade e gordura quando comparados ao controle. Segundo López-López *et al.* (2009) a capacidade de retenção de água está intimamente relacionada com a composição do polissacarídeo das frações de fibra alimentar e, portanto, o processo de gelificação vai depender do tipo e quantidade de seus polissacarídeos. Assim, a linhaça dourada, mostrou-se adequada para estes processos, podendo ser utilizada para melhorar a retenção de água e gordura em hambúrgueres bovinos.

Tabela 12 – % de retenção de umidade e gordura dos hambúrgueres bovinos grelhados adicionados de “blends” de óleo e/ou farinha e/ou semente de linhaça dourada (*Linum Usitatissimum* L.), nos dias 0, 30, 60 e 90 de armazenamento sob congelamento a -18°C

Formulação	Dias de armazenamento							
	0		30		60		90	
	Média±SD	EPM	Média±SD	EPM	Média±SD	EPM	Média±SD	EPM
% de retenção de umidade								
F1	47,82±0,13 ^{eA}	0,09	44,39±1,72 ^{cB}	0,86	44,76±0,06 ^{cdB}	0,04	44,02±1,29 ^{bcB}	0,92
F2	49,20±0,32 ^{dA}	0,16	45,59±0,53 ^{cB}	0,30	45,59±0,51 ^{cB}	0,36	45,46±0,09 ^{bB}	0,07
F3	51,01±0,60 ^{cA}	0,30	44,64±0,73 ^{cB}	0,52	42,93±0,03 ^{dB}	0,02	42,85±0,01 ^{cB}	0,01
F4	49,27±0,54 ^{dA}	0,38	44,41±0,31 ^{cB}	0,18	46,74±0,12 ^{cB}	0,09	45,41±0,80 ^{bB}	0,57
F5	53,40±0,26 ^{bA}	0,18	49,60±0,46 ^{bB}	0,27	49,94±1,04 ^{bB}	0,52	49,78±0,69 ^{aB}	0,49
F6	49,33±0,16 ^{dA}	0,09	46,22±0,10 ^{cB}	0,07	44,82±0,03 ^{cdC}	0,02	44,77±0,02 ^{bcC}	0,01
F7	49,91±0,42 ^{cdA}	0,24	46,23±0,54 ^{cB}	0,38	45,58±0,54 ^{cB}	0,38	45,09±0,10 ^{bcB}	0,07
F8	56,37±0,33 ^{aA}	0,19	53,96±0,06 ^{aB}	0,04	51,90±0,21 ^{aC}	0,15	51,48±0,03 ^{aC}	0,02
F9	50,13±0,46 ^{cdA}	0,33	47,09±0,46 ^{bcB}	0,33	46,50±0,60 ^{cB}	0,42	45,08±0,47 ^{bcB}	0,33
% de retenção de gordura								
F1	79,50±0,22 ^{eA}	0,15	73,80±2,85 ^{cB}	1,43	73,93±0,01 ^{dB}	0,01	73,19±2,15 ^{cB}	1,52
F2	90,42±0,59 ^{bA}	0,34	83,78±0,97 ^{bB}	0,56	83,79±0,94 ^{bB}	0,66	83,61±0,06 ^{bB}	0,04
F3	87,61±1,03 ^{cA}	0,51	76,67±1,25 ^{cB}	0,88	73,73±0,05 ^{dB}	0,03	73,62±0,01 ^{cB}	0,01
F4	82,50±0,90 ^{dA}	0,63	74,35±0,53 ^{cB}	0,30	78,26±0,21 ^{cB}	0,15	76,03±1,36 ^{cB}	0,96
F5	97,37±0,43 ^{aA}	0,30	83,11±0,78 ^{bB}	0,45	83,53±1,75 ^{bB}	0,88	83,43±1,15 ^{bB}	0,82
F6	98,35±0,16 ^{aA}	0,09	97,04±0,22 ^{aB}	0,15	94,07±0,01 ^{aC}	0,01	94,02±0,01 ^{aC}	0,01
F7	98,81±0,10 ^{aA}	0,06	98,39±1,15 ^{aAB}	0,81	97,01±1,15 ^{aAB}	0,82	95,96±0,22 ^{aB}	0,16
F8	98,25±0,10 ^{aA}	0,05	99,72±0,03 ^{aA}	0,02	95,96±0,39 ^{aB}	0,27	95,22±0,01 ^{aB}	0,01
F9	91,84±0,85 ^{bA}	0,60	86,27±0,85 ^{bB}	0,60	85,20±1,10 ^{bB}	0,78	82,58±0,87 ^{bB}	0,61

*Letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença significativa pelo teste de Tukey (p<0,05); letras maiúsculas diferentes na linha indicam diferença significativa pelo teste de Tukey (p<0,05); EPM: Erro padrão da média; SD: Desvio padrão da média. F1 - Formulação controle; F2 - Formulação com 2,5% de óleo, 2,5% de farinha e 2,5% de semente de linhaça dourada; F3 - Formulação com 2,5% de óleo e 2,5% de semente de linhaça dourada; F4 - Formulação com 2,5% de farinha e 2,5% de semente de linhaça dourada; F5 - Formulação com 2,5% de óleo e 2,5% de farinha de linhaça dourada; F6 - Formulação com 5,0% de óleo, 5,0% de farinha e 5,0% de semente de linhaça dourada; F7 - Formulação com 5,0% de óleo e 5,0% de farinha de linhaça dourada; F8 - Formulação com 5,0% de farinha e 5,0% de semente de linhaça dourada; F9 - Formulação com 5,0% de óleo e 5,0% de semente de linhaça dourada.

3.8 Parâmetros de cor objetiva dos hambúrgueres bovinos

A Tabela 13 informa os resultados para cor objetiva L^* , a^* e b^* dos hambúrgueres bovinos crus e grelhados adicionados de “*blends*” de óleo e/ou farinha e/ou semente de linhaça dourada (*Linum Usitatissimum* L.), nos dias 0, 30, 60 e 90 de armazenamento sob congelamento a -18°C .

Nos hambúrgueres crus (tempo zero), F5 (2,5% de óleo e 2,5% de farinha de linhaça dourada), F6 (5,0% de óleo, 5,0% de farinha e 5,0% de semente de linhaça dourada) e F7 (5,0% de óleo e 5,0% de farinha de linhaça dourada) mostraram-se mais claros, e F2 (2,5% de óleo, 2,5% de farinha e 2,5% de semente de linhaça dourada), F8 (5,0% de farinha e 5,0% de semente de linhaça dourada) e F9 (5,0% de óleo e 5,0% de semente de linhaça dourada) mais escuros ($p < 0,05$). Em geral, as formulações adicionadas de linhaça dourada tiveram diminuições de luminosidade durante o armazenamento por 90 dias, com destaque para F5, F8 e F9 que apresentaram resultados inferiores após 60 dias de armazenamento. O teor de vermelho foi maior no tratamento controle (F1), seguido por F3 (2,5% de óleo e 2,5% de semente de linhaça dourada), enquanto F5, F6 e F7 mostraram menor resultado. A cor amarela foi superior em F8 e F9, com menores teores em F1, F2, F3, F5. A maioria dos tratamentos mostraram diminuições no teor de b^* no período de 90 dias, com exceção de F5 e F7 sem diferença estatística ($p > 0,05$).

Corroborando com os resultados acima, Pelser *et al.* (2007) analisando salames fermentados com adição de óleo de linhaça, também verificaram maior teor de amarelo nas amostras com óleo de linhaça do que nas controle, isto ocorreu devido à aparência amarela dos óleos adicionados. Dreeling *et al.* (2002) e Jeong *et al.* (2007) relataram que o teor de gordura adicional em hambúrgueres resultou em maior L^* e b^* . Troutt *et al.* (1992) também encontraram que os produtos com menor teor de gordura foram ligeiramente mais escuros. Valencia *et al.* (2008) que analisaram lingüiças suínas frescas

com adição de óleo de linhaça, também constatarem valores maiores de a^* e diminuição de b^* nas amostras controle.

Conforme verificou-se na Tabela 13, houve diminuição da cor a^* em todos os produtos crus, durante o armazenamento, mais acelerada principalmente nos tratamentos F2 (2,5% de óleo, 2,5% de farinha e 2,5% de semente de linhaça dourada), F3 (2,5% de óleo e 2,5% de semente de linhaça dourada), F6 (5,0% de óleo, 5,0% de farinha e 5,0% de semente de linhaça dourada) e F9 (5,0% de óleo e 5,0% de semente de linhaça dourada). Isso mostra que a oxidação pode ter contribuído para a modificação da cor nos produtos. Uma explicação para a diminuição no teor de a^* é que os flavonóides polifenólicos presentes na linhaça podem reagir ou se ligar as proteínas (KROLL e RAWEL, 2001; ARTS *et al.*, 2002), por exemplo a oximioglobina, formando isômeros individuais pró-oxidantes ativos, decorrendo na oxidação de metamioglobina (O'GRADY *et al.*, 2005) resultando em um menor teor de vermelho.

Analisando-se os produtos grelhados, no dia zero, observou-se que F4 (2,5% de farinha e 2,5% de semente de linhaça dourada) teve a maior luminosidade, seguida por F6 (5,0% de óleo, 5,0% de farinha e 5,0% de semente de linhaça dourada) e F7 (5,0% de óleo e 5,0% de farinha de linhaça dourada), porém F2 (2,5% de óleo, 2,5% de farinha e 2,5% de semente de linhaça dourada) foi a mais escura ($p < 0,05$). Em geral, todas as formulações com adição de linhaça tiveram diminuição no teor de L^* durante o prazo de 90 dias, com exceção de F2 e F5 (2,5% de óleo e 2,5% de farinha de linhaça dourada), que não mostraram diferença significativa. O teor de vermelho foi superior em F1 (controle), F2 e F9 (5,0% de óleo e 5,0% de semente de linhaça dourada), sendo menor em F4. No período de tempo de 90 dias de congelamento, F2, F3 (2,5% de óleo e 2,5% de semente de linhaça dourada), F6 e F7 não foram estatisticamente diferentes, enquanto as demais apresentaram valores de a^* mais baixos. A amostra F8 (5,0% de farinha e 5,0% de semente de linhaça dourada) foi superior na cor amarela, sendo que a

formulação controle mostrou o menor teor de b^* . Durante o armazenamento, apenas F2, F5, F8 e F9 apresentaram menores resultados de b^* , sem alterações nas demais.

No entanto, avaliando-se de forma geral, os hambúrgueres crus e grelhados podem ser considerados de cor clara, pois todos os valores de L^* foram maiores que 50%, com tom de amarelo (b^*) e sub-tom de vermelho (a^*).

Tabela 13 – Parâmetros de cor objetiva L*, a* e b* dos hambúrgueres bovinos crus e grelhados adicionados de “blends” de óleo e/ou farinha e/ou semente de linhaça dourada (*Linum Usitatissimum* L.), nos dias 0, 30, 60 e 90 de armazenamento sob congelamento a -18°C

Formulação	Dias de armazenamento							
	0		30		60		90	
Hambúrguer cru	Média±SD	EPM	Média±SD	EPM	Média±SD	EPM	Média±SD	EPM
Cor L*								
F1	57,01±0,28 ^{bA}	0,16	57,16±0,23 ^{cA}	0,92	56,84±0,34 ^{cA}	0,29	56,94±0,23 ^{cA}	0,13
F2	55,61±0,34 ^{bcA}	0,14	55,58±0,81 ^{cdA}	0,36	55,80±1,28 ^{cA}	0,45	49,83±0,67 ^{fB}	0,14
F3	56,35±1,63 ^{bA}	0,36	55,28±1,33 ^{deA}	0,66	55,35±0,05 ^{cdA}	0,03	51,24±0,39 ^{eB}	0,11
F4	56,65±1,26 ^{bA}	0,26	56,59±0,34 ^{cdA}	0,11	56,43±1,14 ^{cA}	0,28	53,31±1,82 ^{dB}	0,52
F5	62,48±1,42 ^{aA}	0,30	60,00±0,73 ^{bB}	0,16	59,05±0,72 ^{bC}	0,16	59,10±0,82 ^{bC}	0,18
F6	62,46±1,70 ^{aA}	0,38	60,59±0,93 ^{bB}	0,33	60,61±0,67 ^{abB}	0,33	59,50±1,55 ^{bB}	0,36
F7	63,94±1,00 ^{aA}	0,21	62,14±0,51 ^{aB}	0,18	62,22±0,59 ^{aB}	0,14	61,85±1,56 ^{aB}	0,45
F8	55,45±1,51 ^{bcA}	0,39	53,92±0,61 ^{eB}	0,14	51,74±1,32 ^{eC}	0,30	51,60±1,53 ^{eC}	0,34
F9	54,82±0,62 ^{cA}	0,12	53,96±1,00 ^{eB}	0,21	52,38±1,51 ^{eC}	0,30	52,37±0,41 ^{eC}	0,24
Cor a*								
F1	19,22±0,51 ^{aA}	0,12	7,85±0,32 ^{dB}	0,07	7,82±0,14 ^{cdB}	0,08	7,99±0,10 ^{dB}	0,03
F2	11,93±0,61 ^{eA}	0,23	7,15±0,17 ^{eB}	0,03	5,40±0,26 ^{fC}	0,05	5,39±0,33 ^{fC}	0,19
F3	16,10±0,59 ^{bA}	0,15	7,93±0,31 ^{dB}	0,11	5,54±0,24 ^{fC}	0,06	5,22±0,20 ^{fC}	0,11
F4	14,93±0,53 ^{cA}	0,12	6,93±0,23 ^{efB}	0,12	7,38±0,19 ^{deB}	0,10	7,36±0,31 ^{dB}	0,18
F5	10,72±0,43 ^{fA}	0,10	8,52±0,38 ^{cB}	0,08	9,09±0,78 ^{bB}	0,45	8,93±0,24 ^{bB}	0,14
F6	10,29±0,44 ^{fA}	0,12	8,73±0,24 ^{cB}	0,05	7,71±0,28 ^{cdC}	0,06	7,50±0,34 ^{dC}	0,20
F7	9,88±0,29 ^{fA}	0,07	9,43±0,09 ^{bB}	0,05	8,16±0,18 ^{cB}	0,09	8,18±0,07 ^{cB}	0,04
F8	13,87±0,55 ^{dA}	0,17	12,05±0,29 ^{aB}	0,17	12,04±0,10 ^{aB}	0,06	12,10±0,20 ^{aB}	0,10
F9	13,95±0,66 ^{dA}	0,17	8,93±0,09 ^{bcB}	0,05	8,85±0,24 ^{bB}	0,14	7,39±0,33 ^{dC}	0,10
Cor b*								
F1	19,94±0,90 ^{cA}	0,21	16,32±0,21 ^{gB}	0,06	16,54±0,40 ^{hB}	0,23	15,89±0,63 ^{hB}	0,15

F2	19,25±0,64 ^{CA}	0,18	18,73±0,83 ^{efA}	0,37	19,18±0,29 ^{cdA}	0,12	19,31±0,05 ^{cdB}	0,03
F3	19,92±0,71 ^{CA}	0,24	19,68±0,91 ^{deA}	0,27	19,84±0,76 ^{CA}	0,17	18,67±0,82 ^{deB}	0,20
F4	21,49±0,90 ^{bA}	0,22	17,44±0,26 ^{fB}	0,12	17,55±0,16 ^{efB}	0,09	17,54±0,20 ^{eB}	0,12
F5	19,15±0,39 ^{CA}	0,10	18,58±0,60 ^{efA}	0,34	18,62±0,70 ^{deA}	0,15	18,48±0,66 ^{deA}	0,38
F6	21,24±0,71 ^{bA}	0,17	20,97±0,97 ^{cdA}	0,56	20,20±0,81 ^{bcB}	0,41	19,96±0,38 ^{bcB}	0,22
F7	21,47±0,40 ^{bA}	0,23	21,22±0,34 ^{CA}	0,11	21,18±0,42 ^{bA}	0,13	21,23±0,78 ^{abA}	0,39
F8	23,28±0,41 ^{aA}	0,24	22,73±0,03 ^{aA}	0,02	22,78±0,94 ^{aA}	0,23	21,87±0,69 ^{aB}	0,40
F9	23,11±0,76 ^{aA}	0,15	22,14±0,73 ^{abB}	0,17	22,37±0,56 ^{aB}	0,13	19,76±0,59 ^{cC}	0,16

