

JULIANA GONÇALVES VIDIGAL

**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS, NUTRICIONAIS E
SENSORIAIS DE MORTADELAS CONTENDO DIFERENTES
NÍVEIS DE GORDURA, SANGUE TRATADO COM
MONÓXIDO DE CARBONO E SORO DE LEITE**

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2010

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

T

V653c
2010

Vidigal, Juliana Gonçalves, 1977-

Características físicas, químicas nutricionais e sensoriais de mortadelas contendo diferentes níveis de gordura, sangue tratado com monóxido de carbono e soro de leite / Juliana Gonçalves Vidigal. – Viçosa, MG, 2010.
xxv, 164f. : il. ; 29cm.

Inclui apêndices.

Orientador: Lúcio Alberto de Miranda Gomide.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 130-150.

1. Embutido (Alimentos) - Composição. 2. Alimentos - Análise. 3. Suíno - Sangue. 4. Proteínas. 5. Ferro - Bioviabilidade. 6. Alimentos - Avaliação sensorial.
I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22.ed. 664.907

JULIANA GONÇALVES VIDIGAL

**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS, NUTRICIONAIS E SENSORIAIS
DE MORTADELAS CONTENDO DIFERENTES
NÍVEIS DE GORDURA, SANGUE TRATADO COM
MONÓXIDO DE CARBONO E SORO DE LEITE**

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

APROVADA: 29 de setembro de 2010.



Prof^a Neuza Maria Brunoro Costa
(Coorientadora)



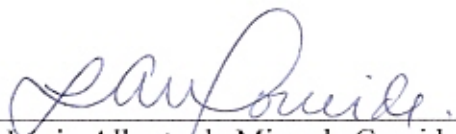
Prof. José Benício Paes Chaves
(Coorientador)



Pesq. Paulo Rogério Fontes



Prof. Eduardo Basílio de Oliveira



Prof. Lucio Alberto de Miranda Gomide
(Orientador)

Ao meu companheiro Luciano, que desejou este título tanto quanto eu.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

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

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

À Fundação de Amparo à Pesquisa em Minas Gerais (FAPEMIG), pelo apoio financeiro.

À Capes, pela concessão da bolsa de estudo.

A meu orientador Professor Lúcio Alberto de Miranda Gomide, com quem compartilho esta importante vitória, pelos valiosíssimos ensinamentos e pela austera orientação, essenciais para a minha completa formação.

À minha coorientadora Professora Neuza Maria Brunoro Costa, exemplo de professora e pesquisadora, principalmente para as mulheres que almejam uma carreira acadêmica promissora.

Ao meu também coorientador Professor José Benício Paes Chaves, pelos ensinamentos, apoio e confiança constantes.

Ao Vandick, pela amizade, pela ajuda constante, independentemente do dia da semana e do horário, e por me ajudar a tornar, em muitos momentos, mais suave a minha caminhada.

Aos meus amigos do laboratório Mária, Camila e Robledinho, pela disponibilidade, pela preciosa ajuda na condução dos experimentos e, principalmente, pelo companheirismo e pela amizade.

Ao João Tomaz, meu amigo e colaborador incansável, sempre presente com uma palavra amiga e confortadora nos momentos mais difíceis, pelo apoio constante.

Ao Marcus, ao Everton, ao Fabiano e ao Ian, pelo auxílio na condução dos experimentos.

Aos meus amigos Cassiano e Marcinha, pelo apoio, pelo auxílio na condução dos experimentos no Departamento de Nutrição e pelos momentos de descontração.

Ao casal Edimar e Paulo Rogério, pelo auxílio e pelos importantes ensinamentos.

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

Ao meu companheiro Luciano, pelo incentivo diário, pelo carinho e por mais esta conquista.

À minha mãe, pela presença constante, pelo apoio incondicional e por me ajudar em meus tantos momentos de estresse.

Ao meu irmão Cristiano, à querida “Ladica”, à minha cunhada Ana Paula e à minha afilhadinha Mariana, pela força e pelo carinho.

A todos os meus amigos e amigas, em especial à Elieden, pelo companheirismo solidário e fraternal.

Ao Instituto Federal Fluminense – Campus Bom Jesus do Itabapoana, pelo apoio.

A meus colegas do IFF-Bom Jesus, em especial às “meninas e meninos da Agroindústria”, pela ajuda e compreensão nos momentos difíceis de finalização deste trabalho.

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

BIOGRAFIA

JULIANA GONÇALVES VIDIGAL, filha de Geraldo Maciel Vidigal e Adelaide Santana Gonçalves Vidigal, nasceu em 3 de agosto de 1977, em Viçosa, MG.

Em março de 1996, iniciou o curso de graduação em Engenharia de Alimentos na Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, MG, concluindo-o em março de 2001.

Em agosto de 2001, ingressou no Programa de Pós-Graduação, em nível de Mestrado, em Ciência e Tecnologia de Alimentos da UFV, sob a orientação do professor Carlos Arthur Barbosa da Silva, concluindo os requisitos necessários para obter o título de *Magister Scientiae* em dezembro de 2003.

Em agosto de 2005, iniciou o Programa de Pós-Graduação, em nível de Doutorado, em Ciência e Tecnologia de Alimentos da UFV, sob a orientação do Professor Lúcio Alberto de Miranda Gomide, submetendo-se à defesa da tese em setembro de 2010.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE QUADROS.....	ix
LISTA DE TABELAS	x
LISTA DE FIGURAS	xiv
RESUMO	xx
ABSTRACT	xxiii
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
3. REVISÃO DE LITERATURA	5
3.1. O impacto ambiental da produção de alimentos	5
3.2. O sangue animal.....	8
3.2.1. Composição.....	9
3.2.2. Qualidade nutricional.....	10
3.2.3. Biodisponibilidade de ferro.....	12
3.2.4. O monóxido de carbono e a cor de carnes e derivados.....	13
3.2.5. O problema da cor.....	15
3.2.6. Propriedades funcionais	17
3.3. O soro de leite	23
3.3.1. Composição.....	24
3.3.2. Propriedades nutricionais e fisiológicas.....	25

	Página
3.3.3. Propriedades funcionais	28
3.3.4. Utilização do soro de leite na indústria de carnes	33
3.4. Utilização das proteínas do sangue e do soro de leite em produtos com reduzido teor de gordura	37
3.5. Componentes do soro de leite e biodisponibilidade do ferro	40
4. MATERIAL E MÉTODOS	44
4.1. Obtenção do sangue e do concentrado proteico do soro de leite	44
4.2. Processamento das mortadelas	45
4.3. Análise sensorial – Teste de Aceitação	47
4.4. Análises físicas	47
4.4.1. Avaliação da cor das mortadelas	47
4.4.2. Análise do perfil de textura (TPA)	48
4.5. Análises físico-químicas	49
4.5.1. Composição centesimal	49
4.5.2. Determinação de ferro total	50
4.5.3. Determinação de ferro heme	50
4.5.4. Determinação de ferro não heme	51
4.5.5. Determinação da estabilidade de emulsão da massa crua das mortadelas	51
4.5.6. Determinação da estabilidade de emulsão das mortadelas cozidas	52
4.6. Avaliação da qualidade proteica das mortadelas	52
4.6.1. Preparo das dietas	52
4.6.2. Ensaio biológico	53
4.7. Biodisponibilidade de ferro em mortadelas	56
4.7.1. Preparo das dietas	57
4.7.2. Ensaio biológico	58
4.7.2.1. Fase de depleção	58
4.7.2.2. Fase de repleção	60
4.7.2.3. Eficiência na recuperação de hemoglobina (HRE)	61
4.8. Delineamento experimental	61
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	63
5.1. Composição química	63

	Página
5.2. Estabilidade de emulsão	69
5.2.1. Estabilidade de emulsão das massas cruas das mortadelas	69
5.2.2. Estabilidade de emulsão das mortadelas cozidas	73
5.3. Avaliação física	76
5.3.1. Avaliação da cor	76
5.3.1.1. Luminosidade (valor de L^*)	76
5.3.1.2. Índice de vermelho/verde (valor a^*)	79
5.3.1.3. Índice de amarelo/azul (valor de b^*)	83
5.3.1.4. Avaliação de ΔE^* – Diferença de cor	85
5.3.2. Avaliação da textura	87
5.4. Avaliação da “aceitação” (sensorial)	94
5.5. Avaliação nutricional	100
5.5.1. Qualidade proteica	100
5.5.1.1. Consumo alimentar (CA), proteína consumida (PC), ganho de peso (GP) e coeficiente de eficiência proteica (CEA).....	100
5.5.1.2. PER e NPR	106
5.5.1.3. Digestibilidade verdadeira	111
5.5.2. Biodisponibilidade de ferro	113
6. RESUMO E CONCLUSÕES	125
7. RECOMENDAÇÕES FUTURAS	129
REFERÊNCIAS	130
APÊNDICES	151
APÊNDICE A	152
APÊNDICE B	160

LISTA DE QUADROS

	Página
1. Representação das formulações nos respectivos níveis de gordura avaliados.....	45
2. Ingredientes e aditivos utilizados nas formulações das mortadelas	46
3. Composição e teores de proteína das dietas experimentais utilizadas no ensaio biológico de avaliação da qualidade proteica das mortadelas (g/100 g de mistura)	54
4. Composição percentual da dieta basal oferecida aos ratos na fase de depleção	57
5. Composição das dietas experimentais oferecidas aos ratos nas fases de depleção e repleção (g/kg de mistura).....	59

LISTA DE TABELAS

	Página
1. Valores de ΔE^* relacionando as formulações de mortadelas, dentro dos respectivos teores de gordura, com as mortadelas-controle.....	86
1A. Resumo da análise de variância dos teores de água, proteína e gordura das mortadelas-controle e das adicionadas de distintas combinações de SLT e CPS, nos três níveis de gordura.....	152
2A. Resumo da análise de regressão dos teores de água, proteína e gordura das mortadelas adicionadas de distintas combinações de SLT e CPS, nos três níveis de gordura.....	152
3A. Resumo da análise de variância do teor de ferro das mortadelas-controle e das adicionadas de distintas combinações de SLT e CPS, nos três níveis de gordura	152
4A. Resumo da análise de regressão do teor de ferro das mortadelas adicionadas de distintas combinações de SLT e CPS, nos três níveis de gordura.....	153
5A. Resumo da análise de variância da estabilidade de emulsão das massas cruas das mortadelas-controle e das adicionadas de distintas combinações de SLT e CPS, nos três níveis de gordura	153
6A. Resumo da análise de regressão da estabilidade de emulsão das massas cruas das mortadelas adicionadas de distintas combinações de SLT e CPS, nos três níveis de gordura.....	153

7A. Resumo da análise de variância da estabilidade de emulsão das mortadelas cozidas, controle e as adicionadas de distintas combinações de SLT e CPS, nos três níveis de gordura	154
8A. Resumo da análise de regressão da estabilidade de emulsão das mortadelas cozidas, adicionadas de distintas combinações de SLT e CPS, nos três níveis de gordura.....	154
9A. Resumo da análise de variância dos valores de L^* , a^* , b^* e escurecimento das mortadelas-controle e das adicionadas de distintas combinações de SLT e CPS, nos três níveis de gordura	154
10A. Resumo da análise de regressão dos valores de L^* , a^* , b^* e escurecimento das mortadelas adicionadas de distintas combinações de SLT e CPS, nos três níveis de gordura (Modelo Linear)	155
11A. Resumo da análise de regressão dos valores de L^* , a^* , b^* e escurecimento das mortadelas adicionadas de distintas combinações de SLT e CPS, nos três níveis de gordura (Modelo Quadrático)	155
12A. Resumo da análise de variância dos valores de dureza, elasticidade coesividade e mastigabilidade das mortadelas-controle e das adicionadas de distintas combinações de SLT e CPS, nos três níveis de gordura.....	155
13A. Resumo da análise de regressão dos valores de dureza, elasticidade coesividade e mastigabilidade das mortadelas adicionadas de distintas combinações de SLT e CPS, nos três níveis de gordura	156
14A. Resumo da análise de variância dos atributos sensoriais sabor, cor e impressão das mortadelas-controle e das adicionadas de distintas combinações de SLT e CPS, nos três níveis de gordura	156
15A. Resumo da análise de regressão dos atributos sensoriais sabor, cor e impressão das mortadelas adicionadas de distintas combinações de SLT e CPS, nos três níveis de gordura.....	156
16A. Resumo da análise de variância do Consumo Alimentar (CA), Proteína Consumida (PC), Ganho de Peso (GP) e Coeficiente de Eficiência Alimentar (CEA) das mortadelas-controle e das adicionadas de distintas combinações de SLT e CPS, nos três níveis de gordura.....	157
17A. Resumo da análise de regressão do Consumo Alimentar (CA), Proteína Consumida (PC), Ganho de Peso (GP) e Coeficiente de Eficiência Alimentar (CEA) das mortadelas adicionadas de distintas combinações de SLT e CPS, nos três níveis de gordura	157

18A. Resumo da análise de variância dos valores de PER, PERR, NPR, NPRR, digestibilidade e digestibilidade das mortadelas-controle e das adicionadas de distintas combinações de SLT e CPS, nos três níveis de gordura.....	158
19A. Resumo da análise de regressão dos valores de PER, NPR e digestibilidade das mortadelas adicionadas de distintas combinações de SLT e CPS, nos três níveis de gordura	158
20A. Resumo da análise de variância dos valores de Ganho de Hemoglobina (Ganho Hb), Hematócrito e Eficiência na Recuperação da Hemoglobina (HRE) das mortadelas-controle e das adicionadas de distintas combinações de SLT e CPS, nos três níveis de gordura.....	159
21A. Resumo da análise de regressão dos valores de Ganho de Hemoglobina (Ganho Hb), Hematócrito e Eficiência na Recuperação da Hemoglobina (HRE) das mortadelas adicionadas de distintas combinações de SLT e CPS, nos três níveis de gordura	159
1B. Valores médios (e desvios-padrão) da composição centesimal de mortadelas formuladas em diferentes combinações de SLT e CPS e sua comparação com a mortadela-controle	160
2B. Valores médios (e desvios-padrão) dos teores de ferro das mortadelas formuladas com combinações de SLT e CPS e sua comparação com os teores da mortadela-controle.....	160
3B. Valores médios (e desvios-padrão) dos atributos de cor luminosidade (L^*), vermelho (a^*), amarelo (b^*) e escurecimento (relação 570/650).	160
4B. Médias (e desvios-padrão) dos índices de dureza, elasticidade, coesividade e mastigabilidade das mortadelas formuladas pela substituição de 20% de carne por diferentes níveis de mistura de sangue e concentrado proteico de soro de leite, comparado com a mortadela-controle	161
5B. Médias (e desvios-padrão) dos atributos sensoriais sabor e impressão geral das mortadelas formuladas pela substituição de 20% de carne por diferentes níveis de mistura de SLT e CPS e sua comparação com a mortadela-controle	161
6B. Médias (e desvios-padrão) da cor sensorial das mortadelas formuladas pela substituição de 20% de carne por diferentes níveis de mistura de SLT e CPS e sua comparação com a mortadela-controle, nos três níveis de gordura avaliados	162

	Página
7B. Médias (e desvios-padrão) de ganho de peso (GP), consumo alimentar (CA), proteína consumida (PC) e coeficiente de eficiência alimentar (CEA) dos animais alimentados com dietas à base de mortadelas, nos três níveis de gordura, e sua comparação com os valores da dieta à base de caseína, após 14 dias de experimento.....	162
8B. Valores médios (e desvios-padrão) de PER, PERR, NPR e NPRR das dietas à base de mortadelas formuladas com SLT e CPS, nos três níveis de gordura, e sua comparação com os valores da dieta à base de caseína, após 14 dias de experimento.....	163
9B. Valores médios (e desvios-padrão) da digestibilidade verdadeira das dietas à base de mortadelas formuladas com SLT e CPS e sua comparação com os valores da dieta à base de caseína, após 14 dias de experimento.....	163
10B. Valores médios (e desvios-padrão) do ganho de hemoglobina e do valor de hematócrito dos ratos alimentados com dietas contendo sulfato ferroso (padrão) e mortadelas adicionadas de combinações distintas de 12 mg de ferro/kg na dieta	164
11B. Valores médios (e desvios-padrão) da eficiência na recuperação de hemoglobina (HRE) dos ratos anêmicos no nível de ferro de 12 mg.kg ⁻¹ , nas dietas experimentais	164

LISTA DE FIGURAS

	Página
1. Curva típica de deformação obtida da análise por TPA em alimentos sólidos ou semissólidos	49
2. Variação do teor de água das mortadelas formuladas com 10, 20 e 30% de gordura, entre os ingredientes cárneos	64
3. Variação do teor de proteínas das mortadelas formuladas com 10, 20 e 30% de gordura, entre os ingredientes cárneos.....	65
4. Variação do teor de lipídios das mortadelas formuladas com 10, 20 e 30% de gordura, entre os ingredientes cárneos.....	65
5. Variação do teor de ferro das mortadelas formuladas pela substituição de carne por distintas combinações de SLT e CPS; ^{ns} Diferença não significativa, em relação ao controle, no nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; * Diferença significativa, em relação ao controle, no nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; e ■ Formulação-controle	67
6. Variação do teor de fluido exsudado (EXSUD) das massas de mortadelas formuladas com distintas combinações de SLT e CPS. ^{ns} Diferença não significativa, em relação ao controle, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; e ■ Formulação-controle	70
7. Variação do teor de gordura exsudada (GDEXSUD) em relação ao teor de gordura presente nas massas de mortadelas formuladas com distintas combinações de SLT e CPS. ^{ns} Diferença não significativa, em relação ao controle, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; e ■ Formulação-controle	70

8. Variação do teor de fluido exsudado (EXSUD) das massas de mortadelas formuladas com 10, 20 e 30% de gordura, entre os ingredientes cárneos.....	72
9. Variação do teor de gordura exsudada (GDEXSUD) em relação ao teor de gordura presente nas massas de mortadelas formuladas com 10, 20 e 30% de gordura, entre os ingredientes cárneos.....	72
10. Variação do teor de gordura exsudada (GDEXSUD) em relação ao teor de gordura presente nas mortadelas formuladas com distintas combinações de SLT e CPS. ^{ns} Diferença não significativa, em relação ao controle, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; e ■ Formulação-controle	74
11. Variação do teor de gordura (%GDEXSUD) exsudada em relação ao teor de gordura presente nas mortadelas prontas formuladas com 10, 20 e 30% de gordura, entre os ingredientes cárneos	75
12. Variação dos valores de L* de mortadelas formuladas com distintas combinações de SLT e CPS. ^{ns} Diferença não significativa, em relação ao controle, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; * Diferença significativa, em relação ao controle, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; e ■ Formulação-controle	76
13. Variação dos valores de L* de mortadelas formuladas com 10, 20 e 30% de gordura, entre os ingredientes cárneos.....	78
14. Variação dos valores de a* de mortadelas formuladas com distintas combinações de SLT e CPS. ^{ns} Diferença não significativa, em relação ao controle, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; * Diferença significativa, em relação ao controle, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; e ■ Formulação-controle	80
15. Variação no índice de escurecimento (relação entre a reflectância a 570 e a 650 nm) de mortadelas formuladas com distintas combinações de SLT e CPS. ^{ns} Diferença não significativa, em relação ao controle, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; * Diferença significativa, em relação ao controle, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; e ■ Formulação-controle	80
16. Variação dos valores de a* de mortadelas formuladas com 10, 20 e 30% de gordura, entre os ingredientes cárneos	82
17. Variação dos valores de escurecimento (relação entre a reflectância a 570 e a 650 nm) de mortadelas formuladas com 10, 20 e 30% de gordura, entre os ingredientes cárneos.....	83

18. Variação dos valores de b* de mortadelas formuladas com distintas combinações de SLT e CPS. ^{ns} Diferença não significativa, em relação ao controle, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; [*] Diferença significativa, em relação ao controle, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; e ■ Formulação-controle	84
19. Variação dos valores de b* de mortadelas formuladas com 10, 20 e 30% de gordura, entre os ingredientes cárneos.....	85
20. Variação da dureza das mortadelas formuladas com distintas combinações de SLT e CPS; ^{ns} Diferença não significativa, em relação ao controle, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; [*] Diferença significativa, em relação ao controle, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; e ■ Formulação-controle	87
21. Variação da mastigabilidade das mortadelas formuladas com distintas combinações de SLT e CPS; ^{ns} Diferença não significativa, em relação ao controle, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; [*] Diferença significativa, em relação ao controle, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; e ■ Formulação-controle	88
22. Variação da elasticidade das mortadelas formuladas com distintas combinações de SLT e CPS; ^{ns} Diferença não significativa, em relação ao controle, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; e ■ Formulação-controle	88
23. Variação da coesividade das mortadelas formuladas com distintas combinações de SLT e CPS; ^{ns} Diferença não significativa, em relação ao controle, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; e ■ Formulação-controle	89
24. Variação do valor de dureza das massas de mortadelas formuladas com 10, 20 e 30% de gordura, entre os ingredientes cárneos.....	92
25. Variação do valor de mastigabilidade das massas de mortadelas formuladas com 10, 20 e 30% de gordura, entre os ingredientes cárneos	92
26. Variação do valor de elasticidade das massas de mortadelas formuladas com 10, 20 e 30% de gordura, entre os ingredientes cárneos	93
27. Variação do valor de coesividade das massas de mortadelas formuladas com 10, 20 e 30% de gordura, entre os ingredientes cárneos	93

28. Variação da cor sensorial de mortadelas elaboradas pela substituição de carne por distintas proporções de SLT e CPS, nos três níveis de utilização de gordura, e sua comparação com a formulação-controle: (A) formulações com 10% de gordura; (B) formulações com 20% de gordura; e (C) formulações com 30% de gordura. ^{ns} Diferença não significativa, em relação ao controle, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; [*] Diferença significativa, em relação ao controle, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; Controle do nível 10% de gordura; □ Controle do de nível 20% de gordura; e Δ Controle do nível de 30% de gordura	95
29. Variação dos atributos sensoriais de sabor e impressão geral de mortadelas elaboradas pela substituição de carne por distintas proporções de SLT e CPS, e sua comparação com a mortadela-controle. ^{ns} Diferença não significativa, em relação ao controle, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; [*] Diferença significativa, em relação ao controle, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; Controle do sabor; e Δ Controle da impressão global	96
30. Variação dos atributos sensoriais de sabor e impressão geral de mortadelas elaboradas em distintos níveis de gordura (10%, 20% e 30%)	98
31. Variação do Consumo Alimentar (CA) em função das distintas proporções de SLT e CPS utilizadas nas formulações e sua comparação com as formulações controle e caseína nos níveis de 10 (A), 20 (B) e 30% (C) de gordura. ^{ns} Diferença não significativa, em relação ao controle ou à caseína, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; [*] Diferença significativa em relação ao controle, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; e [‡] Diferença significativa em relação à caseína e entre esta e a mortadela-controle, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett	101
32. Variação da Proteína Consumida (PC) em função das distintas proporções de SLT e CPS utilizadas nas formulações e sua comparação com as formulações-controle e caseína, nos níveis de 10 (A), 20 (B) e 30% (C) de gordura. ^{ns} Diferença não significativa em relação ao controle ou à caseína, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; [*] Diferença significativa em relação ao controle, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; e [‡] Diferença significativa em relação à caseína e entre esta e a mortadela- controle, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett	102