Hambúguer grelhado

Cor L*

F1	56,51±0,46 ^{cdA}	0,23	55,82±0,31 ^{aA}	0,11	55,43±0,07 ^{aA}	0,03	55,24±0,25 ^{aA}	0,25
F2	52,45±0,49 ^{fA}	0,13	52,24±1,00 ^{bA}	0,21	52,37±0,04 ^{CA}	0,02	52,33±0,32 ^{bcA}	0,32
F3	57,90±0,74 ^{bcA}	0,15	52,82±1,80 ^{bB}	0,37	52,61±0,67 ^{cB}	0,38	52,28±0,11 ^{bcB}	0,11
F4	61,28±0,40 ^{aA}	0,13	54,62±0,12 ^{aB}	0,05	52,90±0,55 ^{cC}	0,13	52,99±1,53 ^{bC}	1,53
F5	55,16±1,63 ^{deA}	0,54	55,18±0,11 ^{aA}	0,05	55,06±0,19 ^{abA}	0,11	55,06±0,62 ^{aA}	0,63
F6	58,07±0,19 ^{bA}	0,23	54,54±1,44 ^{aB}	0,29	54,69±0,56 ^{bB}	0,12	53,57±0,03 ^{abB}	0,03
F7	58,68±0,44 ^{bA}	0,17	55,37±0,21 ^{aB}	0,09	55,51±0,47 ^{aB}	0,21	53,46±0,27 ^{abC}	0,27
F8	55,35±0,64 ^{deA}	0,32	52,25±0,09 ^{bB}	0,04	52,37±0,27 ^{cB}	0,15	49,88±0,14 ^{cdC}	0,14
F9	54,41±0,14 ^{eA}	0,04	53,40±0,42 ^{abB}	0,24	53,20±0,16 ^{cB}	0,06	53,20±0,08 ^{abB}	0,08

Cor a*

F1	6,85±0,07 ^{aA}	0,03	6,09±0,05 ^{bB}	0,02	6,01±0,16 ^{bB}	0,09	6,10±0,12 ^{bB}	0,06
F2	6,74±0,10 ^{aA}	0,03	7,21±0,53 ^{aA}	0,12	6,29±0,08 ^{bA}	0,03	6,35±0,14 ^{aA}	0,08
F3	5,23±0,06 ^{dA}	0,03	5,27±0,19 ^{CA}	0,10	5,19±0,06 ^{CA}	0,04	5,21±0,21 ^{CA}	0,12
F4	4,57±0,06 ^{eA}	0,02	4,40±0,16 ^{cAB}	0,10	4,36±0,15 ^{dB}	0,09	4,25±0,15 ^{dB}	0,09
F5	6,46±0,11 ^{bA}	0,04	6,37±0,41 ^{bA}	0,21	5,57±0,22 ^{cB}	0,11	5,40±0,19 ^{cB}	0,11
F6	6,24±0,11 ^{CA}	0,04	6,36±0,06 ^{bA}	0,03	6,22±0,15 ^{bA}	0,04	6,22±0,27 ^{abA}	0,16
F7	6,38±0,07 ^{bcA}	0,03	6,42±0,26 ^{bA}	0,13	6,40±0,28 ^{abA}	0,14	6,23±0,10 ^{abA}	0,06
F8	6,48±0,02 ^{bA}	0,01	6,39±0,16 ^{bA}	0,09	5,56±0,04 ^{cB}	0,01	5,32±0,20 ^{cC}	0,11
F9	6,84±0,16 ^{aA}	0,06	6,74±0,19 ^{abAB}	0,11	6,69±0,32 ^{aAB}	0,18	6,36±0,25 ^{aB}	0,14

Cor b*								
F1	14,65±0,19 ^{gA}	0,07	14,70±0,44 ^{eA}	0,18	15,01±0,06 ^{eA}	0,02	14,78±0,34 ^{dA}	0,10
F2	17,65±0,49 ^{dA}	0,10	17,17±0,82 ^{cA}	0,26	17,25±0,05 ^{bA}	0,03	15,50±0,30 ^{cB}	0,08
F3	15,34±0,40 ^{fA}	0,13	15,18±0,53 ^{eA}	0,13	15,20±0,49 ^{dA}	0,24	15,22±0,11 ^{cA}	0,06
F4	15,60±0,28 ^{fA}	0,11	15,59±0,43 ^{deA}	0,17	15,64±0,25 ^{cdA}	0,14	15,22±0,22 ^{cA}	0,13
F5	17,90±0,40 ^{cdA}	0,08	16,16±0,56 ^{dB}	0,10	16,10±0,68 ^{cB}	0,14	16,19±0,32 ^{cB}	0,19
F6	18,37±0,37 ^{bA}	0,13	18,01±0,30 ^{bA}	0,06	18,10±0,50 ^{abA}	0,25	18,02±0,18 ^{abA}	0,10
F7	18,27±0,19 ^{bcA}	0,08	18,16±0,11 ^{abA}	0,06	18,26±0,26 ^{abA}	0,15	18,33±0,88 ^{abA}	0,44
F8	19,47±0,11 ^{aA}	0,04	18,85±0,21 ^{aB}	0,05	18,80±0,23 ^{aB}	0,09	18,67±0,41 ^{aB}	0,24
F9	18,53±0,11 ^{bA}	0,04	18,39±0,31 ^{abA}	0,10	18,37±0,26 ^{aA}	0,08	17,72±0,27 ^{bB}	0,10

*Letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p<0,05$); letras maiúsculas diferentes na linha indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p<0,05$); EPM: Erro padrão da média; SD: Desvio padrão da média.

F1 - Formulação controle;

F2 - Formulação com 2,5% de óleo, 2,5% de farinha e 2,5% de semente de linhaça dourada;

F3 - Formulação com 2,5% de óleo e 2,5% de semente de linhaça dourada;

F4 - Formulação com 2,5% de farinha e 2,5% de semente de linhaça dourada;

F5 - Formulação com 2,5% de óleo e 2,5% de farinha de linhaça dourada;

F6 - Formulação com 5,0% de óleo, 5,0% de farinha e 5,0% de semente de linhaça dourada;

F7 - Formulação com 5,0% de óleo e 5,0% de farinha de linhaça dourada;

F8 - Formulação com 5,0% de farinha e 5,0% de semente de linhaça dourada;

F9 - Formulação com 5,0% de óleo e 5,0% de semente de linhaça dourada.

3.9 Avaliação sensorial dos hambúrgueres bovinos

Os resultados da avaliação sensorial realizada para os hambúrgueres bovinos grelhados adicionados de “*blends*” de óleo e/ou farinha e/ou semente linhaça dourada, nos dias 0, 30, 60 e 90 de armazenamento sob congelamento a -18°C , podem ser verificados na Tabela 14.

Nos atributos aparência e aroma, não houve diferença significativa ($p>0,05$) entre os tratamentos estudados, no tempo zero, bem como durante os 90 dias de armazenamento. Entretanto no dia 60, F1 (controle) mostrou melhor aceitação para o atributo aroma que F9 (5,0% de óleo e 5,0% de semente de linhaça dourada), sendo que no dia 90, a aceitação de F1 também foi maior que F6 (5,0% de óleo, 5,0% de farinha e 5,0% de semente de linhaça dourada) ($p<0,05$).

Quanto ao sabor (tempo zero), F1 (controle), F2 (2,5% de óleo, 2,5% de farinha e 2,5% de semente de linhaça dourada), F3 (2,5% de óleo e 2,5% de semente de linhaça dourada) e F4 (2,5% de farinha e 2,5% de semente de linhaça dourada) tiveram maior aceitação ($p<0,05$) que os tratamentos F5 (2,5% de óleo e 2,5% de farinha de linhaça dourada), F6 (5,0% de óleo, 5,0% de farinha e 5,0% de semente de linhaça dourada) e F8 (5,0% de farinha e 5,0% de semente de linhaça dourada). Também não foram verificadas diferenças estatísticas durante o armazenamento dos produtos.

A menor aceitação dos produtos com maior teor de derivados de linhaça corrobora com estudos sobre o papel primordial do gosto, como um fator que orienta a escolha dos consumidores de alimentos, em geral (SHEPHERD, 1990; RICHARDSON *et al.*, 1994; GRUNERT *et al.*, 2000; URALA e LÄHTEENMÄKI, 2003). Também, no caso específico dos alimentos e ingredientes funcionais, as expectativas de sabor e experiências agradáveis têm sido relatadas como fatores extremamente críticos na escolha desta

categoria de alimentos (CHILDS e PORYZEES, 1997; POULSEN, 1999; GILBERT, 2000; TUORILA e CARDELLO, 2002).

Estudos que corroboram com a atual pesquisa foram realizados por Pelsler *et al.* (2007) com adição de óleo de linhaça (3, 4,5 e 6%) em salames fermentados, mostrando que o sabor foi o atributo mais influenciado negativamente, sendo informado como “gosto de peixe” que estava, provavelmente, relacionado com alterações sensoriais resultantes da oxidação lipídica.

Sabe-se que carnes com maior quantidade de ω -3 PUFAs possuem uma maior intensidade de odor e sabor (SAÑUDO *et al.*, 2000). Em estudos sensoriais de Sañudo *et al.* (2000) foram encontradas fortes correlações entre os PUFAs e o painel sensorial, as mais fortes relações negativas com a qualidade da carne envolviam os ácidos graxos linoleico, araquidônico, α -linolênico, DPA e DHA (CAMERON e ENSER, 1991). Por exemplo, a concentração de ácido graxo C18:3 ω -3 foi positivamente correlacionada com intensidade de odor e sabor pelos julgadores, tendo impressão global negativa para alguns e positiva para outros. Assim, a variação entre os membros do painel sensorial é inerente à avaliação subjetiva, característica das carnes e produtos cárneos (PEARSON, 1963).

Uma explicação para estas inter-relações entre o ácido graxo α -linolênico e sabor da carne, é que a oxidação de produtos com ácido graxo C18:3 ω -3 e seus derivados são diretamente responsáveis pelas diferenças observadas no sabor (WOOD *et al.*, 2005), o que pode explicar as menores notas obtidas nos hambúrgueres adicionados de maiores níveis de linhaça dourada, nesta pesquisa.

Campo *et al.* (2003) usaram uma equipe de provadores treinada para estudar o sabor dos ácidos graxos individuais oleico, linoleico e α -linolênico. Os três ácidos graxos produziam diferentes perfis, sendo que o C18:3 ω -3, em

particular, produzia altos escores para “sabor de peixe” e linhaça. Outros compostos, não derivados de ácidos graxos, podem também contribuir para o sabor (SCOLLAN *et al.*, 2006). Isso pode explicar os resultados obtidos nos atributos sensoriais avaliados, pois os hambúrgueres com linhaça dourada possuem alto teor de ácidos graxos ω -3 e ω -6.

Segundo Musella *et al.* (2009), pode ser possível melhorar a qualidade nutricional dos produtos contendo PUFA's, aumentando os níveis de antioxidantes. No presente trabalho, foi utilizado eritorbato de sódio o qual poderá ser combinado com outros antioxidantes naturais em estudos futuros, visando minimizar o efeito da oxidação lipídica e sabor dos ácidos graxos nos hambúrgueres.

A avaliação sensorial da textura demonstrou que, no tempo zero, as formulações contendo menores níveis de linhaça dourada e derivados apresentaram notas superiores ($p < 0,05$). Como ocorreu nos demais atributos, não houve alterações significativas ao longo de 90 dias de congelamento dos hambúrgueres. Estes resultados concordam com estudos de Valencia *et al.* (2008) avaliando lingüiças suínas frescas contendo óleo de linhaça.

Na análise da aceitação global, verificou-se que durante os 90 dias de congelamento, a formulação F4 (2,5% de farinha e 2,5% de semente de linhaça dourada) apresentou a maior porcentagem (média de 70,5%) de aceitação pelos julgadores, enquanto F6 que continha 5,0% de óleo, 5,0% de farinha e 5,0% de semente de linhaça teve as menores respostas (média de 31,0%). Salienta-se que F1 - controle (67,0%), F2 - 2,5% de óleo, 2,5% de farinha e 2,5% de semente de linhaça dourada (66,0%), F3 - 2,5% de óleo e 2,5% de semente de linhaça dourada (67,0%), F5 - 2,5% de óleo e 2,5% de farinha de linhaça dourada (62,5%) e F7 - 5,0% de óleo e 5,0% de farinha de linhaça dourada (53,5%) mantiveram médias maiores que 50% de respostas positivas (Anexo IV, Figura 19), podendo ser consideradas com boa aceitação geral. Já F8 (5,0% de farinha e 5,0% de semente de linhaça dourada) e F9

(5,0% de óleo e 5,0% de semente de linhaça dourada) tiveram baixa porcentagem de aceitação, 45,5% e 42,0%, respectivamente. Conforme explicam Nuernberg *et al.* (2005), Hoz *et al.* (2007) e Santos *et al.* (2008) as diferenças entre as amostras correspondem ao sabor e odor de ranço produzido pela linhaça.

De forma semelhante na intenção de compra dos produtos durante o armazenamento por 90 dias, as formulações F3 (2,5% de óleo e 2,5% de semente de linhaça dourada) e F4 (2,5% de farinha e 2,5% de semente de linhaça dourada) mostraram maior porcentagem de respostas positivas (média de 63,5%) enquanto F6 (5,0% de óleo, 5,0% de farinha e 5,0% de semente de linhaça dourada) obteve a menor probabilidade de compra (média de 27,0%). F1 - controle (59,5%), F2 - 2,5% de óleo, 2,5% de farinha e 2,5% de semente de linhaça dourada (61,0%) e F5 - 2,5% de óleo e 2,5% de farinha de linhaça dourada (54,0%) mantiveram-se com julgamento médio acima de 50%, sendo considerados favoráveis para intenção de compra (Anexo IV, Figura 20). Porém, as amostras com 5,0% de óleo e 5,0% de farinha de linhaça dourada (F7), 5,0% de farinha e 5,0% de semente de linhaça dourada (F8) e 5,0% de óleo e 5,0% de semente de linhaça dourada (F9), tiveram resultados médios mais baixos, 48,5, 41,0 e 40,5%, respectivamente.

Assim, destaca-se que em geral, conforme aumentou-se o nível de linhaça nos hambúrgueres, houve uma diminuição das notas e frequências atribuídas pelos julgadores o que também pode ser verificado no Anexo IV.

Embora, de forma geral, as notas atribuídas pelos provadores aos hambúrgueres tenham sido relativamente baixas, isso pode ter ocorrido devido à utilização de provadores não treinados para simular a atitude do consumidor frente ao produto. Entretanto, ressalta-se que o hambúrguer bovino, muito raramente é consumido sem um acompanhamento (molhos e outros condimentos) que alteram e melhoram o sabor do produto (CHIRINOS *et al.*, 2002; MARQUES, 2007). Nesta pesquisa, não foi oferecido nenhum

condimento ou molho de acompanhamento quando o produto foi servido, para que não houvesse interferência no gosto apresentado pelas amostras.