33. Variação do Ganho de Peso (GP) em função das distintas proporções de SLT e CPS utilizadas nas formulações e sua comparação com as formulações-controle e caseína nos níveis de 10 (A), 20 (B) e 30% (C) de gordura. ^{ns} Diferença não significativa, em relação ao controle ou à caseína, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; ^{*} Diferença significativa, em relação ao controle, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; e [‡] Diferença significativa, em relação à caseína e entre esta e a mortadela-controle, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett..... 104
34. Variação do Coeficiente de Eficiência Alimentar (CEA) em função das distintas proporções de SLT e CPS utilizadas nas formulações e sua comparação com as formulações-controle e caseína, nos níveis de 10 (A), 20 (B) e 30% (C) de gordura. ^{ns} Diferença não significativa, em relação ao controle ou à caseína, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; ^{*} Diferença significativa, em relação ao controle, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; e [‡] Diferença significativa, em relação à caseína e entre esta e a mortadela-controle, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett..... 105
35. Variação do PER em função das distintas proporções de SLT e CPS utilizadas nas formulações e sua comparação com as formulações-controle e caseína nos níveis de 10 (A), 20 (B) e 30% (C) de gordura. ^{ns} Diferença não significativa, em relação ao controle ou à caseína, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; ^{*} Diferença significativa em relação ao controle, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; e [‡] Diferença significativa em relação à caseína e entre esta e a mortadela-controle, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett..... 108
36. Variação do NPR em função das distintas proporções de SLT e CPS utilizadas nas formulações e sua comparação com as formulações-controle e caseína, nos níveis de 10 (A), 20 (B) e 30% (C) de gordura. ^{ns} Diferença não significativa, em relação ao controle ou à caseína, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; ^{*} Diferença significativa em relação ao controle, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; e [‡] Diferença significativa, em relação à caseína e entre esta e a mortadela-controle, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett 109
37. Variação da Digestibilidade Verdadeira (DV) em função das distintas proporções de SLT e CPS utilizadas nas formulações e sua comparação com as formulações-controle e caseína. ^{ns} Diferença não significativa, em relação à formulação-controle ou à dieta de caseína, assim como entre a formulação-controle e a dieta de caseína, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; e [‡] Diferença significativa em relação à caseína, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett..... 113

38. Variação do Ganho de Hemoglobina (GHb) em função das distintas proporções de SLT e CPS utilizadas nas formulações e sua comparação com as formulações-controle e sulfato ferroso. ^{ns} Diferença não significativa, em relação ao controle e ao sulfato ferroso e entre o controle e o sulfato ferroso, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; ^{*} Diferença significativa em relação ao controle, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; e [‡] Diferença significativa, em relação ao sulfato ferroso e entre esta e a mortadela-controle, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett..... 115

39. Variação do Valor de Hematócrito (HEMAT) em função das distintas proporções de SLT e CPS utilizadas nas formulações e sua comparação com as formulações-controle e sulfato ferroso. ^{ns} Diferença não significativa, em relação ao controle e ao sulfato ferroso e entre controle e sulfato ferroso, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett..... 115

40. Variação da Eficiência na Recuperação de Hemoglobina (HRE) em função das distintas proporções de SLT e CPS utilizadas nas formulações e sua comparação com as formulações-controle e sulfato ferroso nos níveis de 10 (A), 20 (B) e 30% (C) de gordura. ^{ns} Diferença não significativa, em relação à formulação-controle ou ao sulfato ferroso, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; ^{*} Diferença significativa em relação à formulação-controle a de 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; e [‡] Diferença significativa em relação à dieta de sulfato ferroso e entre esta e a mortadela-controle, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett..... 117

41. Teor de ferro heme das mortadelas desidratadas pelos processos de secagem em estufa (60 °C/12 h) e liofilização. C-10, C-20 e C-30 (mortadelas- controle com 10, 20 e 30% de gordura, respectivamente); 100/0-10, 100/0-20 e 100/0-30 (mortadelas com SLT em substituição a 20% da carne, com 10, 20 e 30% de gordura, respectivamente); 50/50-10, 50/50-20 e 50/50-30 (mortadelas com substituição de 20% da carne por quantidades iguais de SLT e CPS, com 10, 20 e 30% de gordura, respectivamente); e 0/100-10, 0/100-20 e 0/100-30 (mortadelas com CPS em substituição a 20% da carne, com 10, 20 e 30% de gordura, respectivamente) 120

RESUMO

VIDIGAL, Juliana Gonçalves, D. Sc., Universidade Federal de Viçosa, setembro de 2010. **Características físicas, químicas, nutricionais e sensoriais de mortadelas contendo diferentes níveis de gordura, sangue tratado com monóxido de carbono e soro de leite.** Orientador: Lúcio Alberto de Miranda Gomide. Coorientadores: Neuza Maria Brunoro Costa e José Benício Paes Chaves.

Visando viabilizar a utilização do sangue e do soro de leite como ingredientes pela indústria de carnes, estudou-se o efeito da substituição de 20% da carne de formulações de mortadelas por distintas combinações (100/0, 75/25, 50/50, 25/75 e 0/100) de sangue líquido tratado com monóxido de carbono (SLT) e concentrado proteico de soro de leite reconstituído (CPS), em três níveis de gordura (10, 20 e 30%). Foram avaliadas as características físicas (textura instrumental e cor objetiva) e químicas (composição centesimal, ferro total, ferro heme, ferro não heme e estabilidade de emulsão de massas e mortadelas prontas), a qualidade nutricional (qualidade proteica e a biodisponibilidade de ferro) e a aceitação de mortadelas, comparando-as com aquelas de mortadelas-controle (sem substituição de carne e em cada um dos níveis de gordura). A variação nos teores de SLT e CPS das formulações não influenciou ($P > 0,05$) a composição centesimal das mortadelas, e nenhuma dessas formulações diferiu ($P > 0,05$) da formulação sem SLT ou CPS (controle). Todavia, os teores de água e proteínas diminuíram ($P < 0,05$), enquanto os de lipídios aumentaram ($P < 0,05$), com a elevação da quantidade de gordura nas

formulações. O teor de ferro aumentou com o incremento da concentração de SLT, e formulações com conteúdo de SLT igual ou superior ao de CPS apresentaram concentração desse mineral ($P < 0,05$) maior do que a formulação-controle. Em contrapartida, a variação no teor de gordura não interferiu ($P > 0,05$) no conteúdo de ferro das formulações. Houve perda ($P < 0,05$) da estabilidade de emulsão das massas cruas das mortadelas com o aumento do teor de CPS nas formulações. Porém, quando avaliada nas mortadelas prontas (após cozimento), a estabilidade de emulsão não sofreu alteração ($P > 0,05$) nas diferentes concentrações de SLT e CPS; ainda assim, nenhuma das formulações contendo SLT e, ou, CPS diferiu da formulação-controle. O aumento do teor de gordura também levou à perda da estabilidade da emulsão, principalmente nas mortadelas prontas ($P < 0,05$). A cor das mortadelas variou ($P < 0,05$) com a substituição de carne por distintas combinações de SLT e CPS; o incremento na concentração de sangue (e consequente diminuição de CPS) provocou diminuição ($P < 0,05$) nos valores de L^* , b^* e no escurecimento e aumento ($P < 0,05$) no valor de a^* . À exceção do valor de b^* , que se elevou com aumento da gordura nas formulações, a modificação nos teores de gordura não exerceu efeito ($P > 0,05$) nos demais atributos de cor avaliados. Somente a formulação contendo apenas CPS (0/100) apresentou valores de L^* , a^* , b^* e de escurecimento semelhantes ($P > 0,05$) aos da formulação-controle. Os atributos de textura não variaram ($P > 0,05$) em função das diferentes misturas de SLT/CPS usadas na elaboração das mortadelas experimentais. Entretanto, embora a elasticidade e a coesividade não tenham sido influenciadas ($P > 0,05$) pela substituição de carne por nenhuma das misturas de SLT/CPS, a dureza e a mastigabilidade de mortadelas formuladas pela substituição de carne por CPS em níveis iguais ou maiores que os de SLT foram ($P < 0,05$) menores que aquelas das mortadelas-controle. Já as mortadelas formuladas pela substituição de carne por misturas de SLT e CPS, em que o nível de SLT era superior ao de CPS, não apresentaram diferença em nenhum dos atributos de textura. O aumento no teor de gordura das formulações levou à diminuição ($P < 0,05$) de todos os atributos de textura. Todos os atributos sensoriais, especialmente a cor, foram adversamente afetados ($P < 0,05$) pelo aumento dos níveis de SLT nas formulações das mortadelas. Ainda assim, todas as formulações apresentaram boa aceitação. Maiores teores de gordura proporcionaram notas de sabor mais elevadas ($P < 0,05$) e não influenciaram ($P > 0,05$) nos demais atributos sensoriais avaliados. Embora o PER e o NPR das mortadelas tenham sido inferiores

àqueles da dieta-padrão de caseína, a qualidade proteica das mortadelas foi adequada, não sendo afetada ($P < 0,05$) pela substituição de carne por SLT e CPS ou pelos diferentes níveis de SLT e CPS empregados. Todas as mortadelas apresentaram digestibilidade acima de 93%. O aumento no teor de gordura das formulações levou a maiores valores ($P < 0,05$) de ganho de peso, CEA, PER e NPR. A biodisponibilidade de ferro das mortadelas aumentou ($P < 0,05$) com o incremento nos níveis de SLT (diminuição nos níveis de CPS) em substituição à carne, e formulações contendo mais gordura apresentaram ($P > 0,05$) maior eficiência na recuperação de hemoglobina (HRE). A utilização de sangue e soro de leite em formulações de mortadelas mostrou-se viável, tanto do ponto de vista tecnológico quanto nutricional. Nas mortadelas elaboradas com soro de leite a utilização do ferro pelo organismo melhorou com o aumento nos teores de gordura das formulações.

ABSTRACT

VIDIGAL, Juliana Gonçalves, D. Sc., Universidade Federal de Viçosa, September, 2010. **Physical, chemical, nutritional and sensory characteristics of mortadellas formulated with different levels of fat and of substitution of meat for carbon monoxide-treated blood and whey.** Adviser: Lúcio Alberto de Miranda Gomide. Co-Advisers: Neuza Maria Brunoro Costa and José Benício Paes Chaves.

Aiming to turn viable the use of blood and whey as ingredients for the meat industry, the effect of substituting 20% of the meat of mortadela formulation for different combinations (100/0, 75/25, 50/50, 25/75 e 0/100) of carbon monoxide-treated blood (COTB) and reconstituted whey protein concentrate (WPC), at three fat levels (10, 20 and 30%) was evaluated. Comparing with that of control mortadela (no meat substituted and in each of the fat levels), the physical (texture profile and instrumental color), chemical (composition, total iron, heme iron and emulsion stability of mortadela batter before and after pasteurization), nutritional (protein quality and iron bioavailability) and sensory characteristics of mortadelas were evaluated. Varying formulations levels of COTB and WPC did not influence ($P>0.05$) chemical composition of the mortadelas and none of the formulations differed ($P>0.05$) from that of the control mortadela (without COTB or WPC). However, moisture and protein levels decreased ($P<0.05$), and fat content increased ($P<0.05$), with the increase in the formulations fat content. Increasing COTB content increased ($P<0.05$) formulations' iron content and those formulations with COTB content equal to, or higher than that of WPC had ($P<0.05$) greater iron content than

that of control mortadela. In opposition, varying fat content did not produce differences in the iron content of the formulations. Increasing WPC content decreased ($P<0.05$) the emulsion stability of uncooked mortadela batters. However, the emulsion stability of cooked mortadelas was not affected ($P>0.05$) by different mixtures of COTB and WPC. Even so, none of the COTB and/or WPC-containing formulation had emulsion stability differing from that of the control mortadela. Increasing the fat content of the mortadelas also produced a decrease in emulsion stability, specially in the cooked mortadelas ($P<0.05$). Mortadelas' color varied ($P<0.05$) by substituting meat for the different COTB and WPC combinations; increasing COTB (decreasing WPC) content produced ($P<0.05$) a decrease mortadelas' L^* and b^* values and darkening as well as an increase in their a^* values. Except for b^* value, which increased when increasing formulation fat content, fat content did not affect the remaining evaluated color attributes. Only the formulation based on WPC only (0/100) had L^* , a^* and b^* values and darkening index similar ($P>0.05$) to those of the control mortadela. Texture attributes did vary according to the different COTB/WPC mixtures employed during the production of the experimental mortadelas, However, though elasticity and cohesivity were not influenced ($P>0.05$) by substituting meat for any of the COTB/WPC mixtures, hardness and gumminess of mortadelas formulated by substituting meat for WPC at levels equal to, or higher than, those of COTB were lower ($P<0.05$) than those of control mortadelas. On the other hand, mortadelas formulated by substituting meat for COTB/WPC mixtures having higher COTB than WPC content did not differ from the control mortadela in any of the texture attributes. Increasing formulation fat content lead ($P<0.05$) to a decrease in all of the texture attributes. All of the sensory attributes, specially color, decreased ($P<0.05$) with the increase in the mortadelas COTB levels. Even so, all of the formulations showed good consumer acceptance. Higher fat levels produced ($P<0.05$) mortadelas with better flavor scores. Though PER and NPR of the mortadelas were always lower than those of the standard casein diet, mortadelas' protein quality were adequate and were not affected ($P>0.05$) by the substitution of meat for COTB and WPC or by the different levels of COTB and WPC used. All mortadelas had digestibility over 93%. Increasing formulations fat content produced ($P<0.05$) mortadelas with higher weight gain, feed efficiency ratio, PER and NPR. Mortadelas' iron bioavailability increased ($P>0.05$) with the increase in the substitution of meat for COTB (decrease in WPC), and formulations having

higher fat content had ($P>0.05$) higher Hemoglobin Recovery Efficiency (HRE). Adding blood and whey to mortadella formulas is both technological and nutritionally practicable. For mortadellas formulated with whey iron availability improved by increasing fat content in the formulation.

1. INTRODUÇÃO

As pesquisas com a finalidade de aproveitar os subprodutos das indústrias tornam-se muito importantes, tanto no aumento da oferta de alimentos e nutrientes quanto na diminuição de impactos ambientais (PARENTE; SILVA, 2002). Nesse contexto, no Brasil, onde a deficiência de ferro constitui sério problema de nutrição para 50% das crianças com idade de 6 a 60 meses, 15% a 30% das gestantes e 20% dos adolescentes (BRASIL, 2002), é importante que se desenvolva tecnologia apropriada para o aproveitamento do sangue animal e do soro de leite que permitam à indústria incorporá-los na alimentação humana, visando à melhor oferta de proteínas e ferro de alta biodisponibilidade.

O sangue produzido atualmente no Brasil, oriundo do abate de bovinos e suínos, é ainda muito pouco aproveitado, sendo a maior parte lançada nos mananciais hídricos, constituindo significativa fonte poluidora (MOURE et al., 1998).

As proteínas do sangue apresentam elevado valor nutritivo e excelentes propriedades funcionais para serem usadas como ingredientes em grande número de produtos cárneos (FONTES, 2006), o que justificaria seu aproveitamento mais intensivo no Brasil, assim como fazem alguns países da Europa. O ferro é também componente importante no sangue, onde está em concentração 10 vezes maior (300 mg.kg^{-1}) do que na carne vermelha (GORBATOV, 1988). Esse elevado teor de ferro heme no sangue, associado à sua excelente biodisponibilidade quando comparado com o ferro não heme, poderia ajudar na redução da prevalência de anemia ferropriva com a inclusão do sangue na alimentação humana (BRASIL, 2002).

Apesar das potencialidades apresentadas, a pequena utilização de sangue para consumo humano tem como principal obstáculo a coloração escura dos produtos à

base desse produto, ou aos quais este é adicionado (FONTES, 2006). Uma solução para minimizar o problema da coloração escura dos produtos adicionados de sangue seria a utilização concomitante de soro de leite ou seus isolados e concentrados proteicos, que poderiam tornar os produtos mais aceitáveis.

Da mesma forma que o sangue, o soro de leite é fonte alternativa de proteína que pode ser utilizada na alimentação humana e que não tem aproveitamento adequado pela indústria na produção de derivados (SGARBIERI, 2004) e, devido aos custos adicionais de seu tratamento como resíduo, é significativo ponto de poluição de mananciais hídricos (SGARBIERI, 2002).

Tanto as proteínas do sangue quanto as do soro de leite apresentam desejáveis propriedades funcionais. A composição do sangue em aminoácidos essenciais é semelhante à da carne, sendo deficiente em metionina e isoleucina (GORBATOV, 1988). O soro de leite, por sua vez, é rico nos aminoácidos deficientes no sangue e, dessa forma, poderia ser o complemento ideal para adequada composição de aminoácidos essenciais (SGARBIERI, 2004).

O estudo do balanço entre os minerais no organismo humano tem-se tornado cada vez mais importante no mundo e tomado força mais recentemente no Brasil. A literatura tem apontado que as proteínas do soro de leite parecem inibir a absorção de ferro pelo organismo (HURRELL et al., 1989). Existem vários estudos que indicam a possibilidade de interação entre cálcio, normalmente presente em altos níveis nas proteínas do soro, e outros minerais, em especial o ferro (contido no sangue e na carne) (YBARRA et al., 2001). A inibição da absorção do ferro pelo cálcio parece ocorrer tanto para ferro heme quanto para o não heme, e não são totalmente conhecidos todos os mecanismos envolvidos nessa interação (PRATHER; MILLER, 1992).

As proteínas do sangue, particularmente as do plasma, conferem-lhe excelentes propriedades emulsificantes e gelatinizantes (KNIPE, 1988), e todos os seus componentes justificam e contribuem para as características nutricionais e funcionais desse produto também como alimento (PISKE, 1982).

O soro possui proteínas com características que permitem aplicações alimentícias diversas, oferecendo benefícios tecnológicos importantes, como melhora na textura, realce do sabor e cor e emulsificação e estabilização de alimentos (SMITHERS et al., 1996), formação e estabilidade de espuma, aumento da emulsão, geleificação, formação de filmes e cápsulas protetoras (WONG et al., 1996). Nesse

contexto, os concentrados proteicos de soro de leite são sistemas multifuncionais que vêm sendo adicionados a diversos alimentos, com o objetivo de modificar propriedades por meio da gelatinização, aumento de viscosidade, estabilização de emulsões ou espumas, entre outros (ANTUNES et al., 2003).

O crescimento da preocupação do consumidor com a sua saúde, em especial quanto aos aspectos relacionados a doenças coronarianas, tem levado a indústria de carnes a buscar por ingredientes, cárneos ou não, que reduzam os teores de gordura e ao mesmo tempo melhorem as propriedades de textura e retenção de água nos produtos. A substituição da gordura por proteínas é, então, alternativa que vem sendo estudada devido ao interesse do consumidor por produtos com menores teores de gordura e também devido às excelentes propriedades funcionais e nutricionais conferidas por essas proteínas (YANG et al., 2007).

A gordura da formulação dos alimentos afeta as propriedades ligantes, assim como os atributos reológicos e estruturais da carne e, especialmente, de produtos cárneos finamente moídos, como os emulsionados (YANG et al., 2007). Assim, a gordura exerce papel importante na formação de emulsões estáveis (HUGHES et al., 1998), e produtos com baixo teor de gordura podem ter a aceitação comprometida (YANG et al., 2007). A queda do conteúdo de gordura para valores inferiores a 20% em emulsões cárneas pode resultar em produto de textura, sabor e aparência inaceitáveis (MILES, 1996, citado por YANG, 2007).

Como a água é o principal constituinte da carne (cerca de 70% na carne magra), a habilidade do produto em reter a água original ou adicionada é característica importante do ponto de vista econômico. Além do rendimento, a perda de água no cozimento afeta negativamente outros atributos, como sabor, suculência e textura. O soro de leite, principalmente na forma de concentrado proteico, é alternativa para melhorar as características de rendimento e aceitação, já que possuem propriedades que permitem seu uso como substância enchedora, ligadora e extensora (BARBUT, 2006).

Diante do exposto, este trabalho teve por objetivo avaliar a influência de diferentes teores de gordura e da substituição de carne por sangue tratado com monóxido de carbono e por soro de leite nas características tecnológicas, nutricionais e sensoriais de mortadelas.

2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

2.1 Produzir mortadelas substituindo 20% da carne por misturas distintas de sangue líquido tratado com monóxido de carbono (SLT) e concentrado proteico de soro de leite reconstituído (CPS) em diferentes níveis de gordura (10, 20 e 30%).

2.2 Avaliar o efeito da gordura e da utilização de SLT e CPS nas características físico-químicas (composição química e estabilidade de emulsão) e físicas (textura e cor objetiva) nas mortadelas formuladas.

2.3 Avaliar sensorialmente, por meio de teste de Aceitação, a cor, o sabor e a impressão geral das mortadelas formuladas.

2.4 Avaliar o efeito da gordura e da utilização de SLT e CPS na qualidade proteica e na biodisponibilidade de ferro das mortadelas formuladas.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. O impacto ambiental da produção de alimentos

A população mundial atingiu, no início de 2007, o número de 6,6 bilhões de pessoas e, de acordo com estimativas da Organização das Nações Unidas (ONU), até 2050 seremos quase 9,2 bilhões, o que significa aumento de 2,6 bilhões de habitantes no planeta. Esse crescimento populacional equivale ao tamanho total da população mundial no ano de 1950 e será absorvido, em sua maioria, por países em desenvolvimento, entre eles o Brasil (DESA, 2006).