Tabela 14 – Avaliação sensorial das amostras dos hambúrgueres bovinos grelhados adicionados de “blends” de óleo e/ou farinha e/ou semente de linhaça dourada (*Linum Usitatissimum* L.), nos dias 0, 30, 60 e 90 de armazenamento sob congelamento a -18°C

Atributo/ Formulação	Dias de armazenamento							
	0		30		60		90	
	Média±SD	EPM	Média±SD	EPM	Média±SD	EPM	Média±SD	EPM
Aparência								
F1	6,71±1,56 ^{aA}	0,22	7,00±1,36 ^{aA}	0,19	6,82±1,76 ^{aA}	0,19	6,94±1,43 ^{aA}	0,20
F2	6,72±1,60 ^{aA}	0,24	7,06±1,45 ^{aA}	0,20	6,68±1,82 ^{aA}	0,19	6,88±1,40 ^{aA}	0,20
F3	6,50±1,95 ^{aA}	0,28	6,58±1,37 ^{aA}	0,19	6,58±1,76 ^{aA}	0,20	6,58±1,60 ^{aA}	0,23
F4	6,60±1,53 ^{aA}	0,22	6,60±1,39 ^{aA}	0,20	6,14±2,03 ^{aA}	0,28	6,54±1,63 ^{aA}	0,23
F5	7,04±1,49 ^{aA}	0,21	6,76±1,44 ^{aA}	0,20	7,06±1,61 ^{aA}	0,22	6,74±1,90 ^{aA}	0,27
F6	6,60±1,12 ^{aA}	0,16	6,44±1,67 ^{aA}	0,23	6,04±1,89 ^{aA}	0,21	6,22±1,76 ^{aA}	0,25
F7	6,80±1,31 ^{aA}	0,19	6,58±1,46 ^{aA}	0,21	6,66±1,62 ^{aA}	0,16	7,12±1,57 ^{aA}	0,22
F8	6,38±1,30 ^{aA}	0,19	6,10±1,82 ^{aA}	0,26	6,04±1,74 ^{aA}	0,21	6,06±2,03 ^{aA}	0,29
F9	6,41±1,33 ^{aA}	0,20	6,24±1,79 ^{aA}	0,25	6,15±1,79 ^{aA}	0,22	6,10±2,13 ^{aA}	0,30
Aroma								
F1	6,84±1,48 ^{aA}	0,21	6,95±1,08 ^{aA}	0,15	6,98±1,53 ^{aA}	0,22	6,98±1,42 ^{aA}	0,20
F2	6,72±1,37 ^{aA}	0,19	6,81±1,41 ^{aA}	0,20	6,80±1,50 ^{abA}	0,21	6,96±1,40 ^{abA}	0,20
F3	7,00±1,41 ^{aA}	0,20	6,74±1,41 ^{aA}	0,20	6,68±1,45 ^{abA}	0,20	6,94±1,46 ^{abA}	0,21
F4	6,88±1,38 ^{aA}	0,20	6,94±1,20 ^{aA}	0,17	6,68±1,41 ^{abA}	0,20	6,70±1,45 ^{abA}	0,20
F5	6,90±1,31 ^{aA}	0,19	6,60±1,46 ^{aA}	0,21	6,78±1,45 ^{abA}	0,20	6,76±1,59 ^{abA}	0,22
F6	6,31±1,16 ^{aA}	0,17	6,32±1,57 ^{aA}	0,22	6,52±1,50 ^{abA}	0,21	6,05±1,68 ^{abA}	0,24
F7	6,47±1,36 ^{aA}	0,19	6,51±1,47 ^{aA}	0,21	6,46±1,53 ^{abA}	0,22	6,91±1,69 ^{abA}	0,24
F8	6,54±1,32 ^{aA}	0,19	6,44±1,47 ^{aA}	0,21	6,26±1,75 ^{abA}	0,25	6,54±1,76 ^{abA}	0,25
F9	6,73±1,38 ^{aA}	0,20	6,24±1,53 ^{aA}	0,22	6,00±1,56 ^{abA}	0,22	6,02±1,65 ^{abA}	0,23
Sabor								
F1	6,68±1,55 ^{aA}	0,22	6,92±1,54 ^{aA}	0,22	6,90±1,59 ^{aA}	0,22	6,66±1,62 ^{abA}	0,23

F2	6,21±1,75 ^{abA}	0,25	6,08±1,98 ^{abA}	0,28	6,38±1,72 ^{abA}	0,24	6,62±1,58 ^{abA}	0,22
F3	6,51±1,70 ^{abA}	0,25	6,24±1,89 ^{abA}	0,27	6,34±1,89 ^{abA}	0,27	7,04±1,60 ^{aA}	0,23
F4	6,70±1,23 ^{aA}	0,18	6,62±1,52 ^{abA}	0,21	6,08±1,82 ^{abA}	0,26	6,58±1,68 ^{abA}	0,24
F5	5,64±2,04 ^{CA}	0,29	5,50±2,07 ^{CA}	0,29	6,34±1,55 ^{abA}	0,22	6,26±1,68 ^{abA}	0,24
F6	5,12±1,88 ^{CA}	0,27	5,04±1,79 ^{CA}	0,25	5,06±2,09 ^{CA}	0,30	5,24±1,76 ^{CA}	0,25
F7	5,78±1,75 ^{bcA}	0,25	5,30±1,76 ^{CA}	0,25	5,52±1,78 ^{CA}	0,25	5,70±1,70 ^{bcA}	0,24
F8	5,52±1,55 ^{CA}	0,22	5,62±1,63 ^{CA}	0,23	5,32±1,97 ^{CA}	0,28	5,24±2,24 ^{CA}	0,32
F9	5,74±1,86 ^{bcA}	0,26	5,78±1,81 ^{bcA}	0,26	5,44±2,13 ^{CA}	0,30	5,52±2,02 ^{CA}	0,29
Textura								
F1	6,20±2,08 ^{abA}	0,22	6,32±1,99 ^{aA}	0,28	6,40±1,95 ^{abA}	0,28	5,82±1,83 ^{bcA}	0,26
F2	6,44±1,86 ^{abA}	0,24	6,12±1,77 ^{abA}	0,25	6,46±1,98 ^{abA}	0,28	6,52±1,45 ^{abA}	0,20
F3	6,47±1,86 ^{abA}	0,28	6,32±1,78 ^{aA}	0,25	6,60±1,84 ^{aA}	0,26	6,90±1,61 ^{aA}	0,23
F4	6,76±1,53 ^{aA}	0,22	6,24±1,49 ^{aA}	0,21	6,46±1,67 ^{abA}	0,24	6,70±1,50 ^{abA}	0,21
F5	6,14±1,81 ^{abcA}	0,21	6,38±2,14 ^{aA}	0,30	6,52±1,59 ^{aA}	0,22	6,68±1,57 ^{abA}	0,22
F6	5,47±1,68 ^{CA}	0,16	5,38±2,09 ^{CA}	0,30	5,10±1,99 ^{CA}	0,28	5,86±1,67 ^{bcA}	0,24
F7	5,82±1,89 ^{bcA}	0,19	5,94±1,86 ^{bcA}	0,26	6,14±1,84 ^{bA}	0,26	6,20±1,47 ^{bA}	0,21
F8	5,29±1,73 ^{CA}	0,19	5,58±2,01 ^{CA}	0,28	5,62±2,00 ^{CA}	0,28	5,48±1,98 ^{CA}	0,28
F9	5,33±1,94 ^{CA}	0,20	5,64±1,91 ^{CA}	0,27	5,30±2,11 ^{CA}	0,30	5,84±1,74 ^{bcA}	0,25
Aceitação Global Positiva (sim)** (%)								
F1	72		72		68		56	
F2	60		66		72		74	
F3	64		62		70		72	
F4	74		72		68		68	
F5	58		62		66		64	
F6	34		32		28		30	
F7	56		48		54		56	
F8	46		46		44		46	
F9	44		40		40		44	
Intenção de Compra Positiva (sim)** (%)								
F1	68		62		66		42	

F2	60	60	62	62
F3	62	60	64	68
F4	70	68	60	56
F5	52	54	58	52
F6	28	30	26	24
F7	48	46	48	52
F8	38	46	38	42
F9	40	40	38	44

*Letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); letras maiúsculas diferentes na linha indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); EPM: Erro padrão da média; *SD*: Desvio padrão da média.

F1 - Formulação controle;

F2 - Formulação com 2,5% de óleo, 2,5% de farinha e 2,5% de semente de linhaça dourada;

F3 - Formulação com 2,5% de óleo e 2,5% de semente de linhaça dourada;

F4 - Formulação com 2,5% de farinha e 2,5% de semente de linhaça dourada;

F5 - Formulação com 2,5% de óleo e 2,5% de farinha de linhaça dourada;

F6 - Formulação com 5,0% de óleo, 5,0% de farinha e 5,0% de semente de linhaça dourada;

F7 - Formulação com 5,0% de óleo e 5,0% de farinha de linhaça dourada;

F8 - Formulação com 5,0% de farinha e 5,0% de semente de linhaça dourada;

F9 - Formulação com 5,0% de óleo e 5,0% de semente de linhaça dourada.

4. CONCLUSÕES

Conclui-se que, com a adição de “*blends*” de óleo e/ou farinha e/ou semente de linhaça dourada, todas as amostras dos diferentes tratamentos estudados permaneceram de acordo com a legislação quanto aos teores de proteína e de lipídios, entretanto o acréscimo de maiores níveis de farinha e semente elevou o teor de carboidratos acima do máximo permitido.

A adição de “*blends*” de linhaça dourada e derivados aos hambúrgueres melhorou sua qualidade nutricional, pois diminuiu em geral o teor de colesterol, modificou o perfil de PUFA, principalmente de ácidos graxos ω -3, aumentando a relação PUFA/SFA e diminuindo a razão ω -6/ ω -3, levando a valores mais próximos aos considerados ideais e resultando em melhor perfil nutricional.

Os hambúrgueres formulados com “*blends*” de linhaça dourada e derivados tiveram impacto favorável no produto, influenciando na diminuição da dureza, força de cisalhamento e mastigabilidade, melhorando a maciez. Entretanto, os hambúrgueres mostraram aumento da fraturabilidade.

A utilização dos “*blends*” de linhaça dourada nos produtos foi em geral, bem aceita pelos consumidores, principalmente aquelas contendo 2,5% de óleo, 2,5% de farinha e 2,5% de semente de linhaça dourada (F2), 2,5% de óleo e 2,5% de semente de linhaça dourada (F3) e 2,5% de farinha e 2,5% de semente de linhaça dourada (F4) sendo que os atributos de sabor e textura foram os que tiveram menor aceitação conforme houve aumento no teor de linhaça dourada.

No aspecto tecnológico, a utilização de “*blends*” de linhaça e derivados nos hambúrgueres, mostrou-se eficiente no aumento do rendimento na cocção, retenção de umidade e retenção de gordura, bem como na

diminuição da porcentagem de encolhimento dos produtos, porém houve aumento da oxidação lipídica, principalmente conforme se elevou o teor dos ingredientes a base de linhaça, contudo todas as amostras apresentaram-se dentro do limite de aceitação para rancidez, garantindo-se assim, a qualidade dos hambúrgueres.

A adição de “*blends*” de linhaça dourada aos hambúrgueres bovinos, em geral, influenciou negativamente a cor, promovendo aumento no teor de L* e b* e diminuição no valor de a* nos produtos crus e grelhados sendo que durante o armazenamento de 90 dias, também houve uma diminuição na cor (L*, a* e b*).

Assim sendo, os “*blends*” de linhaça dourada tornam-se potenciais ingredientes funcionais para a adição em produtos cárneos bovinos reestruturados, principalmente nos hambúrgueres, podendo ser oferecidos aos consumidores com altas expectativas de venda no mercado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIEC - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS IMPORTADORES E EXPORTADORES DE CARNE. **Catálogo Brasileiro de Cortes Bovinos**. Porto Alegre: Grafic-Offset, 2006. 106p.

AL HASANI, S.M.; HLAVAC, J.; CARPENTER, M.W. Rapid determination of cholesterol in single and multicomponent prepared foods. **Journal of AOAC International**, v.76, n.4, p.902-906, 1993.

AMERICAN HEART ASSOCIATION. Heart and Stroke Encyclopedia. **Dietary Guidelines for Healthy American Adults. Cholesterol. Fat**. Retrieved August 23, 2004. Disponível em: <<http://www.americanheart.org>>. Acesso em: 02 ago. 2010.

AMSA - AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION AND NATIONAL LIVE STOCK AND MEAT BOARD. **Research guidelines for cookery, sensory valuation and instrumental tenderness measurements of fresh meat**. Chicago: AMSA, 1995. 47p.

ANSORENA, D.; ASTIASARÁN, I. Effect of storage and packaging on fatty acid composition and oxidation in dry fermented sausages made with added olive oil and antioxidants. **Meat Science**, v.67, n.2, p.237–244, 2004.

AOAC - ANALYSIS OF ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists**. 12 ed. Washington D.C., 1975.

AOAC - ANALYSIS OF ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists**. 13 ed. Washington D.C., 1980.

AOCS - AMERICAN OIL CHEMIST'S SOCIETY. **Official methods and recommended practices of the American oil chemist's society**. 5th ed. Champaign: AOAC Press, 2004.

ARISSETO, A.P.; POLLONIO, M.A.R. Avaliação da estabilidade oxidativa do hambúrguer tipo calabresa, formulado com reduzidos teores de nitrito e diferentes percentagens de gordura, durante armazenamento congelado. **Higiene Alimentar**, v.19, n.136, p.72-80, 2005.

ARTS, M.J.T.J. et al. Interactions between flavonoids and proteins: Effect on the total antioxidant capacity. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.50, n.5, p.1184–1187, 2002.

ASGHAR, A. et al. Perspectives on warmed-over flavour. **Food Technology**, v.42, n.6, p.102-108, 1988.

ATWATER, W.O.; WOODS, C.D. The chemical composition of American food materials. **Farmers' Bulletin**, n.28. U.S. Department of Agriculture. Washington, 1896.

BAGGIO, S.R.; BRAGAGNOLO, N. The effect of heat treatment on the cholesterol oxides, cholesterol, total lipid and fatty acid contents of processed meat products. **Food Chemistry**, v.95, n.4, p.611–619, 2006.

BARBUT, S.; MITTAL, G.S. Physical and sensory properties of reduced fat breakfast sausages. **Journal of Muscle Foods**, v.6, n.1, p.47–62, 1995.

BERRY, B.W. Low fat level effects on sensory, shear, cooking, and chemical properties of ground beef patties. **Journal of Food Science**, v.57, n.3, p.537-540, 1992.

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

BINGHAM, S.A.; HUGHES, R.; CROSS, A.J. Effect of white versus red meat on endogenous N-nitrosation in the human colon and further evidence of a dose response. **Journal of Nutrition**, v.132, n.11, p.3522-3525, 2002.

BLIGH, E.G.; DYER, W.J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian journal of biochemistry and physiology**, v.37, n.8, p.911-917, 1959.

BOLEMAN, S.J. et al. Consumer evaluation of beef of known categories of tenderness. **Journal of Animal Science**, v.75, n.6, p.1521-1524, 1997.

BOLTON, S.C. et al. Trans fatty acids in the Scottish diet – an assessment using a semi-quantitative food-frequency questionnaire. **The British Journal of Nutrition**, v.74, n.5, p.661-70, 1995.

BRASIL. ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 360**: Regulamento Técnico sobre Rotulagem Nutricional de Alimentos Embalados de 23 de dezembro de 2003. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/2003/rdc/360_03rdc.htm>. Acesso em: 03 out. 2010.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 20**: Anexo IV Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Hambúrguer de 31 de julho de 2000. Disponível em: <http://www.engetecno.com.br/port/legislacao/carnes_hamburger.htm>. Acesso em: 03 ago. 2010.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. Defesa Agropecuária. LANARA - Laboratório Nacional de Referência Animal. **Métodos analíticos oficiais para controle de produtos de origem animal e seus ingredientes. II. Métodos Físico Químicos**. Brasília: Ministério da Agricultura, 1981. 123p.

BRASIL. SVS/MS - Secretaria de Vigilância Sanitária - Ministério da Saúde. **Portaria nº 27**: Regulamento Técnico referente à Informação Nutricional Complementar (declarações relacionadas ao conteúdo de nutrientes) de 13 de janeiro de 1998. Disponível em: <http://www.engetecno.com.br/port/legislacao/geral_inf_nutr_complementar.htm>. Acesso em: 03 ago. 2010

CAMERON, N.D.; ENSER, M.B. Fatty acid composition of lipids in longissimus dorsi muscle of Duroc and British Landrace pigs and its relationship with eating quality. **Meat Science**, v.29, n.4, p.295–307, 1991.

CAMPAGNOL, P.C.B. et al. Características de hambúrgueres contendo diferentes níveis de gordura e fibra de soja. **Revista Nacional da Carne**, v.351, p.56-60, 2006.

CAMPO, M.M. et al. Flavour perception of oxidation in beef. **Meat Science**, v.72, n.2, p.303–311, 2006.

CAMPO, M.M. et al. Modelling the effect of fatty acids in odour development of cooked meat in vitro: part I – sensory perception. **Meat Science**, v.63, n.3, p.367–375, 2003.

CHEN, H.H.; XU, S.Y.; WANG, Z. Interaction between flaxseed gum and meat protein. **Journal of Food Engineering**, v.80, n.4, p.1051-1059, 2007.

CHILDS, N.M.; PORYZEES, G.H. Foods that help prevent disease: consumer attitudes and public policy implications. **Journal of Consumer Marketing**, v.14, n.6, p.433–447, 1997.

CHIRINOS, R.R.O. et al. Inactivation of *escherichia coli* o157:h7 in hamburgers by gamma irradiation. **Brazilian journal of microbiology**, v.33, n.1, p.53-56, 2002.

CHIZZOLINI, R. et al. Calorific value and cholesterol content of normal and low-fat meat and meat products. **Trends in Food Science and Technology**, v.10, n.4–5, p.119–128, 1999.

CLARE, M.; HASLER, P.D. Functional foods: their role in disease prevention and health promotion. **Food Technology**, v.52, n.11, p.63–70, 1998.

COFRADES, S.; HUGHES, E.; TROY, D.J. Effects of oat fiber and carrageenan on the texture of frankfurters formulated with low and high fat. **European Food Research and Technology**, v.211, n.1, p.19–26, 2000.

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

CROSS, A.J. et al. A prospective study of red and processed meat intake in relation to cancer risk. **PLos Medicine**, v.4, n.12, p.e325, 2007.

DELGADO, C.L. Rising consumption of meat and milk in developing countries has created a new food revolution. **Journal of Nutrition**, v.133, n.11, p.3907–3910, 2003.

DEPARTMENT OF HEALTH. **Nutritional aspects of cardiovascular disease**: Report on health and social subjects n.46. London: HMSO, 1994. 178p.

DESMOND, E.; TROY, D.; BUCKLEY, D. The effects of tapioca starch, oat fibre and whey protein on the physical and sensory properties of low-fat beef burgers. **Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie**, v.31, n.7-8, p.653–657, 1998a.

DESMOND, E.; TROY, D.; BUCKLEY, D. Comparative studies of non meat adjuncts used in the manufacture of low-fat beef burgers. **Journal of Muscle Foods**, v.9, n.3, p.221–241, 1998b.

DESTEFANIS, G. et al. Relationship between beef consumer tenderness perception and Warner–Bratzler shear force. **Meat Science**, v.78, n.3, p.153–156, 2008.

DREELING, N.; ALLEN, P.; BUTLER, F. The effect of post-cooking holding time on sensory assessment of low- and high-fat beefburgers. **Journal of Food Science**, v.67, n.2, p.874–876, 2002.

DUTCOSKY, S.D. **Análise sensorial de alimentos**. 20 ed. Curitiba: Champagnat, 1996. 84p.

DZUDIE, T.; SCHER, J.; HARDY, J. Common bean flour as an extender in beef sausages. **Journal of Food Engineering**, v.52, n.2, p.143–147, 2002.

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

ENSER, M. et al. Fatty acid content and composition of English beef, lamb and pork at retail. **Meat Science**, v.42, n.4, p.443–458, 1996.

ENSER, M. et al. Feeding linseed to increase the n-3 PUFA of pork: Fatty acid composition of muscle, adipose tissue, liver and sausages. **Meat Science**, v.55, n.2, p.200–212, 2000.

GILBERT, L. The functional food trend: what's next and what Americans think about eggs. **Journal of the American College of Nutrition**, v.19, n.90005, p.507–512, 2000.

GIOVANNUCCI, E. et al. Intake of fat, meat and fiber in relation to risk of colon cancer in men. **Cancer Research**, v.54, n.9, p.2390–2397, 1994.

GREGG, L.L. et al. Low-fat, high added water bologna from massaged, minced batter. **Journal of Food Science**, v.58, n.2, p.259-264, 1993.

GRUNERT, K.G.; BECH-LARSEN T.; BRED AHL, L. Three issues in consumer quality perception and acceptance of dairy products. **International Dairy Journal**, v.10, n.8, p.575–584, 2000.

GUERRA, M.A. et al. Use of mechanically recovered chicken meat in manufacture of infant foods. **Alimentaria**, v.287, n.1, p.37–40, 1997.

GUJRAL, H.S. et al. Effect of liquid whole egg, fat and textured soy protein on the textural and cooking properties of raw and baked patties from goat meat. **Journal of Food Engineering**, v.53, n.4, p.377–385, 2002.

HARTMAN, L.; LAGO, R.C.A. Rapid preparation of fatty acid methyl ester from lipids. London: **Laboratory Practice**, v.22, n.6, p.475-476, 1973.

HOLLAND, B. et al. **McCance and Widdowson's: the composition of foods**. 5 ed. Cambridge: The Royal Society of Chemistry, 1997. 600p.

HOZ, L. et al. Development of an n-3 fatty acid and α -tocopherol enriched dry fermented sausage. **Meat Science**, v.67, n.3, p.485–495, 2004.

HOZ, L. et al. Fatty acids and sensory characteristics of Spanish dry-cured loin enriched in acid α -linolenic and α -tocopherol. **Food chemistry**, v.101, n.4, p.1701–1706, 2007.

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

JEONG, J.Y. et al. Variability in temperature distribution and cooking properties of ground pork patties containing different fat level and with/without salt cooked by microwave energy. **Meat Science**, v.75, n.3, p.415–422, 2007.

JIANG, T. et al. Effect of sampling fat location and cooking on fatty acid composition of beef steaks. **Meat Science**, v.84, n.1, p.86–92, 2010.

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

JUAREZ, M. et al. Mullen Cooking effect on fatty acid profile of pork breakfast sausages enriched in conjugated linoleic acid by dietary supplementation or direct addition. **Food Chemistry**, v.117, n.3, p.393–397, 2009.

KAYAARDI, S.; GÖK, V. Effect of replacing beef fat with olive oil on quality characteristics of Turkish soudjouk (sucuk). **Meat Science**, v.66, n.1, p.249-257, 2003.

KELEMEN, L.E. et al. Associations of dietary protein with disease and mortality in a prospective study of postmenopausal women. **American Journal of Epidemiology**, v.161, n.3, p.239–249, 2005.

KINGSTON, E.R. et al. Lipid oxidation in cooked pork as affected by vitamin E, cooking and storage conditions. **Journal of Food Science**, v.63, n.3, p.386–389, 1998.

KONTOGIANNI, M.D., et al. Relationship between meat intake and the development of acute coronary syndromes: The CARDIO2000 case–control study. **European Journal of Clinical Nutrition**, v.62, n.2, p.171–177, 2008.

KRIS-ETHERTON, P.M.; YU, S. Individual fatty acid effects on plasma lipids and lipoproteins: human studies. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.65, 5 suppl, p.1628–1644, 1997.

KROLL, J.; RAWEL, H.M. Reaction of plant phenols with myoglobin: Influence of chemical structure of the phenolic compounds. **Journal of Food Science**, v.66, n.1, p.48–58, 2001.

LEES, R. **Manual de análisis de alimentos** (Laboratory handbook of methods of food analysis). Zaragoza: Ed. Acribia, 1979. p.124-125.

LESKANICH, C.O. et al. The effect of dietary oil-containing (n-3) fatty acids on the fatty acid, physicochemical and organoleptic characteristics of pig meat and fat. **Journal of Animal Science**, v.75, n.3, p.673–683, 1997.

LEWIS JR. et al. Effects of Maturation Rate, Marbling and Cooking on the Fat, Cholesterol and Lipid Phosphorus Composition of Beef Muscle. **Journal of Muscle Foods**, v.4, n.1, p.41-56, 1993.

LINSEISEN, J. et al. Meat consumption in the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC) cohorts: Results from 24-hour dietary recalls. **Public Health Nutrition**, v.5, n.6B, p.1243–1258, 2002.

LÓPEZ-LÓPEZ, S. et al. Design and nutritional properties of potential functional frankfurters based on lipid formulation, added seaweed and low salt content. **Meat Science**, v.83, n.2, p.255-262, 2009.

MACFIE, H.J. et al. Designs to balance the effect of order of presentation and first-order carry-over effects in hall tests. **Journal of Sensory Studies**, v.4, n.2, p.129–148, 1989.

MANSOUR, E.H.; KHALIL, A.H. Characteristics of low-fat beefburger as influenced by various types of wheat fibers. **Food Research International**, v.30, n.3-4, p.199-205, 1997.

MANSOUR, E.H.; KHALIL, A.H. Evaluation of antioxidant activity of some plant extracts and their application to ground beef patties. **Food Chemistry**, v.69, n.2, p.135-141, 2000.

MARQUES, J.M. **Elaboração de um produto de carne bovina “tipo hambúrguer” adicionado de farinha de aveia**. 2007. 71p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

MARQUEZ, E.J. et al. Emulsion stability and sensory quality of beef frankfurters produced at different fat and peanut oil levels. **Journal of Food Science**, v.54, n.4, p.867-870, 1989.

MILLER, M.F. et al. Consumer acceptability of beef steak tenderness in home and restaurant. **Journal of Food Science**, v.60, n.5, p.963–965, 1995.

MILLER, M.F. et al. Consumer thresholds for establishing the value of beef tenderness. **Journal of Animal Science**, v.79, n.12, p.3062–3068, 2001.

MONEGO, M.A. **Goma da linhaça (*Linum usitatissimum* L.) para uso como hidrocolóide na indústria alimentícia**. 2009. 89p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

MOSKOWITZ, H.R. Product optimization approaches and applications. In: MACFIE, H.J.; THOMSON, D.M. (Eds.). **Measurement of Food Preferences**. London: Blackie Academic and Professional, 1994. p.67-136.

MUSELLA, M. et al. Omega-3 polyunsaturated fatty acid from extruded linseed influences the fatty acid composition and sensory characteristics of dry-cured ham from heavy pigs. **Journal of Animal Science**, v.87 n.11, p.3578-3588, 2009.

NELSON, G.J. Dietary fat, *trans* fatty, and risk of coronary heart disease. **Nutrition Reviews**, v.56, n.1, p.250-252, 1998.

NOLAN, M.R. et al. Lipid peroxidation, prostacyclin and thromboxane A2 in pigs depleted of vitamin E and selenium and supplemented with linseed oil. **British Journal of Nutrition**, v.74, n.3, p.369–380, 1995.

NUERNBERG, K. et al. Effects of dietary olive and linseed oil on lipid composition, meat quality, sensory characteristics and muscle structure in pigs. **Meat Science**, v.70, n.1, p.63–74, 2005.

O'GRADY, M.N. et al. Studies of the effects of catechin isomers on oxymyoglobin oxidation and lipid oxidation in muscle model systems. In: **Proceedings 51st international congress of meat science and technology**. Baltimore, Maryland, USA: ICOMST, 2005. p.660–665.

ONO, K.; BERRY, B.W.; PAROCZAY, E. Contents and retention of nutrients in extra lean, lean and regular ground beef. **Journal of Food Science**, v.50, n.3, p.701-706, 1985.

PEARSON, A.M. Objective and subjective measurements for meat tenderness. In: **Proceedings Meat Tenderness Symposium**. New Jersey: Campbell Soup Co., 1963. p.135–158.

PELSER, W.M. et al. Lipid oxidation in n-3 fatty acid enriched Dutch style fermented sausages. **Meat Science**, v.75, n.1, p.1-11, 2007.

PEREIRA, A.M.; FEIHRMANN, A.C. Farinha de linhaça em hambúrguer de carne bovina. **Revista Nacional da Carne**, v.389, p.110-114, 2009.

PIETINEN, P. et al. Intake of fatty acids and risk of coronary heart disease in a cohort of Finnish men. **American Journal of Epidemiology**, v.145, n.10, p.876–887, 1997.

PIÑERO, M.P. et al. Effect of oat's soluble fibre (β -glucan) as a fat replacer on physical, chemical, microbiological and sensory properties of low-fat beef patties. **Meat Science**, v.80, n.3, p.675–680, 2008.

POULSEN, J.B. **Danish consumers' attitudes towards functional foods**. MAPP working paper 62. Aarhus: The Aarhus School of Business, 1999. 49p.

RICHARDSON, N.; MACFIE, H.J.H.; SHEPHERD, R. Consumer attitudes to meat eating. **Meat Science**, v.36, n.1-2, p.57-65, 1994.

RIVERA, J.A. et al. Properties of wild rice/pork sausage blends. **Journal of Muscle Foods**, v.7, n.4, p.453-470, 1996.

ROSEGRANT, M.W.; LEACH, N.; GERPACIO, R.V. Alternative futures for world cereal and meat consumption. **Proceedings of the Nutrition Society**, v.58, n.2, p.219-234, 1999.

ROY, H.J. et al. Healthier lives through education in nutrition and preventive medicine. **Pennington Nutrition Series**, n.5, p.1-4, 2007.

SALEH, N.T.; AHMEDB, Z.S. Impact of natural sources rich in provitamin a on cooking characteristics, color, texture and sensory attributes of beef patties. **Meat Science**, v.50, n.3, p.285-293, 1998.

SANTOS, C. et al. Enrichment of dry-cured ham with α -linolenic acid and α -tocopherol by the use of linseed oil and α -tocopheryl acetate in pig diets. **Meat Science**, v.80, n.3, p.668-674, 2008.

SANTOS, C. et al. Physicochemical characteristics of an α -linolenic acid and α -tocopherol-enriched cooked ham. **Food Chemistry**, v.88, n.1, p.123-128, 2004.

SAÑUDO, C. et al. Fatty acid composition and sensory characteristics of lamb carcasses from Britain and Spain. **Meat Science**, v.54, n.4, p.339-346, 2000.

SARIÇOBAN, C.; YILMAZ, M.T.; KARAKAYA, M. Response surface methodology study on the optimisation of effects of fat, wheat bran and salt on chemical, textural and sensory properties of patties. **Meat Science**, v.83, n.4, p.610-619, 2009.

SÁYAGO-AYERDI, S.A.; BRENES A.; GONI, I. Effect of grape antioxidant dietary fiber on the lipid oxidation of raw and cooked chicken hamburgers. **LWT - Food Science and Technology**, v.42, n.5, p.971-976, 2009.

SCHEEDER, R.L. et al. Fatty acid composition, cooking loss and texture of beef patties from meat of bulls fed different fats. **Meat Science**, v.58, n.3, p.321-328, 2001.

SCOLLAN, N. et al. Innovations in beef production systems that enhance the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality. **Meat Science**, v.74, n.1, p.17-33, 2006.

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

SERDAROGLU, M.; DEGIRMENCIOGLU, O. Effects of fat level (5%, 10%, 20%) and corn flour (0%, 2%, 4%) on some properties of Turkish type meatballs (koefte). **Meat Science**, v.68, n.2, p.291–296, 2004.

SHACKELFORD, S.D. et al. Identification of threshold levels for Warner–Bratzler shear force in beef top loin steaks. **Journal of Muscle Foods**, v.2, n.4, p.289–296, 1991.

SHACKELFORD, S.D.; WHEELER, T.L.; KOOHMARAIE, M. Tenderness classification of beef: I Evaluation of beef longissimus shear force at 1 or 2 days post mortem as a predictor of aged beef tenderness. **Journal of Animal Science**, v.75, n.9, p.2417–2422, 1997.

SHEARD, P.R. et al. Shelf life and quality of pork and pork products with raised n-3 PUFA. **Meat Science**, v.55, n.2, p.213–221, 2000.

SHEPHERD, R. Attitudes and beliefs as determinants of food choice. In: MCBRIDE, R.L.; MACFIE, H.J.H. (Eds.). **Psychological basis of sensory evaluation**. London: Elsevier Applied Science, 1990. p.141–158.

SIMOPOULOS, A.P.; LEAF, A.; SALEM, N. Workshop on the essentiality of and recommended dietary intakes for omega-6 and omega-3 fatty acids. **Journal of the American College of Nutrition**, v.18, n.5, p.487–489, 1999.

SPEEDY, A.W. Global production and consumption of animal source foods. **Journal of Nutrition**, v.133, n.11, p.4048–4053, 2003.

SUMAN, S.; SHARMA, B. Effect of grind size and levels on the physico-chemical and sensory characteristics of low-fat ground buffalo meat patties. **Meat Science**, v.65, n.3, p.973–976, 2003.

TARLADGIS, B.G. A distillation method for the quantitative determination of malonaldehyde in rancid foods. **Journal of American Oil Chemistry Society**, v.37, n.1, p.44–48, 1960.

THEBAUDIN, J.Y. et al. Dietary fibers: Nutritional and technological interest. **Trends in Food Science and Technology**, v.8, n.2, p.41–48, 1997.

TROUTT, E.S. et al. Chemical, physical, and sensory characterization of ground beef containing 5–30 percent fat. **Journal of Food Science**, v.57, n.1, p.25–29, 1992.

TROY, D.; DESMOND, E.; BUCKLEY, D. Eating quality of low-fat beef burgers containing fat-replacing functional blends. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.79, n.4, p.507–516, 1999.

TUORILA, H.; CARDELLO, A.V. Consumer response to an off-flavour in juice in the presence of specific health claims. **Food Quality and Preference**, v.13, n.7-8, p.561–569, 2002.

TURHAN, S.; SAGIR, I.; USTUN, N.S. Utilization of hazelnut pellicle in low-fat beef burgers. **Meat Science**, v.71, n.2, p.312–316, 2005.

TURHAN, S.; TEMIZ, H.; SAGIR, I. Utilization of wet okara in low-fat beef patties. **Journal of Muscle Foods**, v.18, n.2, p.226–235, 2007.

ULU, H. Effects of carrageenan and guar gum on the cooking and textural properties of low fat meatballs. **Food Chemistry**, v.95, n.4, p.600–605, 2006.

URALA, N.; LÄHTEENMÄKI, L. Reasons behind consumers' functional food choices. **Nutrition and Food Science**, v.33, n.4, p.148–158, 2003.

VALENCIA, I. et al. 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, n.4, 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, n.2, p.269–277, 2006.

VELIOGLU, H.M. et al. Investigating the effects of ingredient levels on physical quality properties of cooked hamburger patties using response surface methodology and image processing technology. **Meat Science**, v.84, n.3, p.477–483, 2010.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases**. WHO Technical/Report, series 916. Geneva: WHO, 2003. 11p.