O contínuo aumento populacional pode ter várias consequências negativas, e a principal delas parece ser a escassez de alimentos, apesar de haver também que se considerar a má distribuição entre países desenvolvidos e subdesenvolvidos.

Com o aumento da população e o desenvolvimento dos países, eleva-se também a poluição produzida, causando incremento dos já enormes problemas ambientais relacionados a esse fator, já que uma população ainda maior tende a produzir cada vez mais desperdícios. Esse aumento da poluição poderá implicar também degradação de muitos ecossistemas naturais, o que já vem ocorrendo.

Pode-se afirmar que não existe na atualidade, em todo o planeta, ecossistema que não tenha sofrido influência direta ou indireta do homem, com contaminação de ambientes aquáticos, desmatamentos, contaminação de lençóis freáticos e introdução de espécies exóticas, resultando na diminuição da diversidade de *habitats* e perda da biodiversidade. Essa influência se deve, muitas vezes, à necessidade de obtenção de

alimentos, gerando desenvolvimento com retorno de capital ao setor produtivo, mas, ao mesmo tempo, devolvendo rejeitos e efluentes aos recursos naturais, com degradação, geralmente, irreversível (GOULART; CALLISTO, 2003).

A agricultura brasileira é vista como atividade humana que mais consome água potável e, juntamente com a pecuária e a siderurgia, permite classificar o país como grande exportador de água, com quase 95% das exportações brasileiras assentadas sobre atividades econômicas que dependem da água (DETONI et al., 2007).

Tanto a agricultura quanto a pecuária, bem como a industrialização dos produtos desses setores, têm causado o esgotamento gradativo dos recursos hídricos e, juntamente com o consumo irresponsável, a poluição dos rios e mananciais é fator relevante na redução da água do planeta. Enquanto a agricultura, por meio da irrigação, consome 73% da água disponível no planeta, a indústria é responsável por consumir mais 22%, e neste setor há também que se considerar a indústria de alimentos. Para a produção de 1 kg de carne bovina, suína e de aves são gastos, em média, respectivamente, 1.800, 1.300 e 20 L de água de forma direta ou indireta; 1 kg de milho necessita de 1.600 L de água para sua produção (DETONI et al., 2007).

Significativa se mostra a ação poluidora do setor agroindustrial, especialmente no caso das águas, através dos efluentes contendo diversas substâncias orgânicas e sólidos suspensos. O setor de laticínios é responsável por descarregar elevada quantidade de resíduos nos mananciais hídricos, na sua maioria orgânicos. Nesse sentido, o soro de leite tem sido problema de relevância crescente, uma vez que é possível observar crescimento na produção nacional de queijos e, conseqüentemente, aumento na poluição das águas de rios e esgotos, já que grande parte desse resíduo é descartado sem tratamento adequado (PARENTE; SILVA, 2002).

A geração de resíduos mostra-se expressiva também em abatedouros, já que essa atividade representa considerável parcela das agroindústrias instaladas no país, originando resíduos com alto poder poluidor em praticamente todas as etapas de criação e processamento. Tal fato requer alto nível de tratamento de efluentes, com remoção de resíduos sólidos e tratamento dos resíduos líquidos.

As águas residuárias dos abatedouros contêm sangue, gordura, excrementos, substâncias presentes no trato digestório, entre outros, caracterizando efluente com elevada concentração de matéria orgânica. O consumo de água e o volume gerado de

resíduo por animal abatido variam em função da capacidade do abatedouro e da variação da carga orgânica presente nos efluentes de diferentes indústrias depende do grau de reaproveitamento e dos cuidados na operação, em especial com o sangue (BEUX, 2005).

Assim como em laticínios, importante no processo de tratamento dos resíduos dos abatedouros é o aproveitamento de subprodutos, como o sangue, no caso dos resíduos líquidos, o que promoveria redução significativa na carga do sistema para tratamento. Além disso, assim como o soro de leite, o sangue possui elevado valor nutritivo, podendo ser usado em formulações para enriquecer nutricionalmente os produtos formulados.

A ONU prevê que a escassez de água no mundo em 2025 já afetará 2 bilhões de pessoas em áreas urbanas (DETONI et al., 2007), e medidas que tornem possível a otimização de sua utilização e principalmente sua recuperação serão cada vez mais importantes. Apesar da crescente demanda por alimentos, a tendência para o futuro é a recuperação de áreas ambientais degradadas, e as reservadas para a produção de alimentos deverão ter otimização em relação à sua utilização, já que se tornarão também escassas. Assim, a melhoria da eficiência na produção de alimentos torna-se imprescindível e vem sendo conseguida por melhoramentos e modificações genéticas, melhoria na utilização de nutrientes, entre outros, com o objetivo de maximizar a utilização das áreas produzidas ou minimização do tempo de produção.

A redução do volume de efluentes, bem como da carga poluidora gerada nos processos industriais, tem-se mostrado de fundamental importância na compatibilização das atividades produtivas com o meio ambiente e está intimamente associada aos conceitos de produtividade. Assim, são mais viáveis as alternativas de processos que resultem em menor consumo de água e diminuição de perdas de matérias-primas e, ou, produtos ou subprodutos (PARENTE; SILVA, 2002).

Nesse contexto, as pesquisas com a finalidade de aproveitar os chamados subprodutos, tanto de origem vegetal quanto animal, torna-se também relevante, tanto no que diz respeito ao aumento da oferta de alimentos e nutrientes como em relação à diminuição de impactos ambientais, já que tais subprodutos são agentes poluentes que geram impactos quando não são tratados e, quando tratados para serem despejados em mananciais, são fontes de custos significativos para a indústria.

3.2. O sangue animal

O sangue animal produzido nos abatedouros constitui o mais problemático subproduto da indústria de carnes, devido aos elevados volumes gerados e seu alto poder poluente. Por esses motivos, regulamentos legais impedem seu lançamento diretamente em mananciais hídricos, levando a indústria a fazer uso de técnicas para tratar esse subproduto antes de descartá-lo (DEL HOYO et al., 2008). Assim, grande desafio dos pesquisadores é transformar esse subproduto em ingrediente para a indústria de alimentos, o que possibilitaria a melhoria das propriedades nutricionais e funcionais dos produtos industrializados, especialmente os cárneos, e contribuiria também para a diminuição do problema ambiental (SILVA et al., 2003).

Segundo dados do ANUALPEC (2008), em 2007 o Brasil abateu 42,7 milhões de bovinos e cerca de 34 milhões de suínos, dos quais foram geradas aproximadamente 532.000 toneladas de sangue, considerando o fato de se poder obter de 10 a 12 kg de sangue a partir de bovinos e de 2,5 a 3 kg de suínos (OCKERMAN; HANSEN, 1994). Levando em consideração que a partir de 100 kg de sangue são obtidos entre 60 e 70 kg de plasma, com 7 a 8% de proteína e 30 a 40% de eritrócitos e com 30 a 40% de proteína (YANG; LIN, 1996; GORBATOV, 1988; WISMER-PEDERSEN, 1979), isso representaria mais de 95.000 toneladas de proteína concentrada. Esse número poderia ser substancialmente aumentado se se considerar que de 30 a 50% dos abates bovinos efetuados no país são clandestinos (SOUZA, 1998; MATHIAS, 2008). Além disso, levando em conta que o sangue tem em sua composição em torno de 300 mg.kg^{-1} de ferro, deixa-se de aproveitar mais de 153 toneladas de ferro heme com a não utilização do sangue proveniente dos abatedouros.

O problema ambiental causado pelo não aproveitamento do sangue se deve, principalmente, aos elevados volumes gerados desse subproduto e ao seu enorme poder poluente, com demanda bioquímica de oxigênio (DBO) entre 150.000 e 200.000 $\text{mg O}_2.\text{L}^{-1}$. Comparando a produção de esgoto doméstico, um abatedouro com capacidade para abate de 500 bovinos por dia produz volume de efluentes e carga orgânica equivalente aos de uma população de 5.000 e 50.000 habitantes, respectivamente (BEUX, 2005). Portanto, tais números permitem concluir que o abate de bovinos no Brasil, em 2008, gerou volume de efluentes semelhante ao

produzido por 42,7 milhões de pessoas e carga orgânica semelhante à produzida por mais de 400 milhões de pessoas.

O aproveitamento do sangue nos abatedouros poderia representar aumento no rendimento (6-7% em termos de proteínas) da carcaça de bovinos e suínos, além de diminuir a poluição ambiental (WISMER-PEDERSEN, 1979). Apesar de ser bem utilizado em diversos países para alimentação humana, no Brasil e na América do Sul o sangue não é usualmente aproveitado (VIANA et al., 2003) e, sim, descartado nos mananciais hídricos, causando contaminação e aumentando a concentração de sólidos suspensos (OCKERMAN; HANSEN, 1994).

Apesar do baixo aproveitamento do sangue no Brasil, estudos têm sido realizados para melhorar sua utilização em produtos alimentícios, assim como das suas frações (globina e plasma).

3.2.1. Composição

A composição do sangue de animais de açougue é variável e difere em razão, principalmente, da idade e sexo do animal e da alimentação a ele fornecida (DELANEY, 1977). O sangue suíno é composto de: 79% de água, 18,5% de proteína, 0,15% de gordura, 0,07% de carboidratos e 0,86% de minerais (GORBATOV, 1988). À exceção do ferro, presente em quantidade 10 vezes maior (300 mg.kg⁻¹), sua composição é semelhante à da carne, com todos os seus componentes justificando e contribuindo para as características nutricionais e funcionais dele também como alimento (PISKE, 1982). É caracterizado por componentes celulares (eritrócitos, leucócitos e plaquetas), que perfazem 35 a 40% do total, e uma fase líquida denominada plasma, que contém substâncias orgânicas e inorgânicas em solução, correspondendo a cerca de 65 a 70% (HALLIDAY, 1973). As proteínas mais abundantes no sangue são a hemoglobina nos eritrócitos e a albumina no plasma (HALLIDAY, 1975).

A fração celular ou vermelha, que corresponde a aproximadamente 40% do sangue, é constituída por 34 a 38% de proteínas e 62 a 64% de água (LIU, 2002). A hemoglobina é a principal proteína presente nessa fração, representando 95% do seu peso de matéria seca (TOLDRA et al., 2008). Tal proteína é responsável pela sua cor vermelha intensa característica e é a mais abundante proteína no sangue (150 g.L⁻¹), sendo formada por quatro cadeias polipeptídicas, duas α e duas β , e a cada cadeia

está ligado um grupo heme. Este grupo consiste de uma complexa estrutura orgânica, chamada de protoporfirina, à qual está ligado um átomo de ferro no estado ferroso. O átomo de ferro ferroso tem seis valências de coordenação, quatro delas ligando-se à protoporfirina, uma ao nitrogênio imidazólico de um resíduo de histidina da parte proteica (globina) e uma que se liga reversivelmente com o oxigênio ou com o gás carbônico (LEHNINGER, 1995).

O plasma é a porção do sangue de maior interesse industrial, por não conferir cor escura indesejável aos produtos aos quais é adicionado, sendo, por isso, mais amplamente utilizado. Contém um terço do total das proteínas do sangue, com composição de 7 a 8% de proteínas, 91% de água e aproximadamente 1% de sais e compostos de baixo peso molecular. À exceção da hemoglobina, as proteínas do sangue estão todas concentradas no plasma (DEL HOYO et al., 2008), sendo subdivididas em: albuminas (50-60%), globulinas (40-50%) e fibrinogênio (1-3%). Com a remoção do fibrinogênio do plasma, a fração remanescente denomina-se soro (DÁVILA et al., 2007).

3.2.2. Qualidade nutricional

Tanto a globina quanto o plasma sanguíneo contêm proteínas com balanço adequado de quase todos os aminoácidos indispensáveis (VIANA et al., 2003). Desidratado, o sangue possui duas vezes mais proteínas do que o leite em pó desnatado, três vezes mais do que o leite em pó integral e sete vezes mais do que o soro de leite em pó (GORBATOV, 1988).

As proteínas do sangue possuem quase todos os aminoácidos essenciais nos níveis recomendados pela FAO; são deficientes em metionina e, especialmente, em isoleucina (OCKERMAN; HANSEN, 1994; KNIPE, 1988; FAO, 1982; WISMER-PEDERSEN, 1979; SATTERLEE, 1975; YOUNG et al., 1973). Entretanto, em estudo realizado por Fontes (2006), essa deficiência não causou efeito no crescimento, avaliado por meio do coeficiente de eficiência proteica (PER) e razão proteica líquida (NPR) de animais submetidos a dietas à base de mortadelas contendo quantidades crescentes (0-20%) de sangue suíno tratado com monóxido de carbono.

Segundo estudo apresentado por Young et al. (1973), o plasma sanguíneo possui PER maior (2,15) do que o da caseína (1,94). Nesse estudo, a adição de 1,2% de isoleucina à globina provocou aumento do PER de 1,05 para 2,88.

Belkot (2001) também avaliou o valor nutricional do sangue bovino, e os resultados indicaram, em ambas as frações do sangue, isoleucina como o aminoácido limitante. O PER do plasma (2,54) foi equivalente ao da caseína (2,50) e significativamente maior que o das células vermelhas (0,96).

As deficiências proteicas do sangue integral e da globina em especial podem ser minimizadas pela sua combinação com outras fontes proteicas, como soro desidratado de leite, cereais, caseinato, entre outros.

Bates et al. (1974), avaliando a utilização de sangue e soro de leite em formulações de pão, observaram melhoramento, do ponto de vista nutricional, das formulações contendo esses dois subprodutos da indústria de alimentos. Nesse trabalho, a adição de sangue e soro foi testada nas proporções de 1:1, 3:1, 1:3 (sangue:soro), além da adição de cada um separadamente. O teor de proteínas aumentou de 11,6% no pão tradicional para 14,2; 17,6; e 12,6%, respectivamente, e para 19,2 e 12,9% na adição de sangue e soro integral, separadamente. Os valores de PER apresentados nesse estudo confirmaram o ganho nutricional da adição de sangue e soro. Em relação ao PER da caseína (2,50), o pão tradicional apresentou PER de 0,83, ao passo que as formulações supracitadas mostraram PER de 1,82; 1,85; 1,38; 1,52; e 0,90, respectivamente.

Em avaliação nutricional de um biscoito de chocolate enriquecido com 6% de sangue bovino seco, Da Silva e Mellado (1994) observaram que o produto apresentou 60% mais proteína e seis vezes mais ferro que um biscoito semelhante, sem sangue, com valor energético (524,4 kcal/100 g) e qualidade de sua proteína (NPU: 48,4) satisfatórios.

Fontes (2006) observou o mesmo desempenho dos índices PER e NPR de mortadelas com quantidades crescentes (0-20%) de sangue tratado com monóxido de carbono na formulação e do padrão de caseína ($P > 0,05$), não evidenciando deficiências dos aminoácidos limitantes metionina e isoleucina. Entretanto, a digestibilidade proteica das formulações contendo sangue foi inferior ($P < 0,05$) à da caseína, com ligeiro decréscimo desse índice à medida que se aumentava a utilização de sangue. Todavia, valores de digestibilidade em torno de 90% das mortadelas contendo sangue, aliados ao perfil balanceado de seus aminoácidos, garantiram alta qualidade das proteínas desses produtos.

A hemoglobina, apesar da maior limitação em isoleucina, apresenta propriedades nutricionais e funcionais importantes, e tal fato se dá, sobretudo, pela

presença do ferro heme em grande quantidade nessa molécula, o qual é mais facilmente utilizado pelos organismos do que as formas não heme presentes em vegetais ou fornecidos como suplementos na forma inorgânica de sulfato ferroso. Ainda, a hemoglobina pode ser usada como ingrediente funcional ou corante natural, por conferir cor vermelha em produtos alimentícios (TOLDRA et al., 2008).

3.2.3. Biodisponibilidade de ferro

O sangue contém 300 mg.kg^{-1} de ferro, comparados a 26, 30 e 16 mg.kg^{-1} existentes nas carnes bovina, ovina e suína, respectivamente (GORBATOV, 1988; OELLINGRATH; SLINDE, 1985). O elevado teor de ferro heme no sangue, associado à sua alta biodisponibilidade quando comparado com o de ferro não heme (MIELNIK; SLINDE, 1983; WISMER-PEDERSEN, 1979), pode prevenir anemias ferroprivas e auxiliar no seu tratamento, podendo ser visto como alternativa para a melhoria desse problema de saúde pública.

Entre os estudos conduzidos com o sangue, muitos avaliaram a composição em ferro dos alimentos que o contêm e, ou, seus derivados em sua formulação. Nesse contexto, Da Silva e Mellado (1994) desenvolveram um biscoito de chocolate enriquecido com sangue bovino contendo seis vezes mais ferro que um biscoito semelhante, sem sangue. Na avaliação do uso de hemoglobina em pó como suplemento de ferro em produtos cárneos, Radmili et al. (1995) observaram que a adição de 0,5% desse pigmento aumentou o conteúdo de ferro em 77%, enquanto Kocovski et al. (1994) comprovaram que a adição de 15% de sangue bovino ou de 2,5% de hemoglobina em pó a produtos cárneos provocou aumento no conteúdo total de ferro de 3,08 a 3,3 vezes.

Pereira (2000), avaliando mortadela com 20% de substituição de carne por sangue ou sangue tratado com monóxido de carbono, encontrou teores de ferro de, respectivamente, 78,26 e $74,33 \text{ mg.kg}^{-1}$, contra $40,34 \text{ mg.kg}^{-1}$ em mortadela-controle (sem adição de sangue). Portanto, o aumento dos teores de ferro foi de 94 e 84%. Santos (2007), substituindo 10% da carne por uma combinação de sangue e concentrado proteico de soro de leite, encontrou aumento significativo nos teores de ferro a partir de 4% de substituição por sangue, com elevação dos teores variando de 48 (4% de substituição) a 153% (10% de substituição), em relação ao controle, sem sangue adicionado.

Duarte et al. (1999) determinaram o impacto de um produto proveniente da fração celular sanguínea desidratada de bovinos rica em ferro heme, nos níveis hematimétricos de seres humanos. O grupo suplementado com o ferro, apesar de apresentar níveis normais de estoque de ferro no início do estudo, obteve melhores resultados em comparação com o não suplementado. Observou-se, ainda, aumento significativo ($P < 0,05$) nos níveis de ferro sérico no grupo suplementado com a fração celular, evidenciando que o ferro dessa fração foi absorvido e utilizado pela população do estudo no período de dois meses. Esse estudo indica a possibilidade de uso desse produto no tratamento da anemia ferropriva.

Fontes (2006), avaliando a biodisponibilidade do ferro de dietas à base de mortadelas preparadas com distintos níveis de substituição de carne por sangue (0-20%), observou incremento no ganho de hemoglobina, que foi proporcional à concentração de ferro das dietas, demonstrando a boa biodisponibilidade do ferro assim fornecido.

3.2.4. O monóxido de carbono e a cor de carnes e derivados

Tecnologicamente, o grande gargalo da utilização do sangue como ingrediente na indústria de carnes é a cor escura do produto final, pouco aceita pelo consumidor. Portanto, para a utilização integral do sangue e o consequente aproveitamento nutricional total, a alternativa promissora que vem sendo estudada é a formação do pigmento de carboxiemoglobina (COHb), a partir da saturação da hemoglobina com o gás monóxido de carbono (CO), pigmento que apresenta coloração vermelho-clara brilhante.

Produtos processados adicionados de sangue tratado com monóxido de carbono, principalmente os tratados termicamente, podem apresentar coloração mais estável e aceitável, já que a afinidade do CO pela hemoglobina (Hb) é 200 vezes superior à afinidade do oxigênio pela Hb (ANTONINI; BRUNORI, 1971), e esse composto tem constante de dissociação 1.000 vezes menor do que a constante da oxiemoglobina (O_2Hb), principalmente em ambiente sem oxigênio, garantindo uma ligação forte durante a formação do pigmento (LIVINGSTON; BROWN, 1981; GIDDINGS, 1977). Essa baixa constante de dissociação do composto também confere estabilidade para o ferro se manter no estado de oxidação Fe^{++} , sendo o complexo diamagnético resultante completamente inerte às reações com moléculas

paramagnéticas (LIVINGSTON; BROWN, 1981; GIDDINGS, 1977). Assim, a liberação do ligante da sexta posição do ferro e a consequente oxidação desse metal (formação de metaemoglobina) são menos prováveis de ocorrer quando o oxigênio é substituído pelo CO na molécula de hemoglobina do sangue.

Fontes et al. (2010, 2004), testando a estabilização da hemoglobina pela saturação do sangue com CO, verificaram que o sangue apresenta coloração mais agradável e estável que o sangue não tratado. Testando a utilização do sangue tratado com CO em formulações, os resultados de Pereira (2000) indicaram fortes alterações de cor em embutido cárneo emulsionado (mortadela) formulado pela substituição de carne por diferentes concentrações de sangue fresco ou tratado com monóxido de carbono. Com base nesses resultados, a utilização, juntamente com o sangue tratado, de outros subprodutos pouco aproveitados pela indústria e fontes de nutrientes poderia melhorar a cor dos produtos cárneos formulados.

A utilização do CO na preservação da cor e aumento da vida de prateleira de produtos cárneos pode, também, ser feita pela utilização desse gás em atmosferas modificadas. Nesse sentido, muitos trabalhos têm sido realizados, e a concentração de CO apresenta-se variada na literatura, assim como a sua associação com outros gases (BREWER et al., 1994; JAYASINGH et al., 2001; VIANA et al., 2005a; LANDA SARMIENTO, 2006).

De acordo com Sørheim et al. (1997), o desafio do uso de atmosfera modificada em carnes é a estabilização da sua cor vermelha. O efeito positivo do CO na cor da carne foi conhecido e patenteado há mais de 100 anos. Apesar desse conhecimento, o CO atualmente tem sido aplicado comercialmente ainda de forma tímida, sendo a indústria de carnes da Noruega pioneira no uso do CO para embalagem de carnes frescas.

A indústria de carne da Noruega utilizou misturas gasosas contendo 0,3 a 0,5% de CO, 60 a 70% de CO₂ e 30 a 40% de N₂ nas embalagens primárias de carnes bovina, suína e de cordeiro por aproximadamente 19 anos, desde 1985. As embalagens com essas misturas gasosas representaram cerca de 60% das vendas no varejo de carne vermelha naquele país (SØRHEIM et al., 1999). Em 2004, porém, o uso de CO para carne foi descontinuado na Noruega não por razões de segurança, mas para haver conformidade com as regulamentações dos parceiros de negócios europeus (WILKINSON et al., 2006).

Nos Estados Unidos, em fevereiro de 2002, a Food and Drug Administration (FDA) autorizou o uso de CO em um sistema para pré-tratamento da carne fresca. A partir de 2003, a autorização para uso de CO foi estendida para a embalagem primária (bandeja) e, desde então, milhões de dólares vêm sendo investidos na implantação de sistemas de produção de carne fresca pré-embalada em bandejas em atmosfera modificada em larga escala (WEISS, 2006).

3.2.5. O problema da cor

Como anteriormente apontado, um dos principais problemas encontrados no aproveitamento do sangue integral na indústria alimentícia é a cor marrom-escura apresentada pelos produtos elaborados (TORRES et al., 1997; YANG e LIN, 1996; STIEBING, 1990), fato que se dá pela grande quantidade de hemoglobina presente no sangue e pela instabilidade do pigmento O₂Mb (ANTONINI; BRUNORI, 1971; LIVINGSTON; BROWN, 1981). Assim, a utilização do sangue pela indústria, em proporções significativas, somente acontecerá quando as mudanças nas propriedades sensoriais dos produtos finais provocadas por esse resíduo forem minimizadas (WISMER-PEDERSEN, 1979).

Devido às indesejáveis modificações sensoriais (cor), promovidas pela utilização de sangue em formulações cárneas, sua incorporação em produtos diversos vem sendo avaliada cautelosamente. Nesse sentido, Stiebing (1990) buscou encontrar as proporções de incorporação de sangue que não interfeririam negativamente na cor de embutidos, verificando que o valor máximo permitido para adição de sangue nesses produtos seria de 10%. O mesmo resultado (10% de incorporação de sangue) já havia sido relatado por Wismer-Pedersen (1979) para embutidos emulsionados. Já Slinde e Martens (1982) observaram que a impressão sensorial de cor começa a ficar prejudicada com níveis de adição de sangue acima de 3,5%. Também Rust (1988) afirmou que a incorporação de sangue em embutidos cárneos, em níveis superiores a 3%, produz tonalidade escura indesejável, em oposição à cor rósea ou vermelha desejável. No entanto, a cor conferida pelo sangue pode ser desejável, como no caso de se adicionar sangue integral em salsichas tipo Frankfurt para intensificar a cor do produto, visando reduzir os teores de nitrato e nitrito, técnica comum em muitos países (MUSCLE, 1986).

A utilização isolada de uma das frações do sangue ou a combinação destas em proporções distintas das encontradas naturalmente nesse ingrediente (HAAST et al., 1987; CALDIRONI; OCKERMAN, 1982; DELANEY, 1977) tem sido promovida como tentativa de contornar os problemas de cor causados pela sua incorporação nas formulações de alimentos, procedimento que muitas vezes é considerado insatisfatório. Um exemplo é a incorporação do plasma líquido ou concentrado e desidratado (TYBOR et al., 1975) a produtos alimentícios, que resulta no aproveitamento de apenas cerca de 30% das proteínas do sangue, não permitindo custo competitivo com outras proteínas, como as do leite e da soja, usadas nas formulações de embutidos, além de não incorporar ferro à dieta (OCKERMAN; HANSEN, 1994; WISMER-PEDERSEN, 1979). Além disso, a adição de mais de 12% de plasma sanguíneo em embutidos cárneos leva à geração de produtos de cor pálida (CALDIRONI; OCKERMAN, 1982).

Também na tentativa de contornar o problema da modificação da cor, a utilização de uma fração da hemoglobina, por intermédio da eliminação do grupo heme desse pigmento (WISMER-PEDERSEN, 1979; TYBOR et al., 1975), é outra técnica de descoloração utilizada, mas que leva à diminuição do valor biológico e funcional das proteínas, além de poder conferir sabor desagradável (OCKERMAN; HANSEN, 1994; WISMER-PEDERSEN, 1979; GIDDINGS, 1977; TYBOR et al., 1973) e diminuir o fornecimento do ferro, que estaria presente na fração heme eliminada.

Com o intuito de minimizar a interferência do sangue na cor dos produtos nos quais é adicionado e ao mesmo tempo aproveitar integralmente esse resíduo, Pereira (2000) avaliou a utilização de sangue tratado com monóxido de carbono em formulações de mortadelas, objetivando estabilizar a cor vermelha desse ingrediente, já que, como mencionado, o pigmento COHb é consideravelmente mais estável do que o O₂Mb, naturalmente presente no sangue. Neste estudo, a carne das formulações de mortadelas foi substituída por sangue suíno tratado ou não tratado com monóxido de carbono, em distintas proporções (0-20%). Como resultado, este trabalho constatou que a elevação nos níveis de adição de sangue promoveu aumento no valor de ΔE^* (diferença de cor em relação à formulação-controle, sem sangue), pelo sistema CIELAB (L^* , a^* , b^*). De acordo com os valores de ΔE^* , a diferença de cor das mortadelas foi classificada como forte já no nível de 5% de substituição de carne e muito forte nos demais níveis de substituição (10, 15 e 20%), fato que ilustra como

a cor pode ser influenciada pelo uso de sangue nas formulações, mesmo quando o pigmento é estabilizado pelo tratamento com CO.

3.2.6. Propriedades funcionais

Funcionalidade pode ser definida como alguma propriedade não nutritiva do alimento ou ingrediente que interfere na sua utilização em determinada formulação. As proteínas são responsáveis pela maioria dessas propriedades desejáveis, formando filmes interfaciais que estabilizam emulsões e espumas e interagindo para formar redes associadas com géis (queijos e carne) e filmes comestíveis (MANGINO, 1984). Entretanto, a funcionalidade do alimento é dependente não somente das proteínas, mas também de outros componentes do alimento, assim como de processos por que este passou (TYBOR et al., 1975; HARPER et al., 1978; DEL RIO DE REYS et al., 1980; RAEKER; JOHSON, 1995; FOEGEDING et al., 2002).

A proteína manifesta a característica de funcionalidade quando tem a capacidade de interagir com outros componentes dentro do sistema no qual está presente, e essa interação envolve moléculas de solvente, solutos, outras proteínas e demais substâncias dispersas no solvente, como óleo ou ar. Essas interações podem requerer que a proteína esteja livre para que se mova através do sistema ou para que altere sua estrutura de forma a permitir as interações (MANGINO, 1984).

A capacidade de retenção de água é uma propriedade funcional importante e interfere positivamente na maciez, cor, sabor e rendimento dos produtos (LUVIELMO; ANTUNES, 2006). Interações das proteínas com a água dependem tanto da estrutura da proteína quanto de seu comportamento no sistema, e as moléculas de água tendem a associar-se através de pontes de hidrogênio. Na presença de solutos em água, estes serão solúveis se a energia livre de Gibbs (ΔG) de associação água-soluto for menor do que o valor dessa grandeza para as associações água-água e soluto-soluto.

A composição em aminoácidos é importante para a capacidade de retenção de água, já que proteínas contendo elevado teor de aminoácidos carregados tendem a ligar grandes quantidades de água (4 a 7 moléculas de água por resíduo de aminoácido carregado). O arranjo dos aminoácidos na estrutura proteica final é também importante para essa característica funcional. Caso grupos capazes de formar pontes de hidrogênio tenham seu contato com a água impedido, eles poderão

interagir entre si, diminuindo drasticamente a quantidade da água ligada às proteínas. Entretanto, se a molécula de proteína está presente na forma não ligada, a sua capacidade de reter água é maximizada, sendo essa capacidade ainda maior no caso de as proteínas estarem desnaturadas (MANGINO, 1984).

O pH afeta a capacidade de as proteínas se ligarem à água, já que os aminoácidos carregados são os principais responsáveis por essa característica funcional e totalmente afetados pelo pH do meio. Portanto, a modificação do pH causa mudança no número de aminoácidos carregados presentes na molécula de proteína. Ainda, o pH afeta a conformação da proteína, podendo expor ou tornar inacessíveis potenciais sítios de ligação com a água (TYBOR et al., 1975).

A separação do sangue em suas frações (plasma e células vermelhas) para utilização como ingrediente funcional visa, principalmente, otimizar a utilidade e funcionalidade da albumina do plasma e eliminar o problema da cor indesejável conferida pelas células vermelhas (TYBOR et al., 1975). Todavia, estudos apontaram que as células vermelhas também apresentam características funcionais relevantes, e alternativa que vem sendo empregada é a utilização da globina descolorida, obtida pela destruição do grupo heme da molécula de hemoglobina (WISMER-PEDERSEN, 1979; TYBOR et al., 1975). Contudo, além de significativa perda nutricional, causada pelo decréscimo na biodisponibilidade do ferro presente, tal processo acarreta alteração indesejável no sabor, além de diminuição no valor funcional e nutricional das proteínas do sangue (TYBOR et al., 1973; GIDDINGS, 1977; WISMER-PEDERSEN, 1979; OCKERMAN; HANSEN, 1994).

O uso do sangue bovino em formulações cárneas tem sido limitado a produtos que passarão por processo de tratamento térmico, já que as proteínas do plasma não apresentam capacidade de reter água sem sofrer aquecimento. Ainda, a desnaturação da hemoglobina pelo calor promove a eliminação do sabor residual de sangue indesejável (GUZMAN et al., 1995).

Del Hoyo et al. (2008) demonstraram que a mínima solubilidade das proteínas do plasma sanguíneo ocorre em seu ponto isoelétrico, em torno de $\text{pH} = 6,4$, já que nesse valor de pH as cargas da rede proteica não são suficientes para manter dispersas as redes polipeptídicas, causando decréscimo em sua solubilidade. Nesse contexto, Dávila et al. (2007) demonstraram que o pH exerce pouca influência na solubilidade das frações de proteínas do plasma (soro, globulinas e albuminas) e apontaram maior solubilidade para as albuminas. A alta solubilidade da albumina é

devida ao seu baixo conteúdo de resíduos não polares e elevado conteúdo de aminoácidos carregados.

Tybor et al. (1973) demonstraram que a solubilidade das proteínas do plasma sanguíneo foi pouco afetada pelas mudanças de pH do meio, enquanto a globina se apresentou mais solúvel em pH 6,0. Já Tybor et al. (1975), avaliando a influência de cossoluto (lactose), tratamento térmico e pH na solubilidade das frações proteicas do sangue (plasma e globina), concluíram que os tratamentos por *spray dryer* a 160 e 193 °C provocaram redução de 20% na solubilidade das proteínas do plasma, em comparação com a solubilidade dessas proteínas desidratadas por liofilização. Para esse grupo de proteínas, a incorporação da lactose antes da secagem provocou efeito protetor na solubilidade das proteínas plasmáticas. Em relação ao pH, as proteínas do plasma apresentaram solubilidade superior ou igual a 90% em pH < 4 ou pH > 6, com mínimo de 74% de solubilidade em pH 4,8, enquanto a globina teve máxima solubilidade em pH < 6.

Devido ao significativo número de produtos que demandam as propriedades de superfície de determinados ingredientes da indústria de alimentos, como emulsificação e capacidade de formação e estabilização de espumas, elas desempenham importante papel no processamento. Nesses sistemas, as proteínas são consideradas fundamentais estabilizadoras, devido à sua considerável habilidade de modificação da textura via formação de filmes (DÀVILLA et al., 2007). De todas as propriedades funcionais das proteínas, a capacidade de emulsificação pode ser considerada a mais básica e importante, tornando indispensável a sua utilização nas formulações de produtos cárneos cominuídos (triturados) e emulsionados (NAKAMURA et al., 1984).

Ambas as frações proteicas do sangue, plasma e globina, possuem excelentes propriedades emulsificantes (TYBOR et al., 1973; TYBOR et al., 1975; CALDIRONI; OCKERMAN, 1982), exibindo capacidade de formação e estabilização de emulsão igual ou superior a outros conhecidos concentrados de órgãos ou tecidos, incluindo as proteínas musculares (SATTERLEE; FREE, 1973).

Crenwelge et al. (1974), comparando a capacidade emulsificante da globina com a de outras proteínas (semente de algodão, soja e leite), encontraram que a primeira tem a melhor capacidade emulsionante entre todas essas fontes proteicas pesquisadas. As proteínas do plasma sanguíneo apresentam, ainda, maiores valores para esse desejável atributo (NAKAMURA et al., 1984). De acordo com Raeker e

Johnson (1995), tanto o plasma sanguíneo quanto os seus principais constituintes proteicos (albumina, globulina e fibrinogênio), foram melhores emulsificantes do que a clara de ovo e seus constituintes proteicos (ovoalbumina e globulinas), ingrediente esses dos mais utilizados pela indústria de panificação.

Também Caldironi e Ockerman (1982) destacaram que as proteínas do plasma possuem maior capacidade emulsificante do que a globina sanguínea. Todavia, esses autores apontaram que a utilização do plasma em embutidos em proporções acima de 12% causa palidez aos produtos, sugerindo a utilização dessas frações de forma combinada, de modo a manter as propriedades funcionais, a cor característica e, ainda, preservar seu elevado valor nutricional.

Raeker e Johnson (1995) apontaram a baixa solubilidade no ponto isoelétrico das frações proteicas do sangue (globina e plasma) como fator adverso à propriedade das proteínas em formar emulsões. Proteínas com superfícies altamente hidrofóbicas e com elevada solubilidade possuem boa propriedade emulsificante (HALLING, 1981; KATO et al., 1983).

Nesse ponto, é necessário destacar as diferenças entre três atributos utilizados na literatura: capacidade emulsionante (CE), índice de atividade emulsionante (IAE) e estabilidade de emulsão (EE). A CE relaciona-se à capacidade da proteína em formar emulsão, enquanto o IAE mede a capacidade dela em permanecer na interface óleo-água logo após a formação da emulsão. Já a EE está relacionada à manutenção da emulsão durante o processo de tratamento térmico e depois de determinado tempo (ORNELLAS et al., 2003; BIZZOTTO et al., 2005).

Em estudo realizado por Ornellas et al. (2003), a variação do pH (3-8) mostrou não ter efeito significativo na capacidade emulsionante das proteínas do plasma, a qual mantém elevada e praticamente constante nessa faixa de pH. Esse resultado era de fato esperado, já que a curva de CE em função do pH acompanha a curva de solubilidade e, para apresentar boa CE, a proteína deve ser suficientemente solúvel, permitindo sua migração para a interface água-óleo. Em estudo semelhante com globina bovina, a CE também acompanhou a curva de solubilidade dessa proteína, com acréscimo em seu valor até pH 5. Acima desse valor, a CE decresceu e entre as faixas de 6-8 o valor da CE foi zero, faixa essa representando também a menor faixa de solubilidade da globina (BIZZOTTO et al., 2005). Nakamura et al. (1984) também observaram baixa CE da globina em valores de pH próximos a 7 e

justificaram esse fato pela baixa solubilidade dessa proteína em pH próximo ao seu ponto isoelétrico.

No estudo com plasma sanguíneo, o IAE manteve-se baixo e inalterado na faixa de pH entre 3 e 6, aumentando de forma acentuada a partir daí e atingindo máximo em pH 7 e declinando a valores próximos aos iniciais até pH 8 (ORNELLAS et al., 2003). Na globina, Bizzotto et al. (2005) também verificaram alteração no IAE em função do pH, obtendo valores máximos em pH 3, 7 e 8, faixas não correspondentes aos maiores valores de solubilidade das proteínas, como ocorre na CE. Considerando que o IAE avalia a capacidade da proteína em permanecer na interface água-óleo após a formação da emulsão, a baixa solubilidade poderia atuar de modo a retardar a passagem da proteína para a fase aquosa, favorecendo sua manutenção na interface água-óleo e incrementando o IAE (BIZZOTTO et al., 2005).

A EE das proteínas do plasma parece não sofrer influência do pH, na faixa de valores de 3 a 8 (ORNELLAS et al., 2003). Comportamento diferente apresentou a globina bovina, que na faixa de 5 a 6 sofreu acentuado acréscimo no valor de EE. A partir daí, a EE decresceu novamente até um valor mínimo na faixa de 7 a 8, região onde a solubilidade dessa proteína também apresenta valor mínimo (ORNELLAS et al., 2001; BIZZOTTO et al., 2005).

O efeito do pH na EE mostrou-se complexo, com autores diversos apontando resultados contraditórios. Em pH próximo ao ponto isoelétrico, as proteínas são eficientes em formar filmes interfaciais mais firmes e viscosos, favorecendo, dessa forma, a estabilidade (MANGINO, 1994). Apesar de muitos autores terem apontado a ocorrência da máxima EE de proteínas em seu ponto isoelétrico, outros grupos descreveram o contrário, fato que pode ser explicado, principalmente, pela falta de padronização das metodologias. Nesse contexto, a utilização de diferentes concentrações de proteínas ocasiona a formação de filmes proteicos interfaciais com distintas propriedades e forças, fato que pode levar a resultados contraditórios (BIZZOTTO et al., 2005).

As interações das proteínas com lipídios são hidrofóbicas por natureza e, portanto, quanto mais hidrofóbica for a proteína, mais elevada será a concentração proteica na interface água/óleo e mais estável será a emulsão. De fato, para que a proteína seja um bom emulsionante, deve existir certa correlação entre a sua hidrofobicidade e a sua solubilidade (ORNELLAS et al., 2003).

Satterlee e Free (1973) apontaram que a quantidade de proteína solúvel como ingrediente na fabricação de embutidos já é um bom indicador da habilidade dos ingredientes em emulsionar a gordura. Esses autores observaram que, quando há decréscimo na quantidade de proteínas solúveis, a capacidade de emulsão também diminui. Nessa pesquisa, os autores também apontaram correlação direta entre proteínas solúveis e capacidade de emulsão com formação e manutenção de emulsões com glóbulos de pequeno tamanho, com o sangue apresentando essas características em maior intensidade quando comparado a outros tecidos animais avaliados.

A solubilidade de certas proteínas está ainda relacionada à presença de eletrólitos no meio, os quais interagem com os grupos carregados na superfície das proteínas e com a água, tendendo a aumentar o teor de água ligada às proteínas. Entretanto, essa característica está intimamente relacionada à concentração dos íons, já que em altas concentrações estes passam a competir com as proteínas pela água, diminuindo a água ligada a estas últimas (MANGINO, 1984). A presença de íons no meio também pode aumentar a capacidade de emulsificação das proteínas do sangue, como apontado no trabalho de Del Hoyo et al. (2008), em que a presença dos íons Na^+ e Ca^{+2} causou a floculação das proteínas do plasma, melhorando a emulsificação.

A característica de formar géis relaciona-se a interações proteína-proteína, fenômenos comuns em misturas proteicas, que podem modificar as propriedades individuais dos componentes em grande escala, por serem sinérgicos. Essas interações estão envolvidas na funcionalidade da mistura proteica como um todo, e sua força pode ser fator dominante nas propriedades de superfície (DÁVILA et al., 2007).

Propriedade tecnológica relevante das proteínas do plasma sanguíneo é sua capacidade, sob aquecimento, de formar suspensões coloidais. Quando aquecida, a mistura do isolado dessas proteínas e água produz suspensão coloidal que, reologicamente, pode variar de um fluido viscoso a uma pasta semissólida ou um gel. Diversos fatores afetam a textura do colóide, como a concentração de proteínas em solução e a temperatura na qual a suspensão é mantida, bem como o período de tempo que a suspensão permanece em determinada temperatura (HARPER et al., 1978). Essas interações proteína-proteína podem influenciar as propriedades emulsificantes e espumantes do plasma sanguíneo, desempenhando, dessa forma,

importante papel nas características de superfície desse ingrediente (DÁVILA et al., 2007).

Apesar de todas as características tecnológicas relevantes das proteínas do sangue (capacidade emulsificante, formação e manutenção de espuma, retenção de água, gelatinização), este ainda é muito pouco aproveitado pela indústria brasileira. Na Europa, o sangue animal vem sendo há tempos usado em produtos como embutidos em geral, doces, biscoitos e pão. Na Ásia, produtos como tortas e doces são produzidos usando-se sangue como ingrediente. É também amplamente utilizado por indústrias não alimentícias, como as de fertilizantes e ração animal (LIU, 2002).

3.3. O soro de leite

O soro de leite foi descoberto há 3.000 anos e até o início de sua utilização como substância medicinal, entre os séculos XVII e XVIII, era considerado resíduo da indústria de laticínios, e seu destino era o descarte. No final do século XX, normas passaram a impedir o descarte do soro não tratado pelas indústrias, e concomitantemente o reconhecimento do valor nutricional, funcional e tecnológico dos componentes do soro foi se tornando cada vez maior (SMITHERS, 2008).

O soro, caracterizado como o principal subproduto originado da produção de queijos ou da caseína nas indústrias modernas, é obtido pela separação da caseína do leite por coagulação pela ação da enzima quimosina (renina) ou de ácidos orgânicos e, ou, minerais. Possui coloração amarelo-esverdeada que pode variar de acordo com a qualidade e tipo do leite utilizado (SMITHERS, 2008).

A expressiva produção, principalmente de queijo, gera enormes quantidades de soro ainda muito subaproveitadas, já que apenas pequena parte é usada na fabricação de ricota e bebidas lácteas, sendo a grande maioria empregada na alimentação animal ou lançada em lagoas de tratamento ou em mananciais sem tratamento algum, causando problemas ambientais (HAUPTLI et al., 2005; UES et al., 2006). Países mais desenvolvidos aproveitam melhor esse subproduto, e no mundo estima-se que 62% do soro produzido seja utilizado como alimento ou ração animal (YETIM et al., 2001). Os Estados Unidos aproveitam 95% da sua produção e a Europa, 75%. Na América Latina, o maior complexo para aproveitamento das proteínas do soro de leite encontra-se na Argentina.

Estima-se que a quantidade média de soro de leite gerada no mundo foi de aproximadamente 156 milhões de toneladas em 2005 e tem aumentado nas mesmas proporções da produção de leite, em torno de 2% ao ano, já que esse crescimento está relacionado ao aumento da produção de queijos, caseína/caseinato e outros produtos lácteos que resultam na produção concomitante de soro (SMITHERS, 2008). A produção de queijo no Brasil chegou a 450 mil toneladas em 2007 (ANUALPEC, 2008), gerando mais de 4 milhões de toneladas de soro de leite.

O importante problema ambiental causado pelo soro se deve aos enormes volumes gerados na produção de queijos e ao elevado conteúdo de matéria orgânica, com demanda bioquímica de oxigênio (DBO) entre 30.000 e 50.000 mg O₂.L⁻¹ (SISO, 1996). Ressalta-se que mais de 90% desse valor é devido à presença da lactose (CRISTIANI-URBINA et al., 2000).