WOOD, J.D. et al. Effects of diets on fatty acids and meat quality. In: ALCAIDE, M. et al. (Eds.). **Options Méditerranéennes: Sustainable grazing, nutritional utilization and quality of sheep and goat products**. Zaragoza: CIHEAM (Centre International de Hautes Etudes Agronomiques Méditerranéennes)/FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations)/CSIC (Consejo Superior de Investigaciones Científicas), Série A, n.67, 2005. p.133-114.

YILMAZ, I. Physicochemical and sensory characteristics of low fat meatballs with added wheat bran. **Journal of Food Engineering**, v.69, n.3, p.369–373, 2005.

CONCLUSÕES GERAIS

No estudo da avaliação da adição de linhaça e derivados em hambúrgueres bovinos, ao longo do armazenamento sob congelamento, foram verificadas as seguintes conclusões:

A linhaça dourada e seus derivados foram considerados de melhor qualidade nutricional, devido ao seu perfil de ácidos graxos, para o consumo humano, e mostraram ser produtos potenciais para o uso como ingredientes funcionais em carnes e derivados.

Os hambúrgueres adicionados de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada apresentaram análises microbiológicas satisfatórias durante o armazenamento por 90 dias.

A adição de elevados níveis de óleo de linhaça afetou negativamente o aroma. Em geral, a adição de até 5,0% de cada ingrediente, individualmente, nas formulações resultou em melhor aceitação pelos provadores para os atributos sabor e textura, ocorrendo o mesmo nos testes de aceitação global e intenção de compra. Em geral, não houveram modificações nos atributos sensoriais durante o tempo de armazenamento de 90 dias.

A maioria dos produtos contendo linhaça e derivados agradaram os consumidores, fato comprovado pelo adequado índice de aceitação e intenção de compra, sugerindo possíveis chances de industrialização e comercialização pelas indústrias brasileiras.

A adição dos ingredientes à base de linhaça dourada promoveu modificações na composição físico-química dos hambúrgueres, estando em sua maioria em conformidade com a legislação vigente.

As amostras contendo linhaça e derivados apresentaram modificações positivas no perfil de textura tais como diminuição da dureza, mastigabilidade e força de cisalhamento, melhorando assim a maciez nos produtos.

Foi possível aumentar o rendimento na cocção e diminuir a % de encolhimento dos hambúrgueres com o acréscimo dos ingredientes à base de linhaça dourada, sendo que os maiores níveis de adição potencializaram estes efeitos.

Houve aumento da oxidação lipídica conforme o acréscimo de linhaça dourada e derivados, nas formulações cruas e grelhadas, porém todas apresentaram-se dentro do limite de aceitação para rancidez, garantindo-se assim a qualidade dos hambúrgueres.

A utilização de linhaça dourada, em geral, promoveu aumento no teor de L^* e b^* e diminuição no valor de a^* nos produtos crus e grelhados. Durante a o armazenamento por 90 dias, ocorreu uma diminuição nos três parâmetros de cor (L^* , a^* e b^*).

Foi possível melhorar o perfil de ácidos graxos dos hambúrgueres bovinos com adição de linhaça dourada e derivados, aumentando principalmente o teor de ácidos graxos ω -3 e a relação PUFA/SFA e diminuindo, conseqüentemente, a relação ω -6/ ω -3, tornando os produtos mais favoráveis nutricionalmente.

Os maiores níveis de adição de “*blends*” de linhaça dourada, nos hambúrgueres bovinos, levaram a diminuições de colesterol nos produtos crus e grelhados.

ANEXO I

Nome: _____ Data: _____

1. Por favor, avalie cada uma das amostras codificadas e use a escala abaixo para indicar o quanto você gostou ou desgostou de cada uma nos atributos: Aparência, Aroma, Sabor e Textura

9 – gostei muitíssimo
 8 – gostei muito
 7 – gostei moderadamente
 6 – gostei ligeiramente
 5 – nem gostei / nem desgostei
 4 – desgostei ligeiramente
 3 – desgostei moderadamente
 2 – desgostei muito
 1 – desgostei muitíssimo

	<u>APARÊNCIA</u>	<u>AROMA</u>	<u>SABOR</u>	<u>TEXTURA</u>
AMOSTRA	Valor	Valor	Valor	Valor
_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____

2. Por favor, com relação a cada amostra, indique se você GOSTOU ou NÃO GOSTOU, de um modo geral. Responda **SIM**, caso você tenha gostado da amostra ou **NÃO** caso você não tenha gostado a amostra.

Amostra

_____ SIM () NÃO ()

_____ SIM () NÃO ()

_____ SIM () NÃO ()

_____ SIM () NÃO ()

_____ SIM () NÃO ()

3. Por favor, com relação a cada amostra, indique qual seria sua INTENÇÃO DE COMPRA. Responda **SIM**, caso você comprasse a amostra ou **NÃO** caso você não comprasse a amostra.

Amostra

_____ SIM () NÃO ()

_____ SIM () NÃO ()

_____ SIM () NÃO ()

_____ SIM () NÃO ()

_____ SIM () NÃO ()

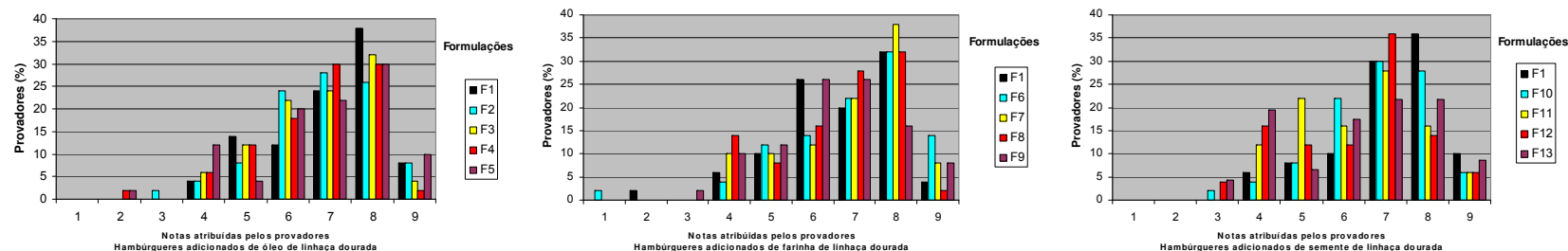
4. Comente o que você mais gostou e menos gostou na amostra DE UM MODO GERAL:

MAIS GOSTOU: _____

MENOS GOSTOU: _____

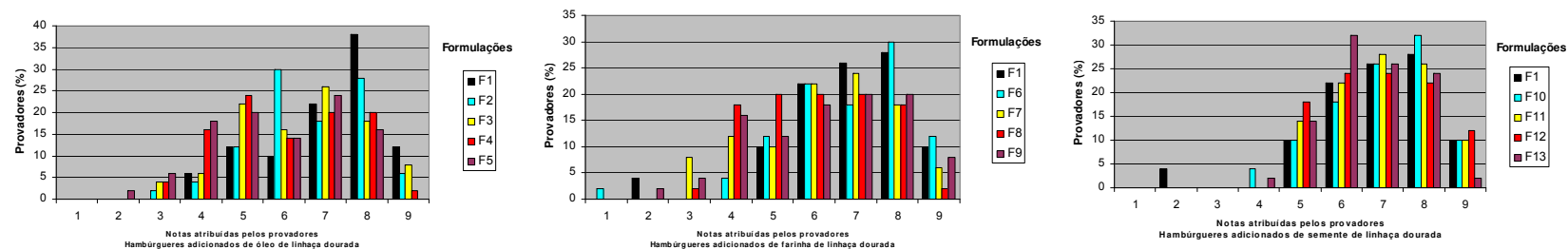
Figura 1 - Ficha de avaliação sensorial e intenção de compra utilizada na análise dos hambúrgueres bovinos.

ANEXO II



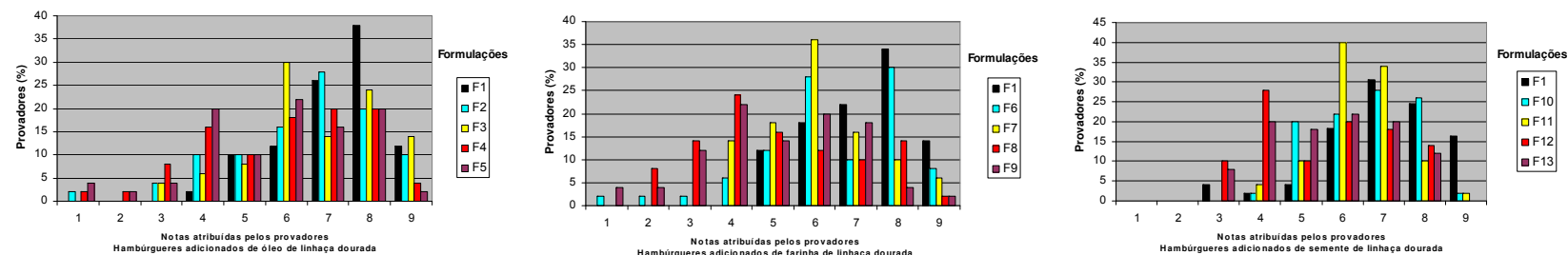
*F1 - Formulação controle; F2 - Formulação com 2,5% de óleo de linhaça dourada; F3 - Formulação com 5,0% de óleo de linhaça dourada; F4 - Formulação com 7,5% de óleo de linhaça dourada; F5 - Formulação com 10,0% de óleo de linhaça dourada; F6 - Formulação com 2,5% de farinha de linhaça dourada; F7 - Formulação com 5,0% de farinha de linhaça dourada; F8 - Formulação com 7,5% de farinha de linhaça dourada; F9 - Formulação com 10,0% de farinha de linhaça dourada; F10 - Formulação com 2,5% de semente de linhaça dourada; F11 - Formulação com 5,0% de semente de linhaça dourada; F12 - Formulação com 7,5% de semente de linhaça dourada; F13 - Formulação com 10,0% de semente de linhaça dourada.

Figura 2 – Distribuição de freqüência dos conceitos para o atributo aparência, conferidos pelos provadores aos hambúrgueres bovinos grelhados adicionados de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada (*Linum Usitatissimum* L.), no tempo zero.



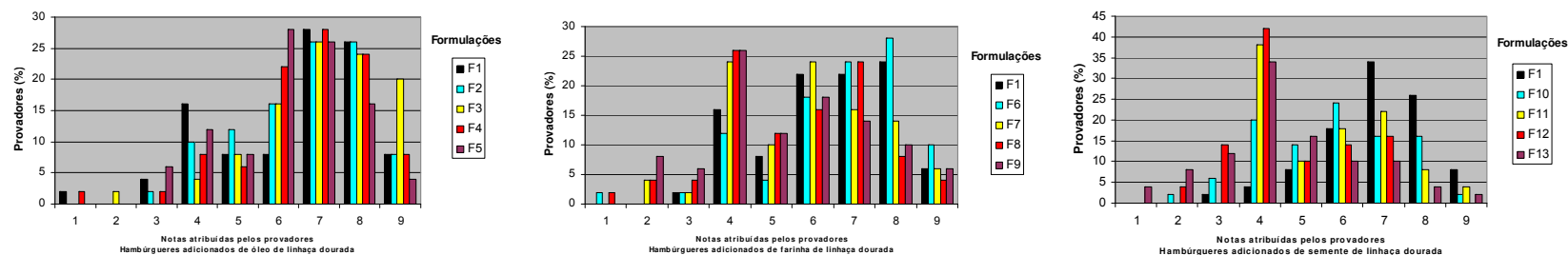
*F1 - Formulação controle; F2 - Formulação com 2,5% de óleo de linhaça dourada; F3 - Formulação com 5,0% de óleo de linhaça dourada; F4 - Formulação com 7,5% de óleo de linhaça dourada; F5 - Formulação com 10,0% de óleo de linhaça dourada; F6 - Formulação com 2,5% de farinha de linhaça dourada; F7 - Formulação com 5,0% de farinha de linhaça dourada; F8 - Formulação com 7,5% de farinha de linhaça dourada; F9 - Formulação com 10,0% de farinha de linhaça dourada; F10 - Formulação com 2,5% de semente de linhaça dourada; F11 - Formulação com 5,0% de semente de linhaça dourada; F12 - Formulação com 7,5% de semente de linhaça dourada; F13 - Formulação com 10,0% de semente de linhaça dourada.

Figura 3 – Distribuição de freqüência dos conceitos para o atributo aroma, conferidos pelos provadores aos hambúrgueres bovinos grelhados adicionados de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada (*Linum Usitatissimum* L.), no tempo zero.



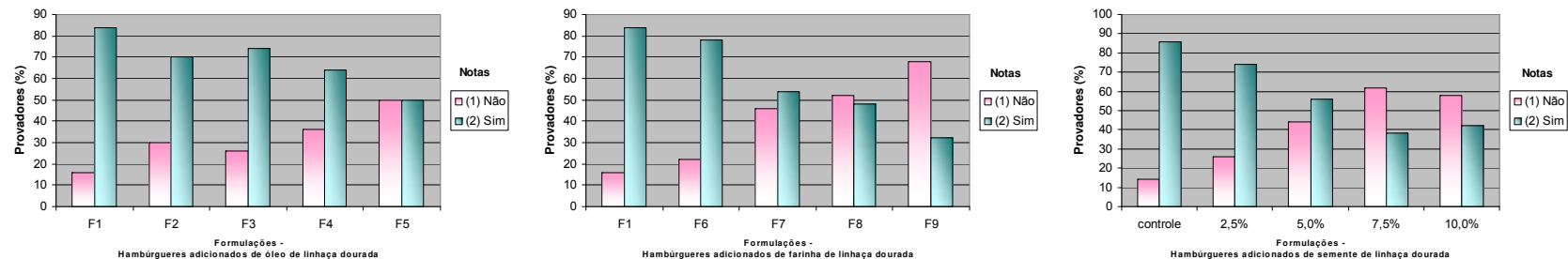
*F1 - Formulação controle; F2 - Formulação com 2,5% de óleo de linhaça dourada; F3 - Formulação com 5,0% de óleo de linhaça dourada; F4 - Formulação com 7,5% de óleo de linhaça dourada; F5 - Formulação com 10,0% de óleo de linhaça dourada; F6 - Formulação com 2,5% de farinha de linhaça dourada; F7 - Formulação com 5,0% de farinha de linhaça dourada; F8 - Formulação com 7,5% de farinha de linhaça dourada; F9 - Formulação com 10,0% de farinha de linhaça dourada; F10 - Formulação com 2,5% de semente de linhaça dourada; F11 - Formulação com 5,0% de semente de linhaça dourada; F12 - Formulação com 7,5% de semente de linhaça dourada; F13 - Formulação com 10,0% de semente de linhaça dourada.

Figura 4 – Distribuição de freqüência dos conceitos para o atributo sabor, conferidos pelos provadores aos hambúrgueres bovinos grelhados adicionados de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada (*Linum Usitatissimum* L.), no tempo zero.



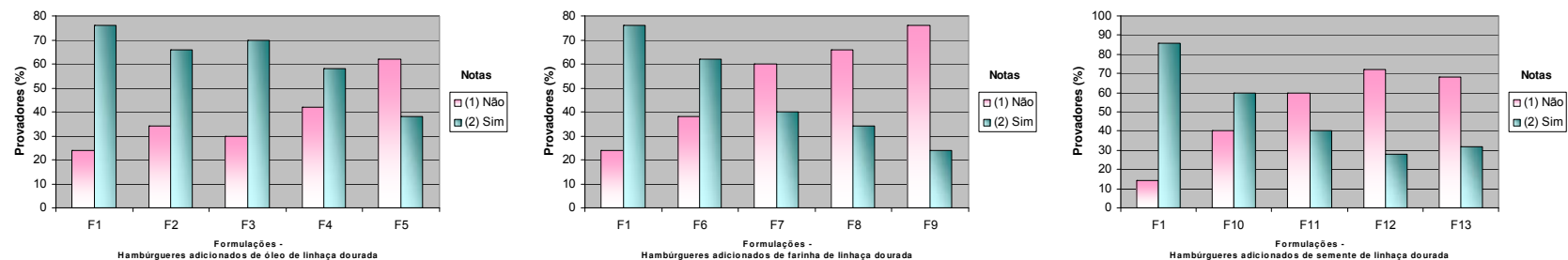
*F1 - Formulação controle; F2 - Formulação com 2,5% de óleo de linhaça dourada; F3 - Formulação com 5,0% de óleo de linhaça dourada; F4 - Formulação com 7,5% de óleo de linhaça dourada; F5 - Formulação com 10,0% de óleo de linhaça dourada; F6 - Formulação com 2,5% de farinha de linhaça dourada; F7 - Formulação com 5,0% de farinha de linhaça dourada; F8 - Formulação com 7,5% de farinha de linhaça dourada; F9 - Formulação com 10,0% de farinha de linhaça dourada; F10 - Formulação com 2,5% de semente de linhaça dourada; F11 - Formulação com 5,0% de semente de linhaça dourada; F12 - Formulação com 7,5% de semente de linhaça dourada; F13 - Formulação com 10,0% de semente de linhaça dourada.