Os resíduos gerados por um laticínio que processa 100 toneladas de leite por dia equivalem aos resíduos domésticos de uma cidade com 55.000 habitantes (SISO, 1996), o que permite deduzir que a produção brasileira de queijo em 2007 gerou resíduos equivalentes aos produzidos por mais de 2 bilhões de pessoas. Mesmo o soro delactosado é fonte expressiva de poluição e comparativamente correspondeu, em 2007, aos resíduos gerados por 380 milhões de pessoas.

Os principais processos de obtenção do soro a partir do leite são: coagulação enzimática (enzima quimosina), resultando no coágulo de caseínas e no soro “doce” (pH > 5); precipitação ácida no pH isoeletrico (pI), resultando na caseína isoeletrica, que é transformada em caseinatos e no soro ácido (pH < 5); e separação física das micelas de caseína por microfiltração, obtendo-se um concentrado de micelas e as proteínas do soro, na forma de concentrado ou isolado proteico (SGARBIERI, 2004).

3.3.1. Composição

O soro de leite é composto por água (93%) e sólidos (7%): lactose (4,5-5,0%), proteínas (0,6-0,8%), lipídios (0,4-0,5%) e sais minerais (0,5-0,7%). Do volume total de leite destinado à fabricação de queijos, 85 a 95% resulta em soro, que contém aproximadamente 55% do total de nutrientes do leite (GÖBLÖS et al., 2008; SISO, 1996).

Em torno de 50% dos sólidos do leite estão presentes no soro, entre os quais 100% da lactose e aproximadamente 20% do total de proteínas. A lactose é

responsável por 75% dos sólidos do soro e contribui, em grande parte, pelo elevado poder poluidor desse subproduto (SMITHERS, 2008).

O soro ácido contém maior teor de cinzas e menor conteúdo de proteínas e lactose, quando comparado ao soro doce, e seu uso para alimentação é mais limitado devido ao sabor ácido e ao elevado teor de sais (SISO, 1996).

3.3.2. Propriedades nutricionais e fisiológicas

Além do seu conhecido poder poluente, o soro de leite também representa excelente fonte de proteínas e peptídeos funcionais, lipídios, vitaminas, minerais e lactose, que até recentemente eram muito pouco estudados. Esses componentes, notadamente as proteínas e os peptídeos, têm transformado esse resíduo em produto com potencial para ser explorado pelas indústrias de alimentos, de biotecnologia e médicas (SMITHERS, 2008).

De acordo com suas propriedades físico-químicas e estruturais, as proteínas do leite classificam-se em quatro grupos: caseínas, proteínas do soro, proteínas das membranas dos glóbulos de gordura e enzimas e fatores de crescimento (SGARBIERI, 1996). Do ponto de vista nutritivo e industrial, são as caseínas e as proteínas do soro as proteínas do leite de mais ampla aplicação e valor econômico; no leite de vaca, a relação é de aproximadamente 80% para caseína e 20% para as proteínas do soro (SGARBIERI, 2005).

As proteínas do soro possuem propriedades nutricionais, fisiológicas e funcionais importantes, e sua utilização tem sido estudada, com resultados mostrando importante função dessas proteínas na modulação metabólica e, ou, inibição ou retardamento de processos patológicos ou do envelhecimento precoce (SGARBIERI, 2004).

Devido às propriedades nutritivas e funcionais importantes, as proteínas do soro vêm sendo cada vez mais utilizadas em nutrição humana (ZINSLEY et al., 2001). Possuem excepcional valor biológico, que excede o da proteína do ovo em aproximadamente 15%, sendo tal valor para estas últimas maior do que o de outras importantes fontes de proteína de elevado valor biológico: carne, soja, caseína e peixe.

Em relação aos aminoácidos essenciais, o soro é também a maior fonte quando comparado ao ovo, à caseína, à carne e à soja (SMITHERS, 2008), só não

apresentando excesso para os aminoácidos aromáticos fenilalanina e tirosina, mas ainda atendendo às recomendações para todas as idades (ZINSKY et al., 2001). É também rico nos aminoácidos de cadeia ramificada (valina, leucina e isoleucina) conhecidos pelo seu importante papel na regulação metabólica da homeostase da glicose e da proteína, no metabolismo de lipídios e no controle do peso corporal. Quanto aos aminoácidos sulfurados, o soro de leite é fonte rica e balanceada de metionina e cisteína, os quais exercem importante papel como antioxidantes e precursores do potente antioxidante intracelular, a glutatona (SMITHERS, 2008).

As proteínas do soro de leite possuem propriedades particulares que vêm levantando interesse na utilização por atletas ou para a manutenção de condições físicas desejáveis. Seu elevado teor em aminoácidos de cadeia ramificada, especialmente da leucina, favorece o anabolismo, assim como a redução do catabolismo proteico, induzindo o ganho de força muscular e reduzindo a perda de massa muscular durante a perda de peso (HARAGUCHI et al., 2006).

O conceito de proteínas com diferentes velocidades de absorção tem sido recentemente utilizado por cientistas e profissionais que trabalham com desempenho físico, e estudos mostram que as proteínas do soro são absorvidas mais rapidamente (proteínas de metabolização rápida) do que outras, a exemplo da caseína. Essa rápida absorção causa aumento nos níveis plasmáticos de aminoácidos essenciais, inclusive da leucina, logo após sua ingestão (HARAGUCHI et al., 2006). A característica de metabolização rápida é adequada para situações de estresses metabólicos, em que a reposição de proteínas se torna emergencial (SGARBIERI, 2004).

Se a ingestão das proteínas do soro acontecer logo após a atividade física, a rápida absorção pode promover desencadeamento mais eficiente da síntese proteica. O processo de desencadeamento dessa síntese, além da concentração plasmática de aminoácidos essenciais, se dá pelo aumento das concentrações plasmáticas de insulina causado pela ingestão de solução contendo proteínas do soro. Esse fato favorece a captação de aminoácidos para o interior da fibra muscular, otimizando a síntese e reduzindo o catabolismo proteico (HARAGUCHI et al., 2006).

Estudos recentes têm mostrado que o elevado teor de cálcio do soro de leite (6 g.kg^{-1}) parece favorecer a redução da gordura corporal, fato que pode ser explicado pela diminuição dos hormônios calcitrópicos, principalmente o 1,25 hidroxicalciferol ($1,25(\text{OH})_2\text{D}$). Altas concentrações desse hormônio estimulam a transferência de cálcio para os adipócitos, onde o cálcio, em elevadas

concentrações, promove a lipogênese e à redução da lipólise. Portanto, a supressão dos hormônios calcitrópicos mediada pelo cálcio dietético pode ajudar a diminuir a deposição de gordura nos tecidos adiposos (ZEMEL, 2004). As proteínas do soro agem também sobre a liberação na corrente sanguínea dos hormônios intestinais colecistoquinina (CCK) e o peptídeo similar ao glucagon (GLP-1), os quais produzem efeito supressor do apetite. Assim, estudos têm mostrado efeito maior das proteínas do soro do leite, em comparação com a caseína, na redução do apetite e percepção da fome e aumento da saciedade (HALL et al., 2003).

A propriedade fisiológico-funcional mais importante, e por esse motivo mais estudada das proteínas do soro de leite, é seu poder imunomodulador, sendo as globulinas do leite as principais responsáveis por essa função. Tais proteínas permanecem quase que integralmente no soro e desempenham papel importante no sistema digestório e em todo o organismo. A atividade imunomoduladora dessas proteínas está associada à sua capacidade de estimular a síntese da glutathione, que por sua vez exerce poder estimulatório sobre linfócitos, capazes de sintetizar imunoglobulinas. Atividade imunoestimulatória tem sido observada experimentalmente no isolado e concentrado proteico de soro e também em proteínas isoladas do soro como imunoglobulinas, lactoferrina, lactoperoxidase e glicomacropéptido (GMP), este último presente no soro doce, devido à ação localizada da quimosina sobre a κ -caseína (SGARBIERI, 2004).

A literatura vem associando algumas proteínas do soro de leite com atividades antimicrobiana e antiviral: lactoferrina, lactoperoxidase, alfa-lactoalbumina e imunoglobulinas. A lactoferrina e seu peptídeo lactoferricina, gerado pela ação enzimática da pepsina, inibem a proliferação e crescimento de bactérias Gram-positivas e Gram-negativas, fungos, leveduras e protozoários, por quelar o ferro disponível no ambiente. A atividade bactericida da lactoperoxidase é devida à oxidação de tiocianatos na presença de peróxido de hidrogênio. A hidrólise enzimática, por ação de pepsina, tripsina e quimotripsina, permite a liberação, a partir de alfa-lactoalbumina e betalactoglobulina, de peptídeos de diversos tamanhos com atividade bactericida, o que sugere que essas proteínas do soro poderão exercer efeito antibiótico no organismo (SGARBIERI, 2004).

Pesquisas têm demonstrado a ação inibitória de concentrados proteicos do soro de leite para diversos tipos de câncer, assim como de suas proteínas e derivados. A inibição do processo de carcinogênese no cólon está relacionada às proteínas do

soro de leite lactoferrina e betalactoglobulina, que parecem agir na inibição de lesões intestinais pré-cancerígenas, desenvolvimento de tumores de cólon, do tipo adenocarcinoma, e no estímulo à síntese de glutathione hepática e de imunoglobulina M (IgM) do baço (MCINTOSH; LE LEU, 2001). Outras pesquisas ainda vêm constatando a capacidade inibitória das proteínas do soro sobre o câncer de mama, de cabeça e de pescoço (SGARBIERI, 2004).

Os concentrados proteicos de soro de leite, assim como seus hidrolisados enzimáticos, têm ação protetora da mucosa intestinal, e as vias de proteção parecem envolver substâncias sulfidrilas como cisteína e glutathione, estando a alfa-lactoalbumina envolvida nesse processo. As substâncias sulfidrilas, além da função redutora, protegem a mucosa através do sequestro de radicais livres, que se formam em maior quantidade na presença de agentes agressores. A ação antiúlcera das proteínas do soro parece envolver também o ciclo das prostaglandinas, substâncias que protegem a mucosa gástrica por meio do estímulo à produção de muco e de bicarbonato, que formam camada protetora da mucosa contra ulcerações (SGARBIERI, 2004).

As proteínas do soro podem ainda atuar protegendo o sistema circulatório e cardíaco, contribuindo, dessa forma, para a diminuição dos riscos de patologias cardiovasculares. Têm efeito positivo na redução dos níveis de triglicérides e do colesterol sanguíneo e, ou, hepático. Ainda, a hidrólise enzimática de algumas dessas proteínas libera peptídeos com ação hipotensora ou anti-hipertensiva e é proveniente, de acordo com pesquisas, da betalactoglobulina e da alfa-lactoalbumina (Da COSTA, 2004).

3.3.3. Propriedades funcionais

O soro de leite e seus componentes são usados pela indústria de alimentos devido à variedade de propriedades funcionais, e cada aplicação requer uma ou várias dessas propriedades (FOEGEDING et al., 2002). Tais propriedades são, na verdade, benefícios tecnológicos importantes, entre os quais se destacam: melhora na textura, realce do sabor e cor (SMITHERS et al., 1996), solubilidade, formação e estabilidade de espuma, formação e estabilidade de emulsão, geleificação, formação de filmes e cápsulas protetoras (WONG et al., 1996).

As proteínas do soro no leite fresco estão presentes na forma de proteínas individuais e são altamente hidrofílicas, representando, juntas, aproximadamente 20% do total do conteúdo proteico do leite. Quando o pH do leite fresco (pH 6,7) é abaixado para valores próximos a pH de 4,7-5,0, o fosfato de cálcio ligado entre as submicelas de caseína é desestabilizado, perdendo a associação hidrofóbica, com subsequente precipitação da caseína. Nesse sentido, as proteínas que permanecem solúveis são as do soro, e a preponderância de grupos de cadeias polares não ionizáveis confere-lhes solubilidade mesmo em seu ponto isoelétrico. E é justamente a elevada solubilidade das proteínas do soro de leite a responsável por suas excelentes características de geleificação e capacidade de retenção de água (XIONG, 2009).

O soro fluido, contendo aproximadamente 0,6% de proteínas, pode ser concentrado por secagem, ou o conteúdo de proteínas pode ser aumentado pela remoção de lipídios, minerais e lactose, originando concentrados proteicos (25-80% de proteínas) ou isolados proteicos (mais de 90% de proteínas). Os concentrados e os isolados proteicos de soro de leite (CPS e IPS, respectivamente) são sistemas multifuncionais que vêm sendo adicionados a diversos alimentos, com o objetivo de modificar propriedades por meio de gelatinização, aumento de viscosidade, estabilização de emulsões ou espumas, entre outros (ANTUNES et al., 2003). São usados exclusivamente pela indústria de alimentos, sendo a de laticínios a maior consumidora, seguida pela indústria de panificação e confeitaria e pela indústria da carne (DE WIT, 1998).

Apesar da reconhecida funcionalidade do soro de leite, grande parte do seu volume produzido no mundo ainda é mal aproveitada, sendo a maior parte usada na produção de ração animal. Tal fato ocorre principalmente devido à variação das características funcionais e sensoriais dos CPS e IPS produzidos (BANAVARA et al., 2003). Entretanto, recentes pesquisas em técnicas de fracionamento, modificação e preservação das proteínas do soro de leite têm melhorado, sobremaneira, as propriedades funcionais dos concentrados e isolados comerciais disponíveis (DE WIT, 1998).

A composição em proteínas, bem como a solubilidade do soro de leite em pó e dos seus concentrados e isolados disponíveis comercialmente, varia significativamente, uma vez que sua produção pode envolver vários processos, incluindo numerosos tratamentos térmicos (pasteurizações múltiplas, evaporação,

spray dryer), aumento na força osmótica durante a concentração e modificações do pH, além dos distintos processos e culturas usados na produção de queijos. Assim, as propriedades funcionais dos ingredientes à base de proteínas do soro são estritamente dependentes dos métodos de processamento usados para produzi-los (SURH et al., 2006), como a eletrólise, a ultrafiltração, a osmose reversa, a filtração géllica e a complexação com reagentes (SCHMIDT et al., 1983). Apesar dos cuidados para não ocorrer desnaturação das proteínas, o destino e a modificação destas em todos esses processos não são totalmente esclarecidos (BANAVARA et al., 2003).

Em geral, a solubilidade das proteínas dos CPS preparados por técnicas de membrana ou filtração géllica é relativamente elevada, e valores ainda maiores são reportados para a solubilidade daqueles preparados por ultrafiltração (88 a 100%). Os métodos de precipitação e complexação geram CPS menos solúveis, e sua solubilidade é mais dependente do pH do que os produzidos por outros processos, devido aos reagentes residuais contidos no produto final. Entre as técnicas de aquecimento, a pasteurização parece ser a que mais influencia negativamente a solubilidade do CPS. O pH da solução a ser aquecida também exerce influência na solubilidade, e soluções aquosas de CPS aquecidas em pH próximo ao ponto isoeletrico das proteínas do soro (4,3-5,0) têm sua solubilidade reduzida, enquanto em pH 7,0 não há interferência negativa na solubilidade (SCHMIDT et al., 1983).

Uma propriedade tecnológica importante do concentrado proteico de soro de leite é sua capacidade, após aquecimento, de formação de estrutura géllica, com aumento da capacidade de retenção de água e modificação na textura (MORR, 1979 citado por LYONS et al., 1999), propriedade essa também influenciada por fatores como concentração de proteína, pH, temperatura e duração do tratamento térmico (KINSELLA, 1984 citado por ANTUNES et al., 2003), concentração de sal e cálcio e concentração de grupos sulfidrilas livres (MANGINO, 1984).

Géis provenientes das proteínas do soro de leite são formados por aquecimento, e quatro são os estágios da gelatinização proteica induzida dessa forma: desnaturação, ligação de água, interação proteína-proteína e imobilização da água. Quando a proteína sofre aquecimento, as ligações que mantêm suas estruturas secundárias e terciárias são enfraquecidas e rompidas, promovendo a desnaturação. Essa desnaturação causa a exposição dos sítios de ligação, com consequente aumento da água ligada. Interações proteína-proteína são necessárias para a formação da rede

gética e envolvem ligações com cálcio ou outras ligações covalentes, interações hidrofóbicas, pontes de dissulfeto, entre outras (MANGINO, 1984).

De acordo com a finalidade da utilização do gel formado por aquecimento dos CPS e IPS, diferentes processos podem ser usados, visando à otimização da característica desejada. Nesse sentido, Antunes et al. (2003) avaliaram características de géis formados pela gelatinização de CPS em diferentes condições experimentais. Seus resultados apontaram que concentrações de proteína entre 11 e 12% originaram géis mais firmes, elásticos e capazes de reter mais água do que aqueles formados em concentrações de proteína entre 8 e 10%. Temperaturas de desnaturação mais elevadas (87-89 °C) e maiores tempos de aquecimento (24-27 minutos) originaram géis com maior dureza, firmeza e retenção de água, enquanto os formados em temperaturas mais brandas (85-87 °C) e em menor tempo (21 minutos) apresentaram característica de maior elasticidade. Maior retenção de água e elasticidade foram observadas em géis formados em pH próximo de 4, enquanto em valores de pH maiores (4,9-5,2) os géis formados apresentaram características de maior firmeza e coesividade.

Caso o processo de produção resulte em proteínas altamente purificadas (livres de lactose, lipídios e cinzas) e com mínima desnaturação, o CPS apresentará propriedades de gelatinização apropriada para formulações cárneas, substitutos de clara de ovo ou aplicações na indústria de laticínios. A diálise (ou diafiltração) aplicada para minimizar a presença de componentes não proteicos altera, sobremaneira, a habilidade do CPS em formar gel, sendo os géis formados por CPS dialisado são mais firmes, coesos e translúcidos do que os formados por aquecimento do CPS não dialisado (SCHMIDT et al., 1983).

Por ser a proteína mais abundante no soro de leite (55% do total), a betalactoglobulina tem despertado grande interesse, e suas propriedades funcionais vêm sendo amplamente avaliadas. Caso a quantidade proteica seja suficiente, bem assim com pH e concentração de sais apropriados, as betalactoglobulinas são capazes de formar géis com aplicação de calor. Esses géis podem ser transparentes ou moderadamente turvos se formados em pH superior a 6 e na ausência de excesso de cálcio ou escuros nas demais condições. A formação de pontes dissulfeto entre as moléculas de proteínas é um pré-requisito essencial para a gelatinização e, assim, a presença de grupos tióis livres na betalactoglobulina é fundamental para a gelatinização (CREAMER; MACGIBBON, 1996).

A composição iônica do meio afeta significativamente as características de gelatinização do CPS, sendo o cálcio especialmente implicado nos processos de gelatinização. A adição de CaCl_2 ou NaCl resulta em aumento da força do gel formado, sendo a estrutura da rede gélica formada predominantemente por ligações de dissulfeto e envolvendo também outras ligações não específicas (iônicas, hidrofóbicas), que são mediadas por cálcio (SCHMIDT et al., 1983).

Proteínas de soro são utilizadas como emulsificantes em ampla variedade de alimentos emulsionados, facilitando a formação de gotículas de óleo na homogeneização pela diminuição da tensão superficial. Tais proteínas são responsáveis ainda por melhorarem a estabilidade à aglomeração das gotículas formadas (SURH et al., 2006). Todavia, de maneira geral, as proteínas do soro não são consideradas bons agentes emulsificantes, uma vez que não possuem balanço apropriado de grupos hidrofílicos e hidrofóbicos. A adsorção superficial das proteínas do soro aos glóbulos de gordura é altamente dependente do pH, e a estabilidade ao calor de emulsões formadas por estas proteínas decresce com a adição de CaCl_2 (SCHMIDT et al., 1983).

Importante na demanda funcional pelas proteínas do soro de leite é a produção e estabilização de produtos alimentícios aerados, devido à sua habilidade de formar espuma em soluções aquosas (DE WIT, 1998). A formação de espumas é similar à de emulsão, e, dessa maneira, as proteínas do soro de leite atuam na interface água-ar, diminuindo a tensão superficial e promovendo barreira à coalescência das bolhas de ar (MANGINO, 1984).

A propriedade das proteínas de formação e estabilização de espumas relaciona-se à sua habilidade em se desdobrar e se orientar na interface água-ar. É reconhecido ainda que fatores de processamento ou de composição que minimizam a agregação de proteínas ou favoreçam o desdobramento resultam em espumas com características mais aceitáveis. Assim, os principais efeitos de processos e componentes reportados na literatura são: o cálcio tem efeito negativo na formação de espumas, uma vez que parece estar relacionado à agregação das proteínas do soro; agentes oxidantes (como os grupos sulfidrildissulfeto) favorecem a formação de espumas pelas proteínas do soro; a adição de sacarose inibe a manutenção das espumas formadas; a desnaturação controlada (desdobramento) das proteínas do soro por aquecimento moderado favorece a formação e manutenção de espumas com características desejáveis. Ainda, aumento no total de sólidos (proteínas) geralmente

promove melhoria na espumabilidade das proteínas do soro, e a variação do pH parece interferir devido à sua relação com outros constituintes em solução (SCHMIDT et al., 1983).

Correlações positivas foram encontradas para solubilidade, estabilidade de emulsão e habilidade de formação de espumas de CPS ultrafiltrado. Essas três características do CPS são afetadas por tratamento térmico igual ou superior a 70 °C (SCHMIDT et al., 1983).

3.3.4. Utilização do soro de leite na indústria de carnes

O elevado preço da matéria-prima cárnea e a variação na composição de suas proteínas têm promovido o interesse pelo uso de outras matérias-primas com elevado teor de proteínas em produtos cárneos inteiros ou cominuídos. Nesse contexto, concentrados proteicos de soro de leite, de menor custo e com 75% de proteínas ou mais, vêm ganhando espaço na indústria de carnes (RENNER; EL-SALAM, 1991).

A indústria de carnes tem buscado ingredientes, cárneos ou não, que melhorem, principalmente, as propriedades de textura e de retenção de água dos produtos. Como a água é o principal constituinte da carne (cerca de 70% na carne magra), a habilidade do produto em reter a água original ou adicionada é uma característica importante do ponto de vista econômico. Além do rendimento, a perda de água no cozimento afeta negativamente outros atributos como sabor, suculência e textura, e o soro de leite, principalmente na forma de concentrado proteico, é alternativa para melhorar as características de rendimento e aceitação, já que tem propriedades que permitem seu uso como substância enchedora, ligadora e extensora (BARBUT, 2006). Além disso, para tais proteínas ainda existem apelos nutricionais e ambientais já discutidos anteriormente, que tornam sua utilização aceita pelo consumidor.

As proteínas do soro de leite têm sido usadas em formulações cárneas de emulsionados e cominuídos, de forma a exercer funções diversas, incluindo melhoria da capacidade de retenção de água, da ligação de gordura e das características de textura de produtos cozidos. Quando usados em produtos reestruturados, essas proteínas exógenas podem promover melhoria também na força de ligação entre os ingredientes, firmeza e fatiabilidade (XIONG, 2009).

As proteínas do soro, sozinhas, são capazes de formar géis altamente viscoelásticos sob aquecimento, sobretudo em condições de baixa força iônica. Todavia, essas proteínas podem também promover melhoria nas propriedades de textura de carne cominuída, especialmente quando usadas em concentrações acima de 3,5%. A efetividade do CPS em melhorar o rendimento e garantir textura desejável aos produtos aos quais é utilizado, entretanto, pode variar de acordo com a composição dos concentrados, que por sua vez pode ser variável devido aos distintos processos usados para sua obtenção (ENSOR et al., 1987; MORR; FOEGEDING, 1990).

É comum que a adição das proteínas do soro a cominuídos cárneos, na sua forma nativa, seja responsável por perda de atributos desejáveis de textura de produtos cozidos (HUNG; ZAYAS, 1992). Em contraste, a adição de produtos contendo caseinato de sódio ou leite em pó desnatado como aditivos causa efeito benéfico nesses atributos. O efeito deletério das proteínas nativas do soro é atribuído, em parte, à sua incompatibilidade com as proteínas solúveis em soluções salinas do músculo, durante a gelatinização térmica (McCORD et al., 1998). Nesse sentido, Hayes et al. (2005), comparando o efeito nas propriedades físicas de salsichas tipo Frankfurt, de quatro frações de betalactoglobulina (3% na formulação) contendo distintos teores de minerais, concluíram que pequena quantidade de minerais, especialmente cálcio, é importante para produzir produto de qualidade aceitável. Tal conclusão foi possível devido ao fato de que a utilização de fração de betalactoglobulina contendo menor teor de cálcio foi responsável por diminuir a capacidade de retenção de água e alterar os atributos de textura (por exemplo, aumento na mastigabilidade).

Resultados de pesquisas sugerem que a funcionalidade do CPS em produtos cárneos pode ser modificada com a concentração e aplicação de métodos de secagem, os quais são responsáveis por causar distintos níveis de desnaturação ou rompimento de ligações das proteínas do soro (BEUSCHEL et al., 1992). Em torno de 50% de proteínas na forma desnaturada estão presentes em CPS comercial, sendo a desnaturação usualmente induzida por preaquecimento. Em geral, CPS e IPS comerciais, que contêm grande quantidade de proteínas em sua forma desnaturada, além de não melhorarem, podem promover alteração nos atributos de textura de produtos cominuídos, apesar de poderem melhorar a capacidade de retenção de água sob essas condições. Em contraste, CPS parcialmente desnaturados melhoram

significativamente as características ligantes e os atributos de textura de linguiças e produtos cominuídos (HONGSPRABHAS; BARBUT, 1999).

O efeito de melhoria na textura de CPS parcialmente desnaturado é explicado pela menor interação entre as proteínas nativas do soro e as do músculo, nas condições normais de processamento. Por exemplo, as betalactoglobulinas não são desnaturadas até temperaturas próximas a 78 °C (DE WIT; KLARENBECK, 1984), que são maiores do que a temperatura máxima tipicamente empregada para produtos cominuídos. Entretanto, a miosina, principal proteína do músculo com propriedades funcionais, tem sua estrutura modificada pela desnaturação em temperaturas próximas a 65 °C. Dessa maneira, proteínas originárias de CPS ou IPS podem não agregar ou interagir com as musculares nas condições usuais de processamento de carnes, ou fazê-lo apenas parcialmente (LIU et al., 2000).

Proteínas de soro de leite, usadas na concentração de 0,5% em relação à carne, aumentaram significativamente a capacidade de retenção de água de *sous vide*, produto preparado pelo cozimento (pasteurização) de músculo inteiro, com posterior embalagem a vácuo e maturação a 0-3 °C por 3-5 semanas antes da comercialização. Como o principal problema de produtos cozidos é a retenção na embalagem de líquido exsudado durante o cozimento, essa característica conferida pelas proteínas do soro é importante, e esse produto pode vir a substituir o cloreto de sódio e os fosfatos alcalinos, tradicionalmente usados para tal finalidade. Essa substituição tem as vantagens de: não interferir negativamente na coloração e rancidez dos produtos; não ter efeito negativo em consumidores suscetíveis ao desenvolvimento de hipertensão arterial devido à adição de NaCl; e poder atuar na modificação dos balanços no organismo de cálcio, ferro e magnésio, com consequência à saúde óssea devido à adição de fosfatos em excesso (SZERMAN et al., 2008).

O comportamento de soro de leite e, mais comumente, dos concentrados proteicos do soro tem sido observado em produtos picados, moídos e reestruturados e emulsionados, com o intuito de avaliar a capacidade emulsionante dessas proteínas, que teoricamente são adsorvidas na interface óleo/água, estabilizando os glóbulos de gordura na matriz do alimento. Nesse sentido, estudos com uma série de produtos cárneos vêm ocorrendo, incluindo salsichas tipo Viena e Frankfurt, linguiças, almôndegas, entre outros (HUGHES et al., 1998).

Luvielmo e Antunes (2006), avaliando a substituição de 7 e 8% de carne por concentrado proteico de soro de leite (77% de proteínas) em salsichas, obtiveram produtos com atributos de textura muito similares ao padrão, mas com a dureza e mastigabilidade significativamente modificados, resultando em produtos menos duros e mais fáceis de serem mastigados.

Hayes et al. (2005) observaram melhoria no rendimento, capacidade de retenção de água e maciez de salsichas tipo Frankfurt acrescidas de 3% de concentrado proteico de soro de leite. Também Hughes et al. (1998) obtiveram tais produtos com 3% de concentrado proteico de soro de leite (35% de proteína) com menores perdas durante o cozimento e maior estabilidade de emulsão, sem afetar os atributos sensoriais. Salsichas tipo Viena com substituição parcial (50%) da gordura por concentrado proteico de soro de leite e goma xantana (1% e 0,15%, respectivamente) não diferiram do controle (FIGUEIREDO et al., 2002).

O uso do soro fluido e integral também foi avaliado em salsichas tipo Viena, substituindo o gelo (0, 25, 50 75 e 100% de substituição) das formulações, com resultados mostrando melhoria na estabilidade de emulsão e sem influência nos atributos sensoriais. Assim, a adição do soro dessa maneira é alternativa para a sua utilização sem passar por processos de secagem e, ou, separação de componentes, minimizando os custos dos produtos (YETIM et al., 2001).

Barbut (2006), substituindo 2% da carne por concentrado proteico de soro de leite (35% de proteínas), observou maior retenção de umidade e gordura em emulsões de carne de frango. Utilizando isolado proteico de soro de leite (90,5% de proteína) pré-aquecido, com substituição de até 4% da carne em emulsão de peito de aves, Hongsprabhas e Barbut (1999) também observaram melhoria na capacidade de retenção de água, redução nas perdas durante o cozimento e melhoria das propriedades reológicas.

Almôndegas de carne bovina com adição de 2% e 4% de proteínas de soro (13% de proteína) tiveram melhoria na retenção de água e gordura após cozimento, sem interferência na aceitação (SERDAROGLU, 2006). As proteínas e peptídeos do soro de leite apresentam ainda propriedade antioxidante, como mostra o trabalho realizado em almôndegas adicionadas de 0,2% de concentrado proteico de soro de leite, tanto para a oxidação de lipídios como da oximioglobina (ULU, 2004).

El-Magoli et al. (1996) observaram melhoria no rendimento após cozimento e na capacidade de retenção de água e gordura com adição de 4% de CPS (79,6% de proteínas) em empanados de carne bovina.

O problema de cor escura dos produtos que contêm sangue pode ser minimizado com a utilização de outros subprodutos, como o soro de leite. Tal utilização é importante também do ponto de vista ambiental, devido ao aproveitamento do soro, diminuindo impactos que poderiam ocorrer com seu lançamento em mananciais hídricos. Além disso, a utilização do soro pode implicar em redução de custos de produção para a indústria, tanto pela substituição de parte dos ingredientes por este subproduto, como pela diminuição do volume de efluentes a ser tratado.

Santos (2007) encontrou que os valores de PER, NPR, digestibilidade e PDCAAS de mortadelas formuladas pela substituição de 10% de carne pela mistura de sangue e concentrado proteico de soro de leite (CPS) não diferiram da dieta à base da mortadela- controle, sugerindo a viabilidade de utilização desses subprodutos da indústria de alimentos na elaboração de produtos cárneos de qualidade, especialmente tendo em vista seus baixos custos. Em relação à cor, quando se incorporou concentrado proteico de soro de leite reconstituído (CPS) às formulações de mortadela contendo também sangue em sua composição, o aumento nos níveis de CPS causou diminuição da diferença de cor (ΔE^*) em relação à mortadela-controle (sem sangue ou soro em sua composição) (SANTOS, 2007), podendo ser esse outro subproduto uma forma de minimização do problema de coloração escura dos produtos cárneos enriquecidos com sangue.

3.4. Utilização das proteínas do sangue e do soro de leite em produtos com reduzido teor de gordura

A emulsão cárnea não é considerada emulsão verdadeira por apresentar partículas de gordura dispersas na fase aquosa com diâmetro superior a 50 μm , enquanto a emulsão verdadeira contém partículas com diâmetro entre 0,1 e 5 μm . Consiste em uma matriz de fibras de tecidos muscular e conectivo ou fragmentos de fibras, suspensas num meio aquoso contendo proteínas solúveis e outros constituintes musculares também solúveis. Partículas esféricas de gordura, sólida ou líquida, cobertas com proteína solúvel, estão dispersas na matriz. Assim, em emulsões

cárneas os agentes emulsionantes são as proteínas solúveis da carne dissolvidas na fase aquosa. As emulsões cárneas são também consideradas como emulsões gélicas, com a gordura uniformemente distribuída numa matriz proteica gélica contínua, em que o filme interfacial formado é o resultado da absorção da proteína sobre a superfície das partículas de gordura (GOMIDE; PEREIRA, 1989).

As proteínas miofibrilares são as principais responsáveis pela capacidade emulsionante (75%) e pela capacidade de retenção de água da carne (97%). Entretanto, parece não haver diferença tão expressiva na capacidade emulsionante das proteínas miofibrilares e sarcoplasmáticas. Tal diferença se deve às formas e cargas elétricas das moléculas, com as mais eficientes (miosina) sendo dotadas de cargas elétricas e cadeia longa (GOMIDE; PEREIRA, 1989).

Além do tecido muscular, com grande concentração de proteínas miofibrilares e consequentemente elevada capacidade ligante (habilidade de ligar água e gordura), outros tecidos cárneos e subprodutos, cárneos ou não, podem ser utilizados, promovendo liga aos produtos e permitindo incremento no valor nutricional, diminuição de custos e minimização da produção de resíduos poluidores.

Entre os subprodutos com potencial para serem usados na produção de emulsões cárneas e embutidos em geral estão o sangue e o soro de leite, ambos contendo proteínas com capacidade ligadora, além de elevado valor biológico, como discutido anteriormente.

A gordura da formulação dos alimentos afeta as propriedades ligantes, assim como os atributos reológicos e estruturais de carne e, especialmente, produtos cárneos finamente moídos, como os emulsionados (YANG et al., 2007). Assim, a gordura exerce papel importante na formação de emulsões estáveis (HUGHES et al., 1996), e produtos com baixo teor de gordura podem ter a aceitação de sua textura comprometida. A redução do conteúdo de gordura para valores inferiores a 20% em emulsões cárneas pode resultar produto de textura, sabor e aparência inaceitáveis (YANG et al., 2007).

A redução dos teores de gordura em carne bovina empanada está relacionada a decréscimo na avaliação de maciez, suculência e sabor e, ainda, incremento nos valores de dureza desse produto (GUJRAL et al., 2002). Há evidência de que a diminuição dos níveis de gordura de bife de hambúrguer de 20% para 5% e 10% reduz a maciez, suculência, intensidade de sabor e palatabilidade geral (DESMOND et al., 1998). A avaliação sensorial de bolinhos de carne mostrou que a queda nos

teores de gordura redundou em baixos escores de textura e de palatabilidade geral (SERDAROGLU; DEGIRMENCIOGLU, 2004).

A substituição da gordura por proteínas (cárneas ou não) é alternativa que vem sendo estudada devido ao interesse do consumidor por produtos com reduzido teor de gordura e também devido às excelentes propriedades funcionais e nutricionais conferidas por essas proteínas (YANG et al., 2007).

Colmenero et al. (1995) analisaram a influência do conteúdo proteico e de gordura sobre a textura de mortadelas Bologna, verificando que o conteúdo proteico foi a variável que mais influenciou as características do produto e que ambas as porcentagens de gordura e proteína geralmente apresentam efeito linear direto e significativo nos atributos instrumentais de textura.

Cofrades et al. (2000), ao avaliarem a textura de mortadelas Bologna adicionadas de diferentes níveis de proteína de plasma sanguíneo, verificaram que o aumento na adição dessas proteínas produziu embutidos com maior dureza. Isso é explicado pelas capacidades de formação de gel e ligação das proteínas do plasma, assim como da sua concentração, evidenciados pelas menores perdas no cozimento dos produtos. Ainda nesse estudo, as mortadelas com níveis superiores de gordura apresentaram maior dureza, em comparação com as de baixo teor de gordura, o que é atribuído às características de matriz formada. A redução da gordura é acompanhada pelo aumento nos níveis de umidade do produto e consequente decréscimo na força iônica do meio (CLAUS et al., 1990). Mantendo-se os níveis de proteína constantes, decréscimo do teor de gordura causa aumento na relação umidade/proteína, e essa relação se correlaciona positivamente com a maciez e suculência de linguiças tipo Frankfurt (BAKER et al., 1969).

Vários estudos avaliaram a utilização de proteínas do soro de leite, na forma de concentrados e isolados em formulações de emulsionados cárneos. Tal utilização parece compensar a redução dos teores de gordura, como ocorreu na avaliação do perfil de textura de bolos de carne moída formulados com baixos teores de gordura e 1 e 4% de CPS, os quais não diferiram significativamente em relação à carne-controle (EL-MAGOLI et al., 1996). Outro estudo, conduzido por Hughes et al. (1998), de avaliação de textura de salsichas formuladas com 5 e 12% de gordura e 3% de CPS (35% de proteína), mostrou aumento da dureza dos produtos com a elevação dos teores de gordura das formulações, fato que pode ser explicado pela

elevada adição de água e gelo aos produtos deste estudo (50 a 66% em relação à carne).

Concentrado proteico de soro (79,4%) adicionado nos níveis de 1 a 4% pode ser efetivamente usado como ingrediente funcional em empanados bovinos com baixo teor de gordura (10-11%), devido às suas propriedades emulsificantes e de gelatinização pelo calor, resultando em melhoria na retenção de água e gordura, maiores rendimentos após o cozimento e resistência ao encolhimento. A análise do perfil de textura (TPA) mostrou aumento na mastigabilidade, enquanto a dureza e a elasticidade não foram afetadas pela redução dos teores de gordura. Aumentando os níveis de concentrado proteico de soro, observou-se aumento linear do rendimento no cozimento e redução no encolhimento dos empanados. O nível de 4% de CPS resultou nos maiores valores de rendimento no cozimento e nos menores de encolhimento. Esse maior nível de CPS também foi sensorialmente melhor em relação à suculência e aceitabilidade geral (EL-MAGOLI et al., 1996).

A substituição da água (gelo) por soro de leite em formulações de produtos cárneos emulsionados também vem sendo avaliada, assim como sua interferência na aceitação por parte dos consumidores. Terra et al. (2009) observaram que a substituição da água por soro de leite, em todas as proporções testadas (50%, 75% e 100% de substituição da água por soro de leite líquido congelado), não provocou alterações nas características sensoriais de cor, odor, sabor e textura sensorial de mortadelas, uma vez que os provadores atribuíram notas aos tratamentos que não diferiram significativamente ($P < 0,05$) da mortadela-padrão, com 100% de água. Yetim et al. (2001) substituíram a água (gelo) por diferentes proporções de soro de leite (0, 25, 50, 75 e 100%) na elaboração da salsicha e, ao submeterem-nas à análise sensorial, os julgadores também não verificaram diferença significativa na cor, aroma, sabor, textura sensorial e suculência.

3.5. Componentes do soro de leite e biodisponibilidade do ferro

A lactose parece melhorar a biodisponibilidade de ferro em produtos à base de leite (MINOTTI et al., 1993). Tal fato pode ser explicado pela ocorrência da fermentação deste dissacarídeo no intestino delgado, o que causaria o abaixamento do pH e consequente aumento da solubilidade do ferro. Outra explicação para o fato de a lactose melhorar a biodisponibilidade de ferro no organismo seria a formação de

complexos solúveis não ionizados entre esse carboidrato e o ferro, um mecanismo promotor da absorção (AMINE et al., 1971).

Entre os componentes do leite, tanto a caseína quanto as proteínas do soro do leite bovino parecem inibir a absorção de ferro pelo organismo. Fosfoproteínas contidas no leite e seus derivados formam complexos de elevada estabilidade com o ferro não heme bloqueando, significativamente, a absorção desse mineral (STEKEL et al., 1983).

A cisteína é o único aminoácido livre que parece aumentar a absorção de ferro, e peptídeos que contêm esse aminoácido têm efeito similar. Nesse contexto, nem a caseína nem as proteínas do soro contêm altos níveis de cisteína em sua estrutura proteica. A caseína é uma mistura de fosfoproteínas, cujos principais componentes são a alfa, a beta e a capa caseína, e todas essas estruturas são desprovidas de cisteína, embora a capa-caseína tenha ligação dissulfeto por molécula (HURREL, 1989).

A caseína é conhecida por gerar, durante o processo de digestão, grandes fosfopeptídeos, que apresentam fortes propriedades de ligação com o cálcio e, possivelmente, com o ferro, com manutenção de uma forma solúvel, mas ainda não disponível para os mecanismos absorptivos (HURREL, 1989). A caseína influencia a absorção de ferro e consequentemente sua utilização pelo organismo, já que acelera a oxidação do ferro (II) para o ferro (III), e o ferro (III) resultante liga-se fortemente à caseína, com cada miligrama de caseína ligando-se a aproximadamente 10 µg de ferro. Entretanto, a remoção do fosfato da caseína parece parar o processo de oxidação. Ainda, a taxa de oxidação é proporcional ao teor de caseína (EMERY, 1992) e, portanto, quanto maior a concentração dessa fosfoproteína no meio, menor tenderá ser a biodisponibilidade do ferro.

Entre as proteínas do soro, a betalactoglobulina e a alfa lactalbumina compõem 80% do total. A betalactoglobulina possui duas ligações dissulfeto e um resíduo de cisteína por molécula, enquanto a alfa lactalbumina tem quatro ligações dissulfeto e nenhum resíduo de cisteína. Ressalta-se que as proteínas do soro não são fosfoproteínas, embora seja possível que preparações comerciais dessas proteínas contenham caseínas como contaminantes. Por fim, ressalta-se o efeito adicional na inibição da absorção do ferro pelo cálcio e pelo fósforo, normalmente presentes nas frações comerciais de caseína (maior teor de fósforo do que de cálcio) e proteínas do soro (altos níveis de cálcio) (HURREL et al., 1989).

O estudo do balanço entre os minerais tem-se tornado mais importante na atualidade, principalmente devido ao crescente aumento da oferta de alimentos fortificados.

Vários estudos indicam a possibilidade de interação entre cálcio e outros minerais essenciais, consideração feita especialmente para ferro. A utilização de sangue e soro de leite como ingredientes na formulação de mortadela é um exemplo no qual pode haver interação entre os minerais cálcio (contido no concentrado proteico do soro de leite) e ferro (contido no sangue e na carne). Estudos com animais indicam, na sua maioria, interação negativa entre esses dois minerais, mas os estudos com humanos são controversos e ainda não conclusivos (YBARRA et al., 2001).

A inibição da absorção do ferro pelo cálcio parece ocorrer tanto para ferro heme como para não heme (COZZOLINO, 2007), e embora não se saiba com precisão quais são os mecanismos envolvidos nessa interação, esta parece ocorrer em nível luminal, com formação de compostos pouco absorvíveis ou, ainda, por competição do cálcio com o ferro por ligantes presentes no lúmen intestinal (PRATHER; MILLER, 1992). Ainda, muitos autores sugeriram efeito em nível celular, com alteração na absorção de ferro não heme pela borda em escova (PRAHTER; MILLER, 1992; HALLBERG, 1991). Entretanto, com a observação de redução na absorção de ferro heme, e não apenas da forma não heme, e devido ao fato de o ferro ser absorvido por diferentes receptores na superfície da mucosa, de acordo com a forma em que se apresenta (ZIMMERMANN; HURRELL, 2007), sugeriu-se que a interação também ocorreria em nível posterior de transporte e comum às duas formas de ferro, heme e não heme, como a inibição da saída do ferro do enterócito (HALLBERG, 1998) e, ou, competição com a mobilferrina (enzima responsável pela passagem do ferro através do citosol do enterócito) (VAN DE VIJVER et al., 1999).

Outro fator importante é o fato de haver relação entre dose-efeito e decréscimo na inibição da absorção de ferro, diferentemente de outros fatores que influenciam a absorção de ferro. Nenhum efeito do cálcio nessa absorção é observado quando os teores de cálcio estão abaixo de 40 mg na dieta e nenhuma inibição adicional ocorre quando o conteúdo desse mineral excede 300 mg, evidenciando que a inibição pode ser devida à competição por um sítio de ligação

(HALLBERG, 1998), que se saturaria acima de determinadas concentrações de cálcio.

Evidência adicional do efeito do cálcio, da caseína e do fosfato na disponibilidade do ferro para absorção está no fato de estudos com humanos mostrarem biodisponibilidade de ferro superior à do leite humano em relação à biodisponibilidade de ferro do leite de vaca. Tal evidência se deve ao fato de este leite conter teores superiores de cálcio, caseína e fosfato (JACKSON; LEE, 1992).