Figura 5 – Distribuição de freqüência dos conceitos para o atributo textura, conferidos pelos provadores aos hambúrgueres bovinos grelhados adicionados de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada (*Linum Usitatissimum* L.), no tempo zero.



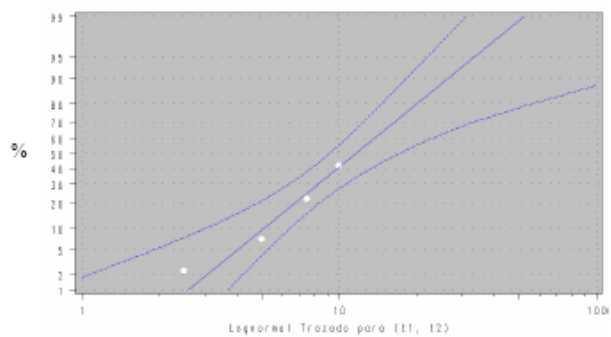
*F1 - Formulação controle; F2 - Formulação com 2,5% de óleo de linhaça dourada; F3 - Formulação com 5,0% de óleo de linhaça dourada; F4 - Formulação com 7,5% de óleo de linhaça dourada; F5 - Formulação com 10,0% de óleo de linhaça dourada; F6 - Formulação com 2,5% de farinha de linhaça dourada; F7 - Formulação com 5,0% de farinha de linhaça dourada; F8 - Formulação com 7,5% de farinha de linhaça dourada; F9 - Formulação com 10,0% de farinha de linhaça dourada; F10 - Formulação com 2,5% de semente de linhaça dourada; F11 - Formulação com 5,0% de semente de linhaça dourada; F12 - Formulação com 7,5% de semente de linhaça dourada; F13 - Formulação com 10,0% de semente de linhaça dourada.

Figura 6 – Distribuição de freqüência dos conceitos para o atributo aceitação global, conferidos pelos provadores aos hambúrgueres bovinos grelhados adicionados de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada (*Linum Usitatissimum* L.), no tempo zero.

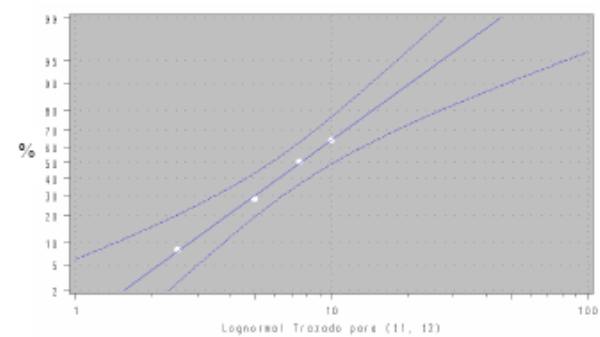


*F1 - Formulação controle; F2 - Formulação com 2,5% de óleo de linhaça dourada; F3 - Formulação com 5,0% de óleo de linhaça dourada; F4 - Formulação com 7,5% de óleo de linhaça dourada; F5 - Formulação com 10,0% de óleo de linhaça dourada; F6 - Formulação com 2,5% de farinha de linhaça dourada; F7 - Formulação com 5,0% de farinha de linhaça dourada; F8 - Formulação com 7,5% de farinha de linhaça dourada; F9 - Formulação com 10,0% de farinha de linhaça dourada; F10 - Formulação com 2,5% de semente de linhaça dourada; F11 - Formulação com 5,0% de semente de linhaça dourada; F12 - Formulação com 7,5% de semente de linhaça dourada; F13 - Formulação com 10,0% de semente de linhaça dourada.

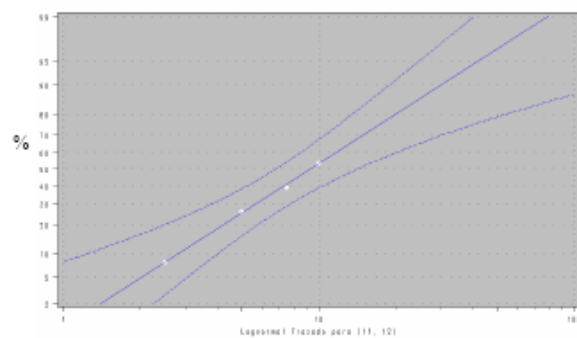
Figura 7 – Distribuição de freqüência dos conceitos para o atributo intenção de compra, conferidos pelos provadores aos hambúrgueres bovinos grelhados adicionados de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada (*Linum Usitatissimum* L.), no tempo zero.



a



b

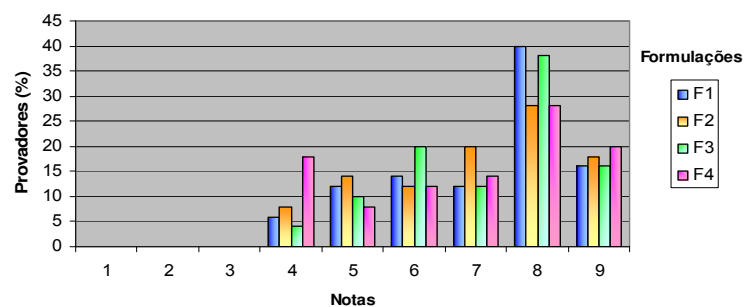


c

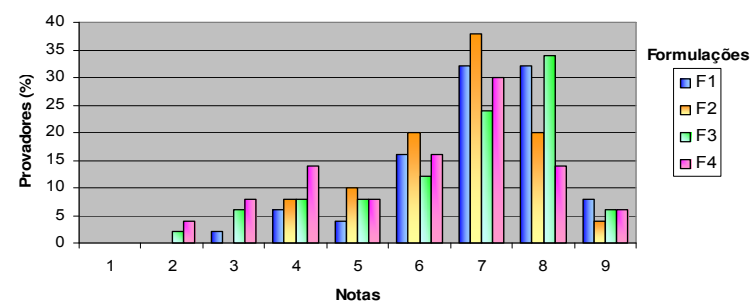
*a – hambúrgueres adicionados de óleo de linhaça dourada; b – hambúrgueres adicionados de farinha de linhaça dourada; c – hambúrgueres adicionados de semente de linhaça dourada.

Figura 8 - Gráficos do intervalo de confiança para a distribuição Log-Normal.

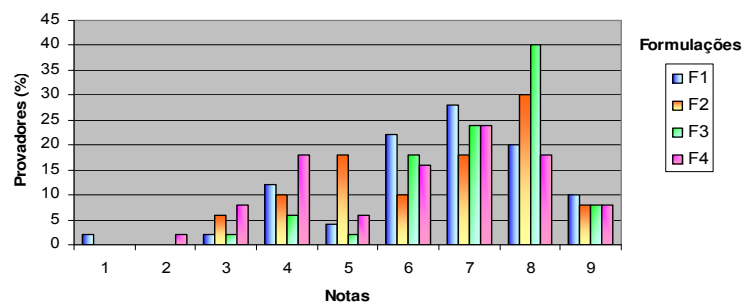
ANEXO III



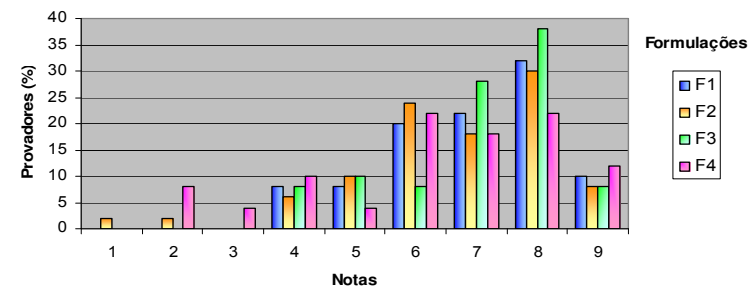
a



b



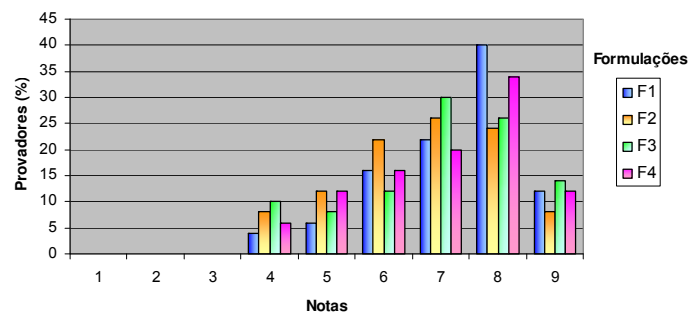
c



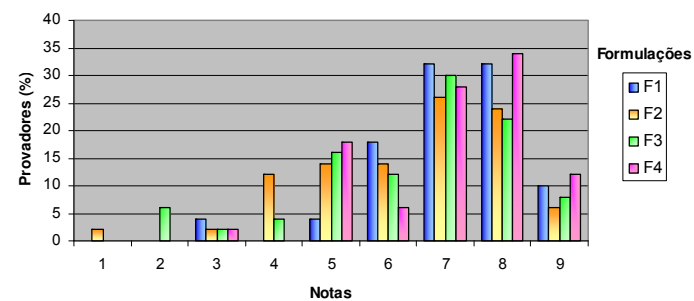
d

*a – dia 0; b – dia 30; c - dia 60; d – dia 90. F1 - Formulação controle; F2 - Formulação com 5,0% de óleo de linhaça dourada; F3 - Formulação com 5,0% de farinha de linhaça dourada; F4 - Formulação com 5,0% de semente de linhaça dourada.

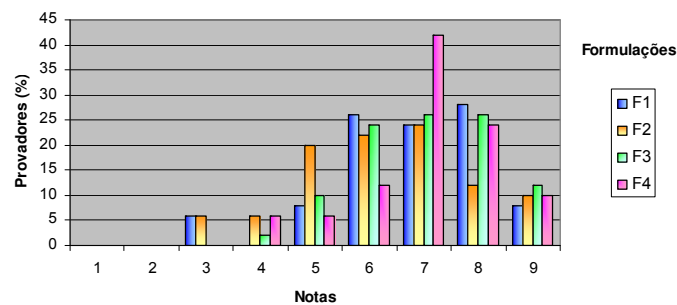
Figura 9 – Distribuição de frequência dos conceitos para o atributo aparência, conferidos pelos provadores aos hambúrgueres bovinos grelhados adicionados de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada (*Linum Usitatissimum* L.), nos dias 0, 30, 60 e 90 de armazenamento sob congelamento a -18°C.



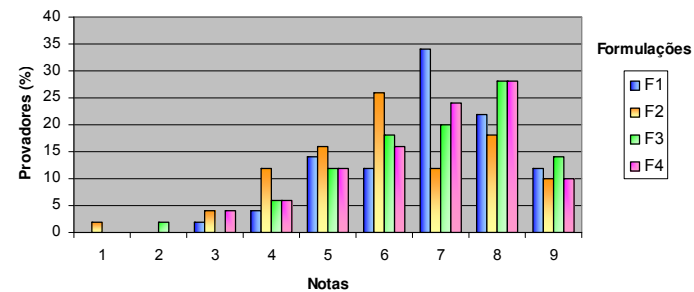
a



b



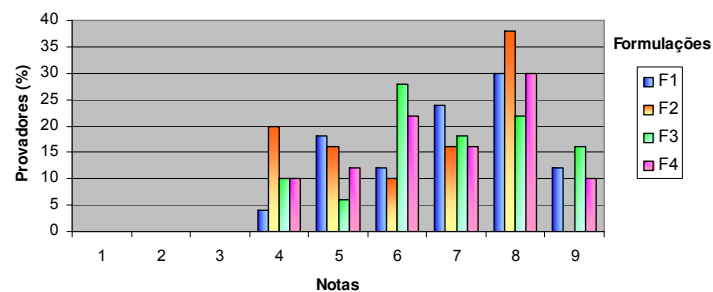
c



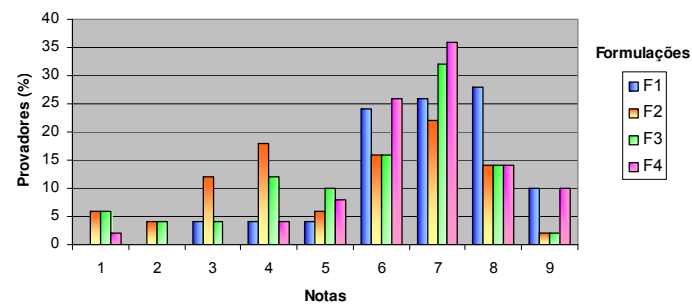
d

*a – dia 0; b – dia 30; c - dia 60; d – dia 90. F1 - Formulação controle; F2 - Formulação com 5,0% de óleo de linhaça dourada; F3 - Formulação com 5,0% de farinha de linhaça dourada; F4 - Formulação com 5,0% de semente de linhaça dourada.

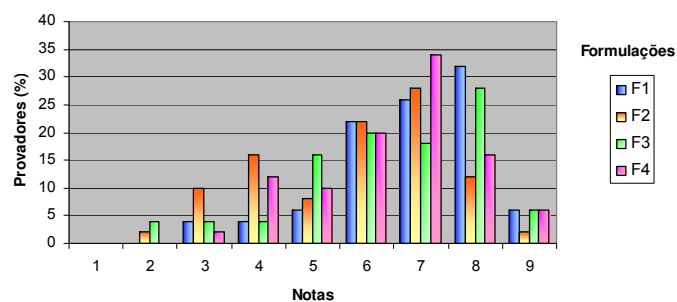
Figura 10 – Distribuição de freqüência dos conceitos para o atributo aroma, conferidos pelos provadores aos hambúrgueres bovinos grelhados adicionados de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada (*Linum Usitatissimum* L.), nos dias 0, 30, 60 e 90 de armazenamento sob congelamento a -18°C.



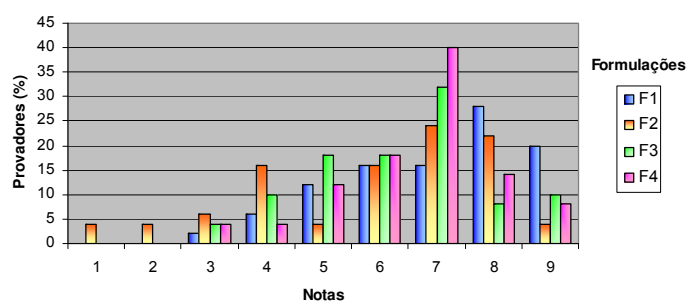
a



b



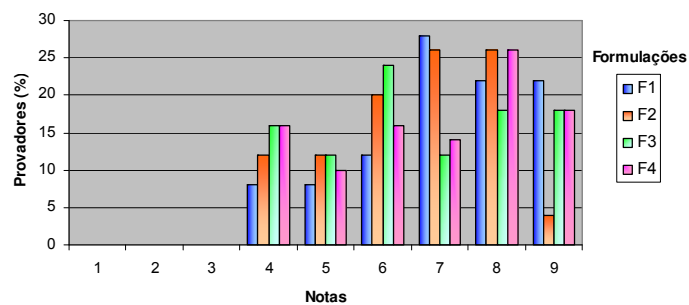
c



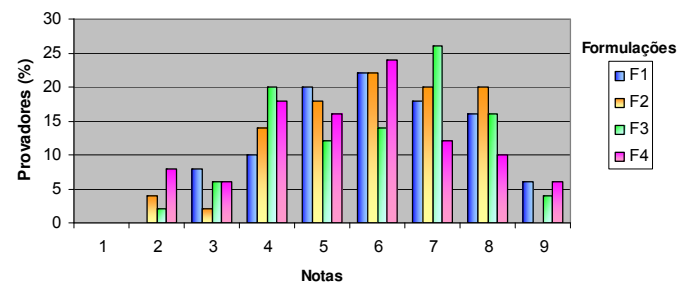
d

*a – dia 0; b – dia 30; c - dia 60; d – dia 90. F1 - Formulação controle; F2 - Formulação com 5,0% de óleo de linhaça dourada; F3 - Formulação com 5,0% de farinha de linhaça dourada; F4 - Formulação com 5,0% de semente de linhaça dourada.

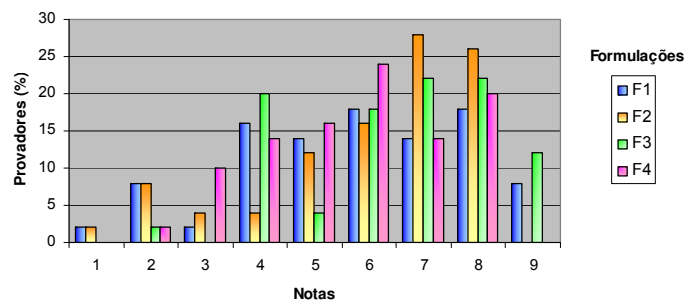
Figura 11 – Distribuição de freqüência dos conceitos para o atributo sabor, conferidos pelos provadores aos hambúrgueres bovinos grelhados adicionados de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada (*Linum Usitatissimum* L.), nos dias 0, 30, 60 e 90 de armazenamento sob congelamento a -18°C.



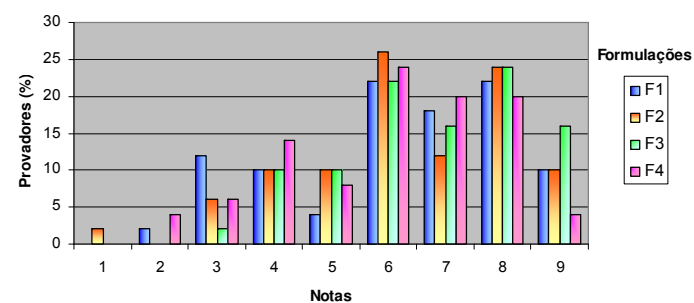
a



b



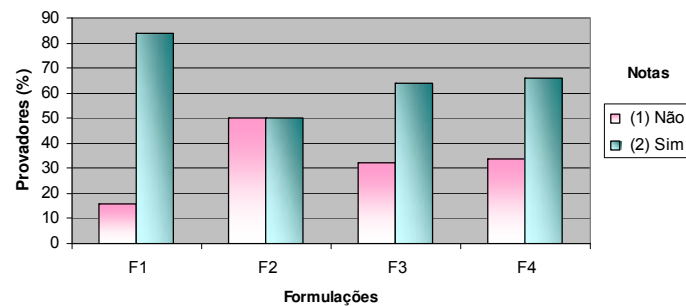
c



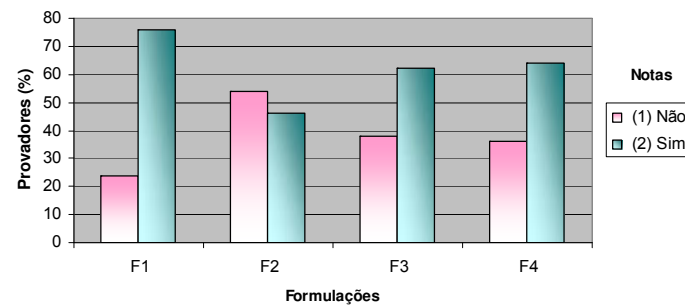
d

*a – dia 0; b – dia 30; c - dia 60; d – dia 90. F1 - Formulação controle; F2 - Formulação com 5,0% de óleo de linhaça dourada; F3 - Formulação com 5,0% de farinha de linhaça dourada; F4 - Formulação com 5,0% de semente de linhaça dourada.

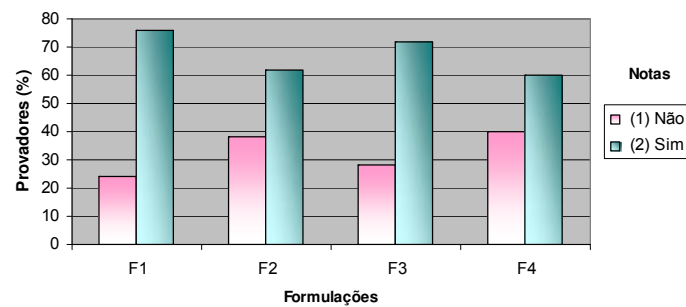
Figura 12 – Distribuição de freqüência dos conceitos para o atributo textura, conferidos pelos provadores aos hambúrgueres bovinos grelhados adicionados de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada (*Linum Usitatissimum* L.), nos dias 0, 30, 60 e 90 de armazenamento sob congelamento a -18°C.



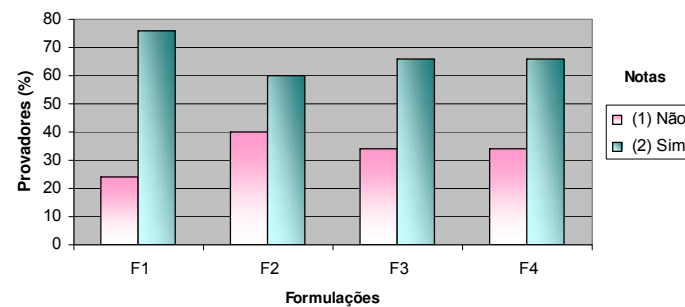
a



b



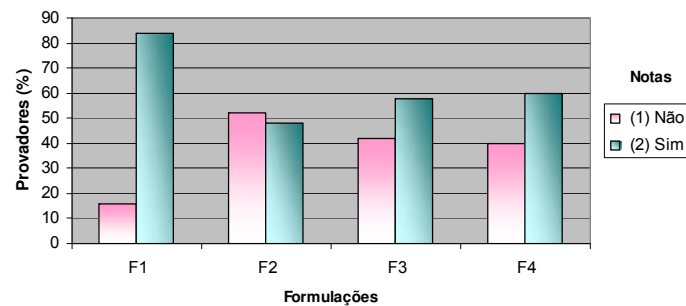
c



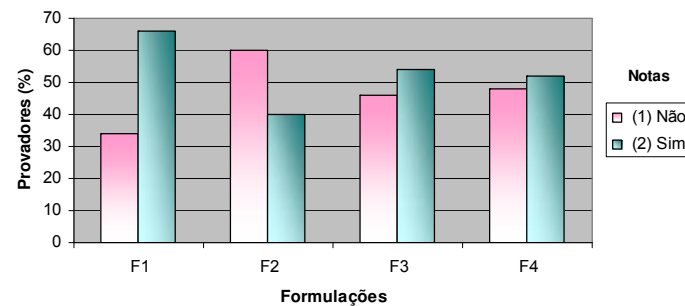
d

*a – dia 0; b – dia 30; c - dia 60; d – dia 90. F1 - Formulação controle; F2 - Formulação com 5,0% de óleo de linhaça dourada; F3 - Formulação com 5,0% de farinha de linhaça dourada; F4 - Formulação com 5,0% de semente de linhaça dourada.

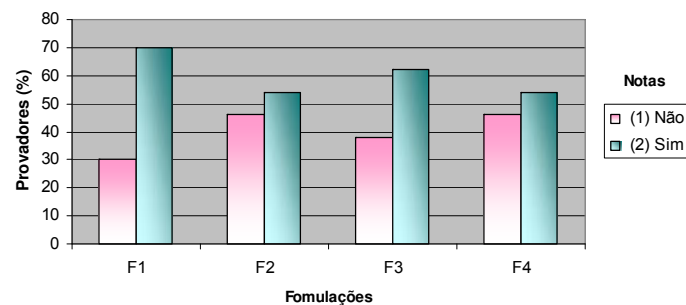
Figura 13 – Distribuição de freqüência dos conceitos para o atributo aceitação global, conferidos pelos provadores aos hambúrgueres bovinos grelhados adicionados de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada (*Linum Usitatissimum* L.), nos dias 0, 30, 60 e 90 de armazenamento sob congelamento a -18°C.



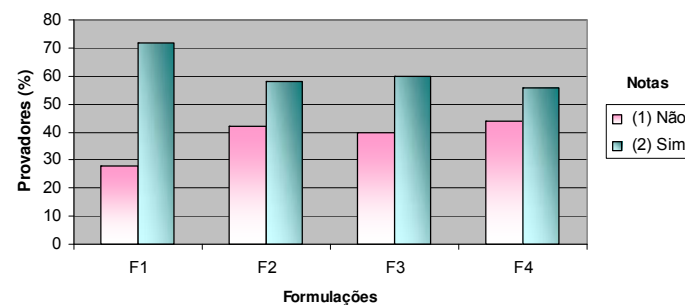
a



b



c

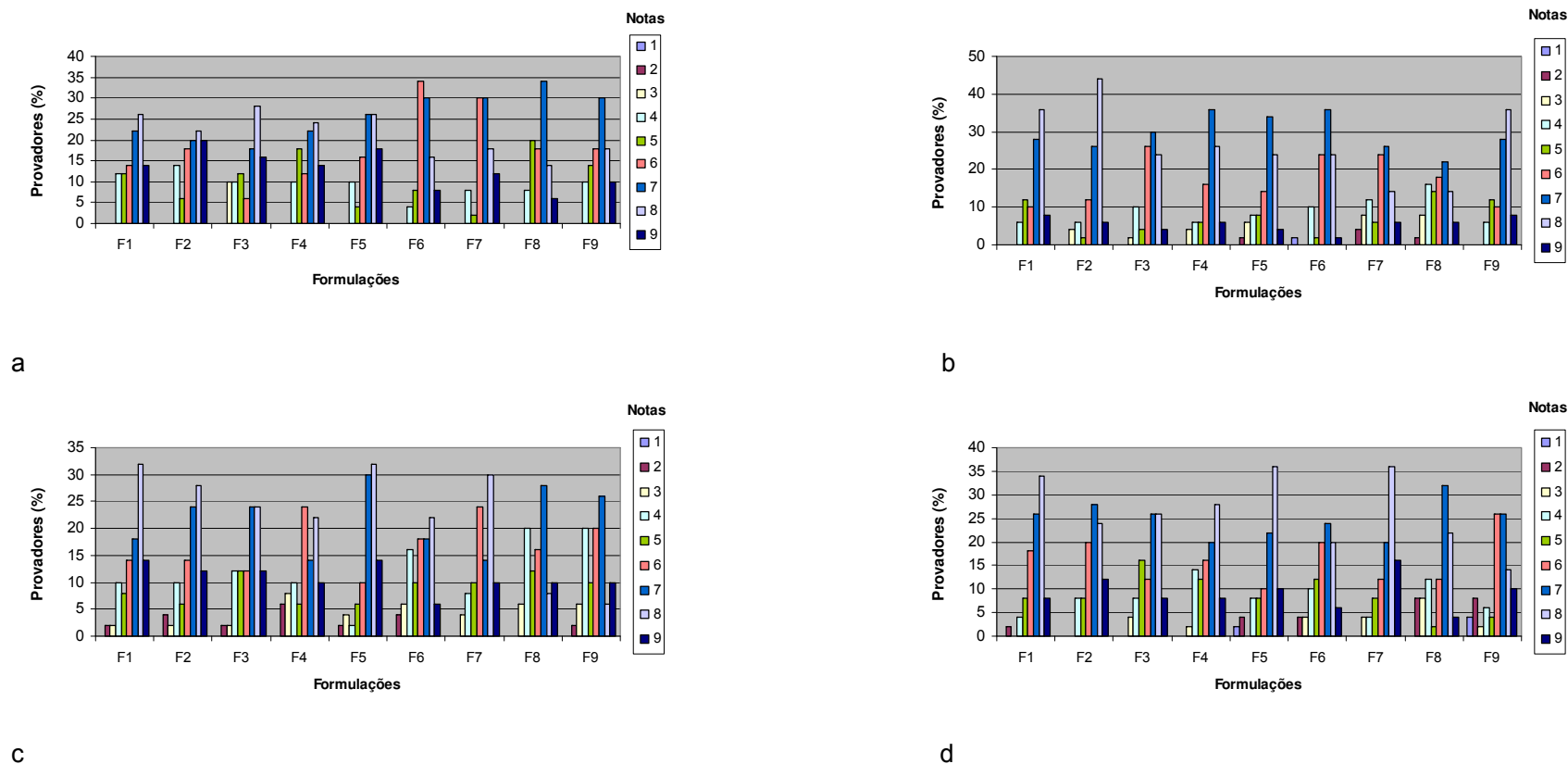


d

*a – dia 0; b – dia 30; c - dia 60; d – dia 90. F1 - Formulação controle; F2 - Formulação com 5,0% de óleo de linhaça dourada; F3 - Formulação com 5,0% de farinha de linhaça dourada; F4 - Formulação com 5,0% de semente de linhaça dourada.

Figura 14 – Distribuição de freqüência dos conceitos para o atributo intenção de compra, conferidos pelos provadores aos hambúrgueres bovinos grelhados adicionados de óleo, ou farinha ou semente de linhaça dourada (*Linum Usitatissimum* L.), nos dias 0, 30, 60 e 90 de armazenamento sob congelamento a -18°C.

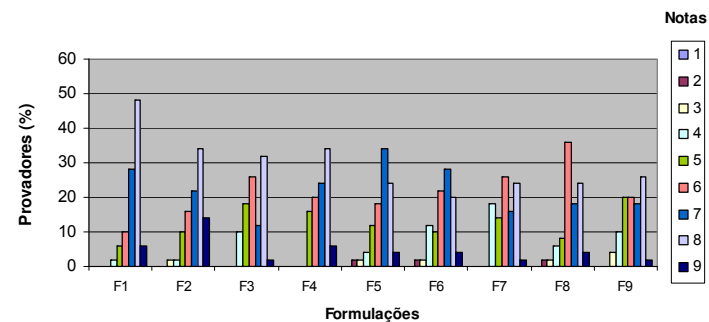
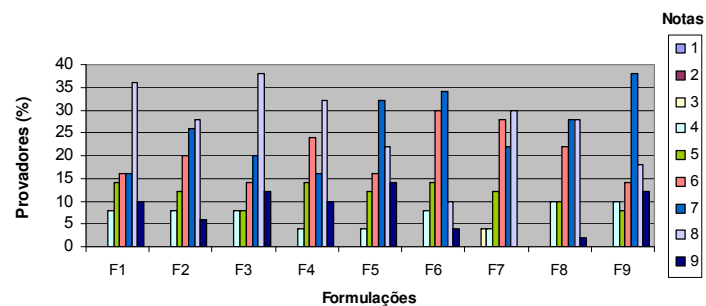
ANEXO IV



c

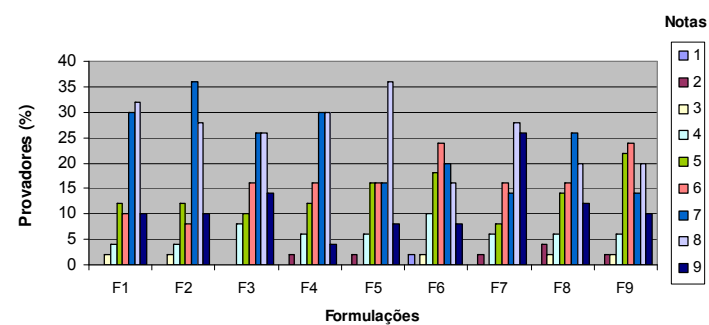
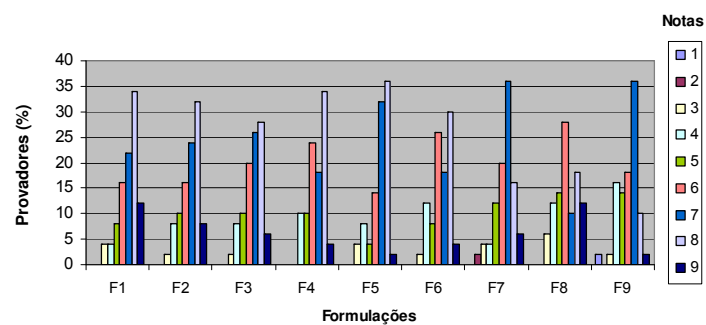
*a – dia 0; b – dia 30; c – dia 60; d – dia 90. F1 - Formulação controle; F2 - Formulação com 2,5% de óleo, farinha e semente de linhaça dourada; F3 - Formulação com 2,5% de óleo e semente de linhaça dourada; F4 - Formulação com 2,5% de farinha e semente de linhaça dourada; F5 - Formulação com 2,5% de óleo e farinha de linhaça dourada; F6 - Formulação com 5,0% de óleo, farinha e semente de linhaça dourada; F7 - Formulação com 5,0% de óleo e farinha de linhaça dourada; F8 - Formulação com 5,0% de farinha e semente de linhaça dourada; F9 - Formulação com 5,0% de óleo e semente de linhaça dourada.