Diferenças entre efeitos agudo (estudos de curto prazo) e crônico (estudos de longa duração) da interação entre cálcio e ferro podem ser devidas a uma resposta adaptativa das células intestinais. Assim, diminuição do suprimento de ferro no plasma pela interação com o cálcio poderia estimular a produção de proteínas específicas do enterócito, levando à utilização mais eficiente do ferro da dieta por essas proteínas (MINIHANE; FAIRWEATHER, 1998).

4. MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi conduzido nos laboratórios dos Departamentos de Tecnologia de Alimentos e de Nutrição e Saúde da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, MG.

4.1. Obtenção do sangue e do concentrado proteico do soro de leite

O sangue utilizado no experimento foi obtido pelo abate de suínos nos abatedouros “Novo Suíno” e “Dom Porco”, localizados em Viçosa, MG. Foi coletado o sangue de oito animais para cada uma das três repetições do experimento, com peso vivo variando entre 90 e 110 kg e que foram submetidos à dieta hídrica por 12 h antes do abate. A coleta do sangue e os cuidados necessários até o tratamento são detalhados por Fontes (2006). A saturação com o gás monóxido de carbono (CO) foi feita a um fluxo de 1 L CO/min, para 4 L de sangue, por 16 min, a fim de garantir 100% de saturação/HbCO, conforme estabelecido por Fontes et al. (2004). O sangue assim tratado foi mantido sob refrigeração (3-4 °C) até sua utilização posterior (elaboração das formulações de mortadela).

O concentrado proteico de soro de leite com 80% de proteínas foi adquirido da empresa Tangará Dairy Industries e reconstituído em água destilada para concentração de 20% de proteínas para a utilização na formulação das mortadelas, de forma a não alterar o teor proteico do produto final.

4.2. Processamento das mortadelas

As mortadelas foram formuladas substituindo-se 20% de carne por misturas distintas de sangue líquido tratado com monóxido de carbono (SLT) e concentrado proteico de soro de leite (CPS) nas respectivas proporções: 0/0 (controle), 100/0, 75/25, 50/50, 25/75, 0/100; e pela variação da concentração (10%, 20% e 30%) do teor de gordura nas formulações, gerando 18 tratamentos experimentais (Quadro 1).

Quadro 1 – Representação das formulações nos respectivos níveis de gordura avaliados

Formulações – Combinação SLT/CPS		
10% gordura	20% gordura	30% gordura
0/0	0/0	0/0
100/0	100/0	100/0
75/25	75/25	75/25
50/50	50/50	50/50
25/75	25/75	25/75
0/100	0/100	0/100

A técnica de elaboração dos embutidos usada é sugerida pelo Boletim Técnico da ADICON (199_), tomando-se cuidados (adição de gelo, uso de matéria-prima a – 3 °C) para não se exceder a temperatura crítica (16 °C) no preparo da massa de emulsão. As mortadelas foram formuladas considerando carne bovina de 1ª (patinho), toucinho e SLT/CPS como 100% da formulação; os demais ingredientes foram adicionados em relação ao peso destes, nas mesmas proporções para o controle (sem adição de sangue e, ou, soro) e os tratamentos.

Em relação aos ingredientes cárneos, as quantidades de ingredientes e aditivos utilizados são apresentadas no Quadro 2.

Quadro 2 – Ingredientes e aditivos utilizados nas formulações das mortadelas

Ingrediente	Quantidade (%)*
Sal refinado	2,3%
Proteína texturizada de soja – PTS (Provida)	4%
Amido de milho (Maizena)	5%
Água/gelo	20%
Temperex (MDAL 4-200 – Adicon)	0,30
Sal de cura (Curatec 007 – Adtec)	0,35
Fixador de cor (Fixatec A001 – Adtec)	0,25
Emulsificante de gorduras (Rendfos F02 – Adtec)	0,25

* Em relação aos ingredientes cárneos.

No preparo das mortadelas, a adição dos ingredientes obedeceu à seguinte sequência: a) colocaram-se carne picada resfriada (2 °C), gelo e as combinações de SLT e CPS (exceto o controle) no *cutter* (Mainca, MD-40 BL); b) iniciou-se a cuterização adicionando, o mais rápido possível, o emulsificante de gorduras, batendo por cerca de 30 seg, para a sua incorporação; c) adicionou-se, então, o sal e cuterizou-se por outros 30 seg; em seguida, acrescentaram-se sal de cura, Temperex, amido de milho e proteína texturizada de soja (previamente triturada em liquidificador), nessa ordem, e cuterizou-se até que a temperatura da massa atingisse de 7 a 10 °C, quando, então, foram adicionados o toucinho (triturado e resfriado) e o fixador de cor; d) cuterizou-se até que a temperatura da massa atingisse 16 °C.

Após o preparo das massas de mortadela, esta foi embutida em tripa de 63 mm de diâmetro (Nalobar APM 63 vermelho, marca Kalle Nalo), utilizando embutideira hidráulica (Mainca EM – 25) acoplada com um funil de calibre de 28 mm, de forma a obter mortadelas de 500-600 g. As mortadelas foram, então, cozidas em tacho com água aquecida, segundo a seguinte programação determinada em ensaios preliminares: 55 °C/30 min, 65 °C/30 min, 75 °C/30 min e 85 °C/30 min até que a temperatura da massa atingisse 74 °C (medida pela inserção de um termopar no centro da massa embutida de mortadela). Em seguida, aplicou-se o choque térmico, pela imersão das mortadelas em água e gelo (0 °C) por 10 min, acondicionando-as sob refrigeração (4 °C), para posterior análise.

4.3. Análise sensorial – Teste de Aceitação

Utilizou-se no ensaio de avaliação sensorial o Teste de Aceitação, com escala hedônica de nove pontos, sendo atribuída nota 9 para gostei extremamente e 1 para desgostei extremamente, para os atributos cor, sabor e impressão geral das amostras (CHAVES, 2005).

O teste com as amostras puras dos 18 tratamentos foi conduzido em supermercado da cidade de Viçosa, MG, fornecendo-se aleatoriamente, de forma monádica, amostras frias de aproximadamente 10 g, em forma de cubos, a 50 provadores não treinados por tratamento avaliado, habituados ao consumo de mortadela ou seus consumidores em potencial.

4.4. Análises físicas

4.4.1. Avaliação da cor das mortadelas

A avaliação da cor das mortadelas foi realizada usando-se o aparelho ColorQuest II Sphere (HunterLab, Reston, VA), conectado a um computador provido do sistema software Universal. O instrumento foi antecipadamente ligado por 30 min e padronizado para o modo de reflectância especular incluída (RSIN), sem o filtro ultravioleta. Logo após, foi realizada a calibração com a colocação, na porta de reflectância, dos azulejos de calibração (branco e cinza). Para obtenção das coordenadas de cor foram estabelecidos: o iluminante D₆₅ (luz do dia, 6.500 K), o ângulo de 10° para o observador e o sistema de cor CIELAB (RAMOS; GOMIDE, 2007).

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

A média de cada índice de cor: **L*** (claro/escuro), **a*** (vermelho/verde) e **b*** (amarelo/azul) foi calculada a partir de leituras em quintuplicata, feitas por movimentação da amostra (permitindo leituras em posições distintas), na porta de reflectância. As diferenças de cor (**ΔE***) entre os tratamentos e o padrão (mortadela-controle) foram calculadas pela fórmula $\Delta E^* = (\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2})^{1/2}$.

A partir dos dados de reflectância fornecidos pelo equipamento em intervalos de 10 nm, dentro da faixa do espectro visível (400 a 700 nm), foi calculado o índice de escurecimento (*browning*), definido como a razão entre o valor de reflectância a 570 nm (meio da região verde) e a 650 nm (meio da região vermelha), utilizando-se a seguinte fórmula (HUNT et al., 1991):

$$\text{Escurecimento} = \frac{\text{reflectância}_{570}}{\text{reflectância}_{650}}$$

4.4.2. Análise do perfil de textura (TPA)

A análise do perfil de textura instrumental foi realizada utilizando texturômetro TA-XT (*Texture Technologies Corp./Stable Micro Systems*), conectado a um computador provido do software Texture Expert.

As amostras foram cortadas com uso de sonda metálica afiada, em forma de cilindros, com 25 mm de diâmetro e 20 mm de altura. Na obtenção dos resultados de textura foi utilizada uma sonda de compressão cilíndrica de 25 mm de diâmetro (*Aluminium Cylinder Probe SMS, P/25*). As amostras de mortadelas foram comprimidas em 50% da altura original, em dois ciclos de compressão, a uma velocidade de 1 mm/s e 0,1 kgf/cm² (RAMOS; GOMIDE, 2007).

As curvas características do perfil de textura foram geradas no programa Texture Expert Stable Micro Systems, em que os valores dos atributos Dureza (N), Elasticidade (cm) e Coesividade foram automaticamente calculados. A mastigabilidade foi obtida pelo produto dos valores dos três atributos anteriores. A Figura 1 ilustra os gráficos gerados na Análise Objetiva do Perfil de Textura, a partir dos quais as dimensões de textura foram diretamente obtidas.

A dureza é definida como a força necessária para se alcançar determinada deformação e encontrada a partir da Área total (A1) ou pico de força máxima (●), durante a simulação da primeira mordida. A coesividade é definida como a força das ligações internas que determina a extensão em que o alimento é deformado antes da ruptura. Representa como o alimento responde à segunda compressão após suportar a primeira e é obtida pela razão entre as áreas positivas da segunda (A2) e da primeira (A1) mordida. A elasticidade ou flexibilidade trata-se da taxa em que o material deformado retorna à sua condição inicial pela remoção da força deformadora, sendo

definida como a distância (L2) necessária para detectar o pico de deformação após o fim da primeira mordida e o início da segunda. Por fim, a mastigabilidade é a energia requerida para se desintegrar alimento sólido a um estado pronto para ser engolido, sendo obtido pelo produto da dureza, coesividade e elasticidade.

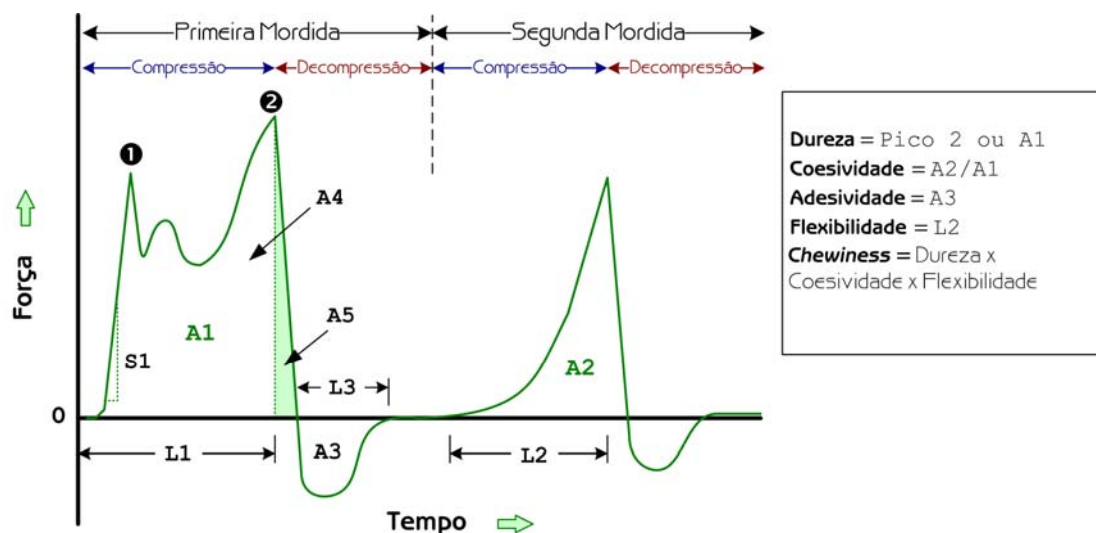


Figura 1 – Curva típica de deformação obtida da análise por TPA em alimentos sólidos ou semissólidos.

Fonte: RAMOS; GOMIDE, 2007.

4.5. Análises físico-químicas

A avaliação da composição centesimal foi feita nas mortadelas formuladas nos distintos teores de gordura e SLT e CPS. Os teores de ferro total, ferro heme e não heme foram determinados tanto nas formulações de mortadela quanto nas dietas elaboradas para o ensaio de biodisponibilidade de ferro. Teores de nitrogênio, gordura e água foram determinados nas dietas dos ensaios biológicos de qualidade proteica e biodisponibilidade de ferro. Ainda, no ensaio de qualidade proteica as fezes e as carcaças dos animais foram avaliadas em relação ao seu teor de nitrogênio.

4.5.1. Composição centesimal

Os teores de água, lipídios, proteínas e cinzas foram determinados de acordo com metodologias da AOAC (1995), capítulo 39, métodos oficiais 950.46, 960.39,

928.08 e 920.153, respectivamente. O teor de proteínas ($N \times 6,25$) foi determinado pela quantificação do nitrogênio total da amostra, utilizando-se o destilador semimicro Kjeldahl, marca TECNAL (TE 036/1). O teor de lipídios foi determinado pelo método intermitente de Soxhlet modificado, realizado em destilador e utilizando éter de petróleo como solvente orgânico. O teor de água foi determinado por dessecação, até peso constante, em estufa a 105 °C. A determinação do resíduo mineral fixo (cinzas) das amostras se deu após carbonização e incineração, a 550 °C em mufla (TECNAL-TE-387) até a obtenção de cinzas claras. O teor de carboidratos foi obtido pela diferença entre o total da amostra (100%) e os teores de proteína, lipídio, água e cinzas.

4.5.2. Determinação de ferro total

Para análise de ferro, as amostras foram preparadas pela técnica de cinzas úmidas (AOAC, 1995), capítulo 32, método oficial 944.02. Primeiramente, as vidrarias e utensílios utilizados foram desmineralizados com solução de ácido nítrico 10%, na qual permaneceram por 24 h, sendo, posteriormente, enxaguados, por três vezes, com água deionizada. Pesou-se 1 g de amostra em balança analítica, à qual se adicionaram 10 mL de ácido nítrico 65%. Esse conjunto foi aquecido em tubos microdigestores por 16 h em bloco digestor Kjeldhaltherm-Gerhart, modelo KB 40S, marca TECNAL, na temperatura de 150 °C até a obtenção de solução cristalina e transparente. Após a digestão, as soluções obtidas foram transferidas para balões volumétricos de 50 mL e os volumes, completados com água deionizada. Nas soluções minerais foram analisados os teores de ferro por meio de espectrofotômetro de absorção atômica com aspiração direta em chama de ar/acetileno, modelo GBC 908-AA, no comprimento de onda de 248,3 nm.

4.5.3. Determinação de ferro heme

Determinou-se o ferro heme nas amostras de mortadelas e dietas usadas no ensaio biológico de biodisponibilidade de ferro conforme a modificação do método de Hornsey (1956), proposta por Lombardi-Boccia et al. (2002). As mortadelas avaliadas foram: as previamente liofilizadas para o preparo das dietas deste estudo; e as secas, por 12 h a 60 °C, em estufa Fanem, modelo 315 SE, com circulação de ar,

conforme Fontes (2006). Tal procedimento foi tomado com o objetivo de avaliar a interferência do método de secagem no teor de ferro heme das mortadelas.

Inicialmente, pesaram-se 2 g de amostra em tubo de centrifuga de fundo cônico e capacidade de 50 mL. Em seguida, adicionaram-se 20 mL de solução de acetona 78% acidificada com 2,5% de ácido clorídrico.

Para a construção da curva padrão, preparou-se também soluções padrão de hematina, nas concentrações de 1, 3, 5, 15 e 30 µg/g de ferro a partir de hematina suína (H3281) com concentração de 4,86% de ferro.

As soluções contendo a amostra e a acetona acidificada, bem como o padrão de hematina, foram agitadas em vórtex por 15 seg e, em seguida, armazenadas por 60 min, em ausência de luz, tomando-se o cuidado de periodicamente agitar manualmente. Após esse tempo, os tubos foram centrifugados a 870 x g por 10 min em centrífuga BR4i JOUAN acoplada com rotor Swing-out S40. Em seguida, o sobrenadante foi filtrado em papel de fibra de vidro (Whatman) e a absorvância, lida a 640 nm em espectrofotômetro Hitachi U-2001 (série 9826-049). Todas essas etapas também foram realizadas para um branco, cujo valor de absorvância foi subtraído das absorvâncias das amostras.

4.5.4. Determinação de ferro não heme

O teor de ferro não heme foi calculado pela diferença entre o ferro total (4.5.2) e o ferro heme (4.5.3).

4.5.5. Determinação da estabilidade de emulsão da massa crua das mortadelas

A estabilidade da emulsão da massa crua das mortadelas foi realizada de acordo com o método de Hughes et al. (1997). Para isso, aproximadamente 25 g (peso exato registrado) da emulsão crua, recém-elaborada, foram colocados, em duplicata, em tubos de centrifuga de polietileno de 50 mL com fundo cônico, previamente pesados. Em seguida, as amostras foram centrifugadas à temperatura ambiente em centrífuga BR4i JOUAN, acoplada com rotor Swing-out S40, por 1 min a 3.000 x g. Os tubos foram, então, aquecidos em banho-maria a 70 °C por 30 min e novamente centrifugados por 3 min a 3.000 x g, sendo por último vertidos em placas de Petri previamente pesadas para que todo o sobrenadante fosse recolhido. A

seguir, as placas foram levadas à estufa a 105 °C e pesadas até a obtenção de peso constante. Os tubos de centrifuga contendo o precipitado também foram pesados.

A estabilidade de emulsão foi avaliada determinando-se o teor de fluido exsudado em relação à massa (EXSUD) e o teor de gordura exsudada em relação à gordura da massa (GDEXUD), de acordo com as fórmulas:

$$EXUD = \frac{\text{fluidoexsudado}(g)}{\text{massacrua}(g)} \times 100 \quad GDEXUD = \frac{\text{gorduraexsudada}(g)}{\text{gorduramassacrua}(g)} \times 100$$

4.5.6. Determinação da estabilidade de emulsão das mortadelas cozidas

A estabilidade de emulsão das mortadelas prontas foi obtida pesando-se 20 g do produto, em duplicata, em tubos de centrifuga de polietileno de 50 mL com fundo cônico, previamente pesados. Adicionaram-se 20 mL de água destilada aos tubos, que foram, então, aquecidos em banho-maria (FISATOM 550) a 75 °C por 30 min e, em seguida, centrifugados à temperatura ambiente a 3.000 x g por 3,5 min, em centrífuga BR4i JOUAN acoplada com rotor Swing-out S40. O sobrenadante foi recolhido em funil de separação de 100 mL, sendo realizadas três extrações de gordura com éter de petróleo. Por fim, a parte apolar foi levada à estufa a 105 °C em erlenmeyers de 50 mL previamente pesados, para evaporação do éter de petróleo; e a quantificação da gordura exsudada foi feita por pesagem dos erlenmeyers até peso constante.

Nas mortadelas cozidas, a estabilidade de emulsão foi obtida pela determinação do teor de gordura exsudada em relação à gordura da amostra, de acordo com a fórmula:

$$GDEXUD = \frac{\text{gorduraexsudada}(g)}{\text{gorduramortadela}(g)} \times 100$$

4.6. Avaliação da qualidade proteica das mortadelas

4.6.1. Preparo das dietas

As mortadelas foram trituradas em disco de 5 mm em moedor de carne, marca SKYMSEM (modelo PSEE-22), e acondicionadas individualmente em sacos

plásticos rotulados e mantidas sob refrigeração (4 °C) até a posterior utilização para o preparo das dietas experimentais.

As dietas experimentais foram preparadas de modo a fornecerem entre 9 e 10% de proteína e modificadas a partir da dieta-padrão da AIN-93G (REEVES et al., 1993). Como era objetivo avaliar também o efeito da gordura na qualidade proteica das mortadelas, foi necessário proceder a uma modificação na composição da dieta-padrão AIN-93G também em relação ao teor de lipídios, não sendo possível a formulação de dietas isocalóricas. Assim, as dietas eram isocalóricas apenas dentro de cada nível de gordura. O Quadro 3 mostra a composição das dietas experimentais para avaliação da qualidade proteica das mortadelas formuladas.

Todos os ingredientes foram pesados em balança semianalítica e previamente misturados, manualmente, em vasilhames plásticos. A seguir foram misturados em batedeira semi-industrial, marca LIEME, por cerca de 15 min. Após o preparo, promoveu-se a quantificação de proteínas de cada dieta para confirmação do teor e, quando necessário, foi feita correção desta dieta de maneira que o teor de proteína ficasse entre 9 e 10%. Essa correção foi feita com amido de milho, para teores de proteínas das dietas superiores a 10% e com mortadela (dietas experimentais) ou caseína (dieta-controle), para teores de proteínas inferiores a 9%. Por fim, as dietas foram identificadas e armazenadas sob refrigeração (4 °C) até o momento de serem fornecidas aos animais.

4.6.2. Ensaio biológico

A avaliação da qualidade proteica das dietas experimentais foi conduzida por meio de ensaio biológico com 132 ratos machos (*Rattus norvegicus*, variedade *albinus*, classe Rodentia), da linhagem Wistar, recém-desmamados, com 23 dias de idade e peso variando entre 54 e 72 g, provenientes do Biotério Central do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde da UFV. A metodologia usada é descrita no capítulo 45, método oficial 982.30 (AOAC, 1995).

Para manter homogeneidade ponderal nos grupos, o delineamento usado no experimento foi o de blocos casualizados, descrito por Bender et al. (1982), formando-se grupos de seis animais.