Figura 15 – Distribuição de freqüência dos conceitos para o atributo aparência, conferidos pelos provadores aos hambúrgueres bovinos grelhados adicionados de “blends” de óleo e/ou farinha e/ou semente de linhaça dourada (*Linum Usitatissimum* L.), nos dias 0, 30, 60 e 90 de armazenamento sob congelamento a -18°C.



a

b

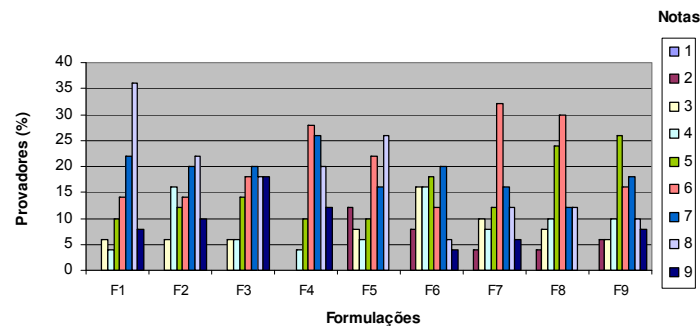


c

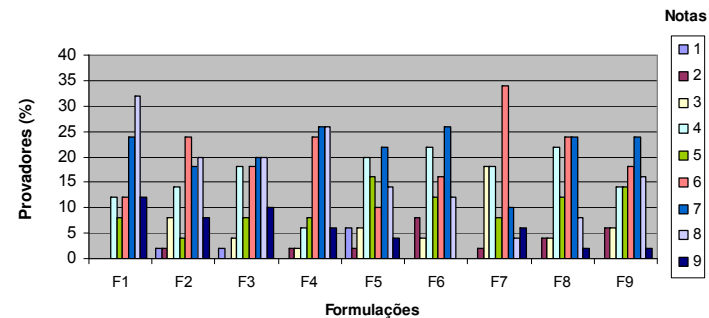
d

*a – dia 0; b – dia 30; c – dia 60; d – dia 90. F1 - Formulação controle; F2 - Formulação com 2,5% de óleo, farinha e semente de linhaça dourada; F3 - Formulação com 2,5% de óleo e semente de linhaça dourada; F4 - Formulação com 2,5% de farinha e semente de linhaça dourada; F5 - Formulação com 2,5% de óleo e farinha de linhaça dourada; F6 - Formulação com 5,0% de óleo, farinha e semente de linhaça dourada; F7 - Formulação com 5,0% de óleo e farinha de linhaça dourada; F8 - Formulação com 5,0% de farinha e semente de linhaça dourada; F9 - Formulação com 5,0% de óleo e semente de linhaça dourada.

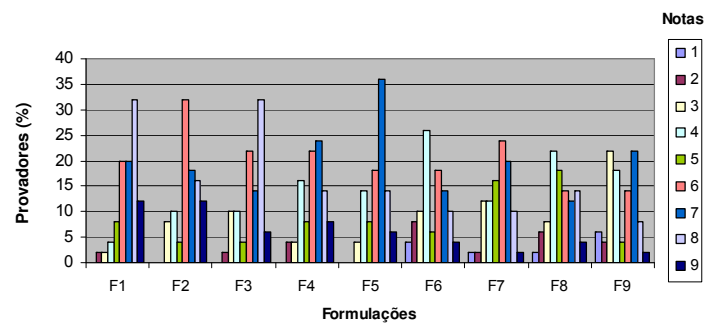
Figura 16 – Distribuição de freqüência dos conceitos para o atributo aroma, conferidos pelos provadores aos hambúrgueres bovinos grelhados adicionados de “blends” de óleo e/ou farinha e/ou semente de linhaça dourada (*Linum Usitatissimum* L.), nos dias 0, 30, 60 e 90 de armazenamento sob congelamento a -18°C.



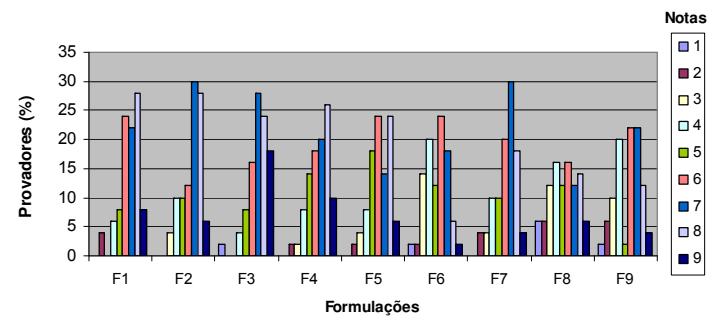
a



b



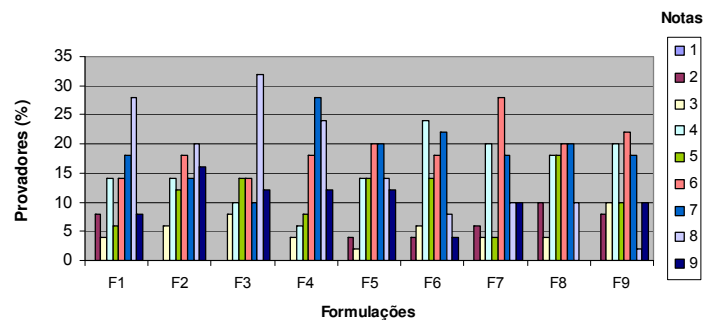
c



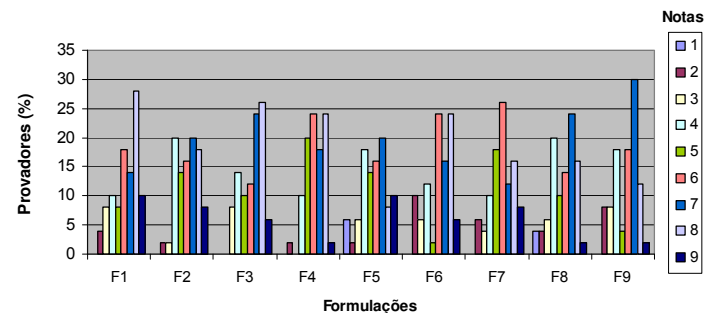
d

*a – dia 0; b – dia 30; c – dia 60; d – dia 90. F1 - Formulação controle; F2 - Formulação com 2,5% de óleo, farinha e semente de linhaça dourada; F3 - Formulação com 2,5% de óleo e semente de linhaça dourada; F4 - Formulação com 2,5% de farinha e semente de linhaça dourada; F5 - Formulação com 2,5% de óleo e farinha de linhaça dourada; F6 - Formulação com 5,0% de óleo, farinha e semente de linhaça dourada; F7 - Formulação com 5,0% de óleo e farinha de linhaça dourada; F8 - Formulação com 5,0% de farinha e semente de linhaça dourada; F9 - Formulação com 5,0% de óleo e semente de linhaça dourada.

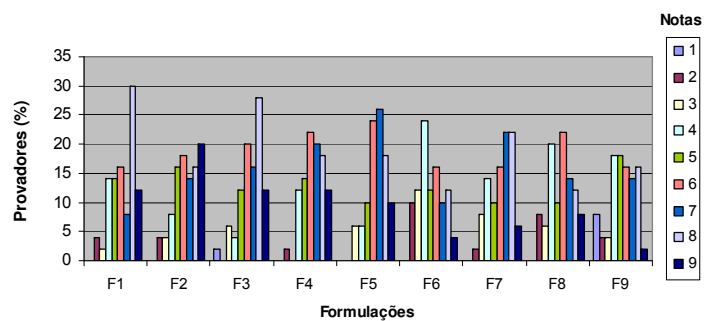
Figura 17 – Distribuição de freqüência dos conceitos para o atributo sabor, conferidos pelos provadores aos hambúrgueres bovinos grelhados adicionados de “blends” de óleo e/ou farinha e/ou semente de linhaça dourada (*Linum Usitatissimum* L.), nos dias 0, 30, 60 e 90 de armazenamento sob congelamento a -18°C.



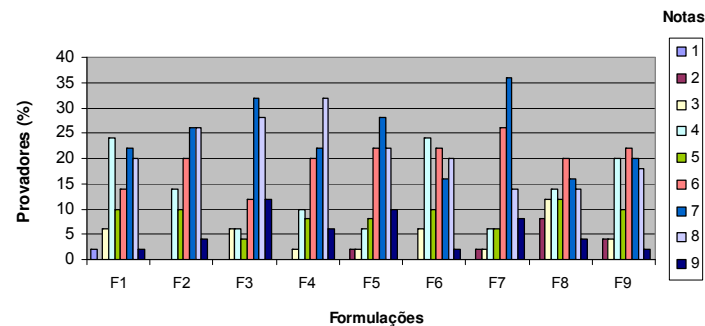
a



b



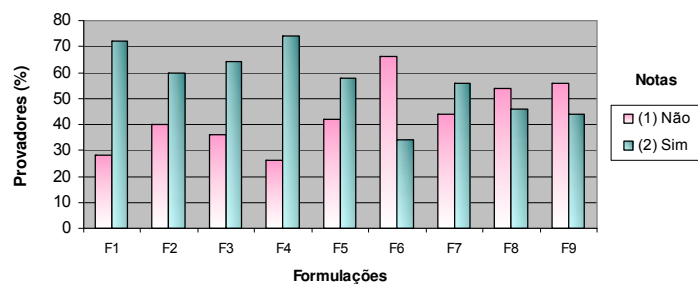
c



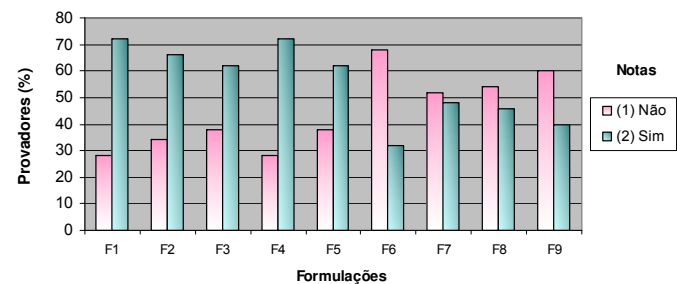
d

*a – dia 0; b – dia 30; c – dia 60; d – dia 90. F1 - Formulação controle; F2 - Formulação com 2,5% de óleo, farinha e semente de linhaça dourada; F3 - Formulação com 2,5% de óleo e semente de linhaça dourada; F4 - Formulação com 2,5% de farinha e semente de linhaça dourada; F5 - Formulação com 2,5% de óleo e farinha de linhaça dourada; F6 - Formulação com 5,0% de óleo, farinha e semente de linhaça dourada; F7 - Formulação com 5,0% de óleo e farinha de linhaça dourada; F8 - Formulação com 5,0% de farinha e semente de linhaça dourada; F9 - Formulação com 5,0% de óleo e semente de linhaça dourada.

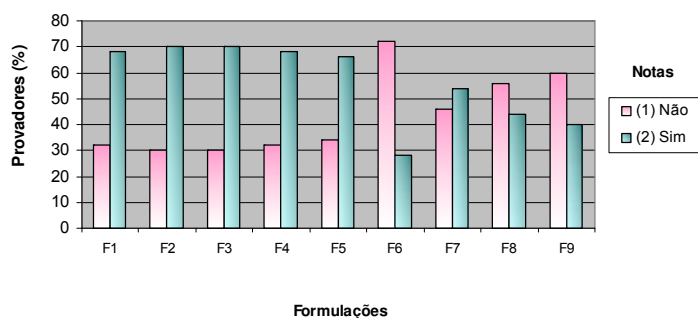
Figura 18 – Distribuição de frequência dos conceitos para o atributo textura, conferidos pelos provadores aos hambúrgueres bovinos grelhados adicionados de “blends” de óleo e/ou farinha e/ou semente de linhaça dourada (*Linum Usitatissimum* L.), nos dias 0, 30, 60 e 90 de armazenamento sob congelamento a -18°C.



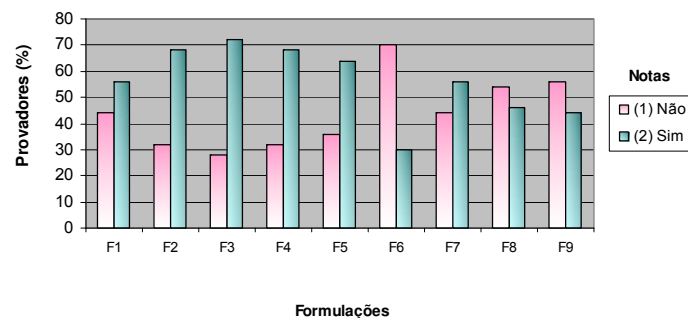
a



b



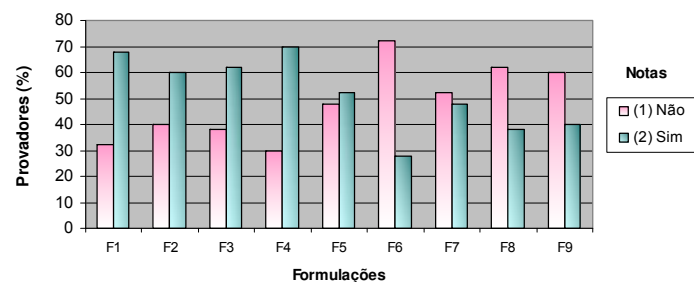
c



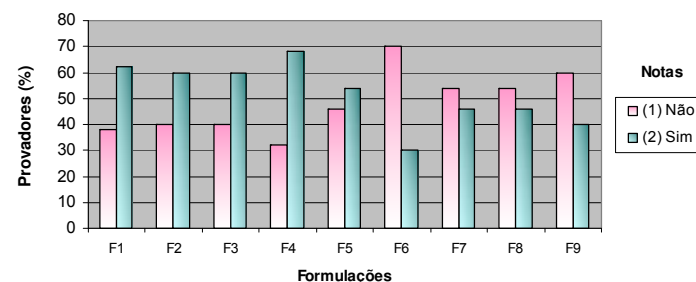
d

*a – dia 0; b – dia 30; c – dia 60; d – dia 90. F1 - Formulação controle; F2 - Formulação com 2,5% de óleo, farinha e semente de linhaça dourada; F3 - Formulação com 2,5% de óleo e semente de linhaça dourada; F4 - Formulação com 2,5% de farinha e semente de linhaça dourada; F5 - Formulação com 2,5% de óleo e farinha de linhaça dourada; F6 - Formulação com 5,0% de óleo, farinha e semente de linhaça dourada; F7 - Formulação com 5,0% de óleo e farinha de linhaça dourada; F8 - Formulação com 5,0% de farinha e semente de linhaça dourada; F9 - Formulação com 5,0% de óleo e semente de linhaça dourada.

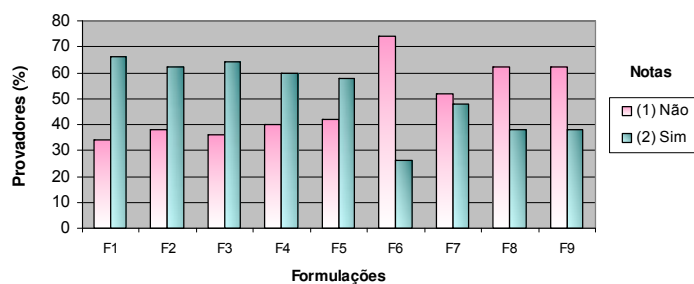
Figura 19 – Distribuição de freqüência dos conceitos para o atributo aceitação global, conferidos pelos provedores aos hambúrgueres bovinos grelhados adicionados de “blends” de óleo e/ou farinha e/ou semente de linhaça dourada (*Linum Usitatissimum* L.), nos dias 0, 30, 60 e 90 de armazenamento sob congelamento a -18°C.



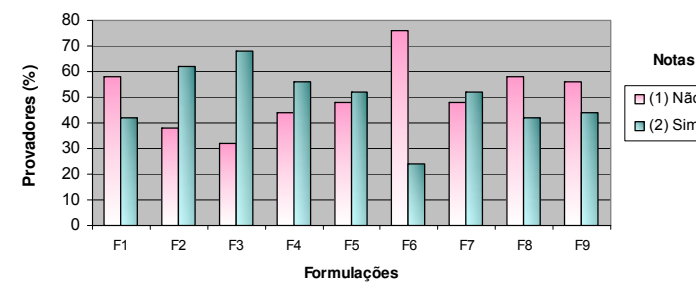
a



b



c



d

*a – dia 0; b – dia 30; c – dia 60; d – dia 90. F1 - Formulação controle; F2 - Formulação com 2,5% de óleo, farinha e semente de linhaça dourada; F3 - Formulação com 2,5% de óleo e semente de linhaça dourada; F4 - Formulação com 2,5% de farinha e semente de linhaça dourada; F5 - Formulação com 2,5% de óleo e farinha de linhaça dourada; F6 - Formulação com 5,0% de óleo, farinha e semente de linhaça dourada; F7 - Formulação com 5,0% de óleo e farinha de linhaça dourada; F8 - Formulação com 5,0% de farinha e semente de linhaça dourada; F9 - Formulação com 5,0% de óleo e semente de linhaça dourada.

Figura 20 – Distribuição de freqüência dos conceitos para o atributo intenção de compra, conferidos pelos provadores aos hambúrgueres bovinos grelhados adicionados de “blends” de óleo e/ou farinha e/ou semente de linhaça dourada (*Linum Usitatissimum* L.), nos dias 0, 30, 60 e 90 de armazenamento sob congelamento a -18°C.