Quadro 3 – Composição e teores de proteína das dietas experimentais utilizadas no ensaio biológico de avaliação da qualidade proteica das mortadelas (g/100 g de mistura)

Ingredientes	10% Gordura								20% Gordura								30% Gordura					
	LN	Cas1	D1	D2	D3	D4	D5	D6	Cas2	D7	D8	D9	D10	D11	D12	Cas3	D13	D14	D15	D16	D17	D18
Fonte proteica ¹	--	11,81	59,23	61,60	60,98	59,78	59,94	60,70	11,81	65,33	67	64,54	62,3	63,08	62,91	11,81	69,44	71,32	69,55	69,50	69,29	70,27
Amido dextrinizado ²	13,2	13,20	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2	13,14	12,76	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2	10,84	10,19	11,03	10,9	10,93	10,74
Sacarose ³	10	10	10	10	10	10	10	10	10	9,94	9,55	10	10	10	10	10	7,63	6,99	7,82	7,7	7,73	7,55
Óleo de soja ⁴	7	5,75	0,77	0,26	0,25	0,34	0	0,52	10,75	1,54	0,64	1,74	1,75	1,6	1,68	15,75	2,04	1,45	1,55	1,85	2,0	1,39
Fibra (celulose) ⁵	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Mistura mineral ⁶	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
Mistura vitamínica ⁷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L-cistina ⁸	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Bitartarato de colina ⁹	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Amido de milho ¹⁰		49,19	6,75	4,89	5,52	6,63	6,81	5,53	44,19	0	0	0,48	2,70	2,07	2,16	39,19	0	0		0	0	0
Proteína (%)		9,52	9,64	9,70	9,81	9,81	9,62	9,95	9,36	9,91	9,50	9,71	9,45	9,59	9,64	9,37	9,89	9,83	9,81	10,00	9,92	9,58

Fonte: Adaptação da AIN-93G – REEVES et al., 1993.

LN – dieta livre de nitrogênio; Cas1, D1, D2, D3, D4, D5 e D6 – dietas de caseína, 100/0, 75/25, 50/50, 25/75 e 0/100, respectivamente, no nível de 10% de gordura; Cas2, D7, D8, D9, D10, D11 e D12 – dietas de caseína, 100/0, 75/25, 50/50, 25/75 e 0/100, respectivamente, no nível de 20% de gordura; Cas3, D13, D14, D15, D16, D17, D18 – dietas de caseína, 100/0, 75/25, 50/50, 25/75 e 0/100, respectivamente, no nível de 30% de gordura

¹ A fonte proteica de Cas1, Cas2 e Cas3 foi caseína comercial de Rhoster/Rhoster – Indústria e Comércio Ltda., e nas demais formulações as fontes proteicas foram as respectivas mortadelas; ² Nutryclin Comercial Ltda.; ³ Açúcar União/Comércio de Viçosa; ⁴ Óleo de soja Soja/Comércio de Viçosa; ⁵ Comprecel/Minjтай Chemical Company Ltda., Taiwan; ⁶ REEVES et al., 1993; ^{6, 7, 8 e 9} Rhoster/Rhoster – Indústria e Comércio Ltda.; e ¹⁰ Maizena/Comércio de Viçosa.

Foram avaliados 22 grupos experimentais, compostos por animais alimentados com as dietas preparadas à base das mortadelas (item 4.2.1) mais três grupos representados por dietas à base de caseína, nos três níveis distintos de gordura. Um último grupo recebeu dieta isenta de proteína (Livre de Nitrogênio – LN) para estimativa do nitrogênio fecal endógeno desse grupo.

Os animais foram distribuídos em gaiolas individuais de aço inoxidável, em ambiente de temperatura controlada a 22 ± 3 °C e ciclo de claro e escuro de 12 h, por 14 dias, durante os quais receberam água deionizada e as respectivas dietas experimentais *ad libitum*.

O peso dos animais e seu consumo alimentar foram monitorados semanalmente, durante o período experimental. Determinou-se o coeficiente de eficiência alimentar (CEA) pela expressão que relaciona o ganho de peso total dos animais (g) e o consumo total de dieta (g).

Ao final de 14 dias, foram determinados os seguintes indicadores nutricionais: coeficiente de eficácia proteica (PER), razão proteica líquida (NPR) e digestibilidade verdadeira (DV).

O PER foi modificado para 14 dias de experimentação, considerando-se o ganho de peso do grupo-teste em relação à proteína ingerida por este. Para o cálculo do PER, foi utilizada a seguinte fórmula (HEGSTED, 1977):

$$\text{PER} = \frac{\text{ganho de peso (g) do grupo teste}}{\text{proteína consumida(g) pelo grupo teste}}$$

Calculou-se o PER relativo (PERR) ao valor da caseína, dividindo o valor individual de cada animal pelo valor médio de PER do grupo que recebeu a dieta à base de caseína.

O NPR foi determinado no 14º dia do experimento com os ratos, levando-se em consideração o ganho de peso do grupo-teste mais a perda de peso do grupo de dieta livre de proteína (LN), em relação ao consumo de proteína do grupo-teste, de acordo com a fórmula (FRIEDMAN, 1975; HEGSTED, 1977):

$$\text{NPR} = \frac{\text{ganho de peso (g) do grupo teste} + \text{perda de peso (g) do grupo LN}}{\text{proteína consumida (g) pelo grupo teste}}$$

O NPR relativo (NPRR) ao valor da caseína foi calculado dividindo-se o valor individual de cada animal pelo valor médio de NPR do grupo que recebeu a dieta à base de caseína.

Para determinação da digestibilidade, as dietas foram marcadas com carmin (0,1 g/100 g) e oferecidas aos animais no 7º e no 13º dia do experimento.

A totalidade das fezes foi coletada do 9º ao 13º dia do experimento, sendo no 8º dia coletadas as fezes marcadas e no 14º as não marcadas pelo indicador utilizado. Na coleta, utilizou-se recipiente individual para cada animal, que foi mantido sob refrigeração. Posteriormente, as fezes foram secas a 105 °C, por 24 h, em estufa Fanem, modelo 315 SE, com circulação de ar. Por fim, foram resfriadas, pesadas e trituradas em multiprocessador doméstico marca Arno, para determinação do teor de nitrogênio pelo método de Kjeldahl, método oficial 928.08, capítulo 39 (AOAC, 1995).

A digestibilidade verdadeira (DV) foi calculada medindo-se a quantidade de nitrogênio ingerido na dieta, a quantidade excretada nas fezes e a perda metabólica nas fezes. Essa perda foi estimada pela quantidade de nitrogênio excretada pelos ratos alimentados com a dieta LN. O cálculo da digestibilidade verdadeira foi feito de acordo com a seguinte fórmula (NATIONAL..., 1963):

$$DV = \frac{I - (F - FK)}{I} \times 100$$

em que:

DV = digestibilidade verdadeira;

I = nitrogênio ingerido pelo grupo com dieta-teste;

F = nitrogênio fecal do grupo com dieta-teste; e

FK = nitrogênio fecal do grupo com dieta aprotéica.

A digestibilidade verdadeira relativa (DVR) ao valor da caseína foi calculada dividindo-se o valor individual de cada animal pelo valor médio de digestibilidade verdadeira do grupo que recebeu a dieta à base de caseína.

4.7. Biodisponibilidade de ferro em mortadelas

Para o ensaio de biodisponibilidade de ferro foi empregada a metodologia baseada no modelo de recuperação dos níveis de hemoglobina em ratos anêmicos, segundo capítulo 45, método oficial 974.31 (AOAC, 1995). Tal procedimento experimental foi dividido em duas fases distintas, totalizando 35 dias de experimentação: depleção, com duração de 21 dias e que visou obter ratos anêmicos; e repleção, desenvolvida durante 14 dias e que objetivou a recuperação dos níveis de hemoglobina dos ratos anêmicos, com utilização das dietas experimentais.

4.7.1. Preparo das dietas

As dietas-teste foram preparadas de acordo com a dieta-padrão para roedores AIN-93G (REEVES et al., 1993). A composição percentual dos ingredientes utilizados na preparação da dieta basal oferecida aos animais na fase de depleção é apresentada no Quadro 4.

Quadro 4 – Composição percentual da dieta basal oferecida aos ratos na fase de depleção

Ingredientes	g/100 g de mistura
Albumina ¹	21,25
Maltodextrina ²	13,2
Sacarose ³	10,0
Óleo de soja ⁴	7,0
Fibra (celulose microfina) ⁵	5,0
Mistura de minerais sem a fonte de ferro ⁶	3,5
Mistura de vitaminas ⁷	1,0
L-cistina ⁸	0,3
Bitartarato de colina ⁹	0,25
Amido de milho ¹⁰	38,50

Fonte: REEVES et al., 1993.

¹ e ² Nutryclin Comercial Ltda.; ³ Açúcar União/Comércio de Viçosa; ⁴ Óleo de soja Soya/Comércio de Viçosa; ⁵ Compregel/ Minjtaí Chemical Company Ltda., Taiwan; ⁶ REEVES et al., 1993; ⁷, ⁸ e ⁹ Rhoster/Rhoster – Indústria e Comércio Ltda.; e ¹⁰ Maizena/Comércio de Viçosa.

As 13 dietas experimentais utilizadas na fase de repleção foram preparadas com concentração de 12 mg de ferro/kg de dieta e variando a fonte do mineral: sulfato ferroso; mortadelas-controle, 100/100, 50/50 e 0/100, nos três níveis de

gordura representados no item 4.2.1. As mortadelas foram congeladas a -80 °C e liofilizadas em liofilizador (LIOBRAS –LP1010) a 25 a 30 °C por 36 h antes de serem utilizadas no preparo das dietas experimentais, de modo a minimizar o efeito do calor na oxidação dos pigmentos mioglobina e hemoglobina.

Foi utilizada albumina como fonte proteica em substituição à caseína em virtude do elevado teor de ferro contaminante na caseína.

A quantidade de mortadela utilizada foi calculada para fornecer 12 mg ferro/kg dieta provenientes exclusivamente das mortadelas (exceto pela dieta de sulfato ferroso). A quantidade de albumina adicionada levou em consideração a proteína contida na mortadela. Como foram três os níveis de gordura, padronizou-se a quantidade a ser adicionada desse ingrediente dentro de cada nível de gordura, de acordo com a dieta que recebeu mais mortadela em sua formulação e, conseqüentemente, mais gordura. Assim, as dietas dos grupos de 10, 20 e 30% de gordura ficaram com teor de gordura padronizado em 9,33%, 17,80% e 34,74%, respectivamente.

Todos os ingredientes foram pesados em balança semianalítica e previamente misturados, manualmente, em vasilhames plásticos enxaguados com água deionizada, e a seguir em batedeira semi-industrial, marca LIEME, por cerca de 15 min. Após o preparo, as dietas foram identificadas e armazenadas sob refrigeração até o momento do consumo.

4.7.2. Ensaio biológico

Foram utilizados 104 ratos machos (*Rattus norvegicus*, variedade *albinus*, classe Rodentia), da linhagem Wistar, recém-desmamados, com 23 dias de idade, provenientes do Biotério Central do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde da UFV, com peso inicial variando entre 52 e 66 g.

Os animais foram distribuídos em gaiolas individuais de aço inoxidável, em ambiente de temperatura controlada a 22 ± 3 °C e ciclo de claro e escuro de 12 h.

4.7.2.1. Fase de depleção

Durante 21 dias, todos os animais receberam dieta adaptada da AIN-93G (Quadro 5), isenta de ferro e água deionizada *ad libitum*, com o objetivo de induzir

Quadro 5 – Composição das dietas experimentais oferecidas aos ratos nas fases de depleção e repleção (g/kg de mistura)

Ingredientes	Dieta de depleção	Dietas de repleção												
		10% Gordura					20% Gordura				30% Gordura			
		D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13
Albumina	212,50	212,50	108,8	176,75	144,50	48,50	95,75	177,00	142,60	479,60	80,38	163,63	141,60	0
Mortadela Liofilizada	---	---	167,3	58,4	119,60	294,40	246,00	70,80	140,00	0	348,40	129,20	185,80	697,50
FeSO ₄ .7H ₂ O ²	---	0,0596	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Maltodextrina ³	132	132	132	132	132	132	132	132	132	132	132	132	132	102
Sacarose ⁴	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Óleo de soja ⁵	70	70	48,8	77,6	58,4	0	79,10	151,80	125,5	0	176,40	280,80	255,50	0
Fibra ⁶	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Mist. mineral ⁷	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
Mist. vitaminas ⁸	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
L-cistina ⁹	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Bit. Colina ¹⁰	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Amido milho ¹¹	385	384,85	342,40	354,75	345,00	324,60	246,70	267,90	259,4	187,90	62,32	93,88	84,57	0

* Fonte: Mistura de minerais AIN-93G-MX isenta de ferro – REEVES et al., 1993.

D1- dieta à base de sulfato ferroso; D2, D3, D4 e D5 – dietas à base de mortadelas-controle, 100/0, 50/50, 0/100, com 10% de gordura; D6, D7, D8 e D9 – dietas à base de mortadelas-controle, 100/0, 50/50, 0/100, com 20% de gordura; D10, D11, D12 e D13 – dietas à base de mortadelas-controle 100/0, 50/50, 0/100, com 30% de gordura

¹ e ³ Nutryclin Comercial Ltda.; ² Vetec/Vetec; ⁴ Açúcar União/Comércio de Viçosa; ⁵ Óleo de soja Soya/Comércio de Viçosa; ⁶ Comprecel/ Minjtai Chemical Company Ltda., Taiwan; ⁷ REEVES et al., 1993; ^{8,9} e ¹⁰ Rhoster/Rhoster – Indústria e Comércio Ltda.; e ¹¹ Maizena/Comércio de Viçosa.

anemia ferropriva. Ao término do período de depleção, coletou-se o sangue, por gotejamento, em vidro de relógio, após incisão da porção terminal da cauda dos animais. O nível de hemoglobina foi determinado pelo método da cianometaemoglobina, método oficial 944.02, capítulo 45 (AOAC, 1995), utilizando-se, para tal, o *kit* para diagnóstico colorimétrico *in vitro* da marca Doles (Belo Horizonte). Nesse método, 20 µL de sangue foram coletados com micropipetas e, então, misturados a 5 mL de solução de cianeto e ferricianeto de potássio (solução de Drabkin), que oxida o ferro da hemoglobina (Fe^{+2}), transformando-a em metaemoglobina (Fe^{+3}) e, posteriormente, em cianometaemoglobina, cuja absorbância foi medida, a 540 nm, em espectrofotômetro SHIMADZU UV-1601. A cor resultante dessa reação é de intensidade proporcional ao teor de hemoglobina no sangue.

Para o cálculo da concentração de hemoglobina nas amostras de sangue foi utilizado como referência o valor de leitura da absorbância de uma solução-padrão de hemoglobina (Doles, Belo Horizonte) de concentração correspondente a 11,4 g/dL.

Foi também determinado o valor do hematócrito por centrifugação, utilizando-se o micrométodo proposto por Nelson e Morris (1995). O sangue foi coletado diretamente do extremo terminal da cauda por capilaridade. Após centrifugação, por 5 min a 8.000 rpm, o comprimento da coluna de sangue, incluindo o plasma e a coluna de eritrócitos isolada, foi comparado a um gabarito com escala graduada, obtendo-se, assim, o valor de hematócrito, conforme as instruções do fabricante do aparelho utilizado (centrífuga de bancada – Micro-hematócrito, SIGMA 1-15).

O peso dos animais e o consumo alimentar foram monitorados semanalmente.

4.7.2.2. Fase de repleção

Na fase de repleção, 101 animais anêmicos (3 morreram durante essa fase) com nível médio de hemoglobina de $7,24 \pm 0,83$ g/dL de sangue foram divididos em 13 grupos experimentais, de acordo com a concentração de hemoglobina, com oito animais cada um, de maneira que as médias dos grupos dos níveis de hemoglobina fossem as mais próximas possíveis. Assim, as 13 dietas foram fornecidas aos respectivos grupos de animais durante 14 dias, com o intuito de avaliar, ao final do

experimento, a eficiência das dietas em recuperar os níveis de hemoglobina e de hematócrito dos animais. O ganho de hemoglobina dos animais foi calculado pela diferença entre os valores obtidos nas fases inicial e final do período de repleção.

Durante essa fase, as dietas-teste foram pesadas diariamente e administradas aos animais de forma controlada (aproximadamente 12 g/dia) e a água deionizada, oferecida *ad libitum*. O ganho de peso e o consumo alimentar foram registrados semanalmente, de forma a obter o coeficiente de eficiência alimentar (CEA).

4.7.2.3. Eficiência na recuperação de hemoglobina (HRE)

A utilização biológica do ferro, nos níveis de ferro determinados na dieta, foi obtida de acordo com o método de eficiência na recuperação de hemoglobina (HRE%), proposto por Mahoney et al. (1974), usando a seguinte expressão:

$$HRE = \frac{mg \text{ HbFe} (Final) - mg \text{ HbFe} (Inicial)}{mg \text{ Fe Consumido}} \times 100,$$

em que:

mg HbFe = peso corporal (g) x 0,067 mL de sangue/g de peso corporal x g Hb/mL sangue x 3,35 mg Fe/g Hb.

4.8. Delineamento experimental

Para as análises de teor de ferro total, composição centesimal, estabilidade de emulsão, avaliação de cor e de textura das mortadelas, os tratamentos foram dispostos em delineamento inteiramente casualizado, segundo um esquema fatorial (6x3), com seis formulações em três níveis de gordura e em três repetições, perfazendo 54 unidades experimentais. Para os fatores quantitativos, os dados foram interpretados por meio de análise de variância e regressão, utilizando o teste F a 5% de probabilidade. Comparações de médias dos tratamentos foram feitas por meio do teste de Dunnett.

O ensaio experimental para qualidade proteica foi instalado no delineamento em blocos casualizados, tendo como fontes de variação seis repetições (ratos) e seis formulações em três níveis de gordura. Os dados foram interpretados por meio de análise de variância e as médias dos grupos experimentais, comparadas com a dieta-

padrão (caseína) e com a dieta-controle pelo teste de Dunnett, adotando-se 5% de probabilidade. Para os fatores quantitativos, os resultados foram interpretados por análises de variância e de regressão, utilizando-se o teste F a 5% de probabilidade.

O ensaio de biodisponibilidade de ferro foi instalado no delineamento em blocos casualizados, tendo como fontes de variação: oito repetições (ratos) e três formulações em três níveis de gordura. Os dados foram interpretados por meio de análise de variância e as médias dos grupos experimentais, comparadas com a dieta-padrão (sulfato ferroso) e com a dieta-controle pelo teste de Dunnett, adotando-se 5% de probabilidade. Para os fatores quantitativos, os resultados foram interpretados por análises de variância e de regressão, utilizando-se o teste F a 5% de probabilidade.

A avaliação sensorial procedeu-se conforme o esquema fatorial (3x6), sendo três níveis de gordura e seis formulações. Os 18 tratamentos foram dispostos no delineamento inteiramente casualizado, com 50 repetições (provadores), tendo como fontes de variação: repetições (provadores), gordura, formulações e gordura*formulações. Para os fatores quantitativos, os resultados foram interpretados por meio de análises de variância e de regressão, utilizando-se o teste F a 5% de probabilidade.

As análises estatísticas foram realizadas empregando-se o programa SAS (Statistical Analysis System – SAS Institute Inc., Cary, NC, USA), versão 9.1.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Composição química

Não houve efeito ($P > 0,05$) da interação entre os níveis de gordura e as formulações sobre a composição química das mortadelas.

Não foi observado efeito ($P > 0,05$) das distintas combinações de SLT e CPS na composição centesimal das mortadelas. Os valores médios de água, proteínas, lipídios, cinzas e carboidratos foram de $62,97 \pm 3,05\%$, $14,77 \pm 0,37\%$, $13,66 \pm 2,20\%$, $2,68 \pm 0,37\%$ e $5,91 \pm 2,80\%$, respectivamente.

Além disso, a substituição de carne por SLT ou CPS não promoveu alteração na composição das mortadelas formuladas e, portanto, não houve diferença ($P > 0,05$) entre tais formulações e a mortadela-controle.

No que tange à substituição de parte da carne utilizada por sangue, a não alteração na composição centesimal das mortadelas é explicada pelo fato de esse ingrediente ter composição semelhante à da carne (GORBATOV, 1988). Tal ausência de variação corrobora trabalhos realizados por Pereira (2000), Fontes (2006) e Santos (2007).

De acordo com informações do fabricante, o CPS continha originalmente 80% de proteínas, 8% de carboidratos (lactose), 8% de lipídios, 3,5% de cinzas e 5,5% de água. Dessa forma, após a sua reconstituição para conter teor de proteínas semelhante ao da carne (20% de proteínas), os teores de água, lipídios e cinzas também se tornaram semelhantes aos da carne. Apesar de o teor de carboidratos ter

permanecido superior ao da carne (em torno de 2% de carboidratos no CPS reconstituído), tal conteúdo não foi suficiente para alterar a composição dos produtos nos quais foi usado o CPS, uma vez que as mortadelas foram formuladas com ingredientes que são fontes de carboidratos, como amido de milho (3,75% da composição das mortadelas) e proteína texturizada de soja – PTS (3,00% da composição das mortadelas), os quais foram responsáveis por aumentar o teor de carboidratos das formulações. Ainda, a formulação com maior conteúdo de CPS correspondia a 20% de substituição da carne por esse ingrediente reconstituído, ou seja, 15% de CPS na formulação, contribuindo com apenas 0,3% de carboidratos.

A composição centesimal das mortadelas variou ($P < 0,05$) nos diferentes níveis de gordura utilizados. Com o aumento da adição de toucinho nas formulações, observaram-se redução ($P < 0,05$) dos teores de proteína e água e aumento ($P < 0,05$) no teor de lipídios das mortadelas (Figuras 2, 3 e 4). Tais variações ocorreram como esperado, uma vez que as formulações com maiores teores de toucinho (contendo basicamente lipídios) continham menores teores de carne (fonte de água e proteínas).

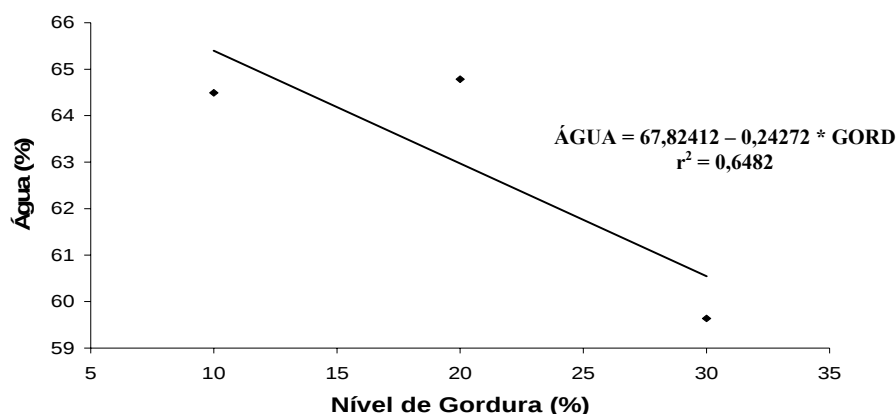


Figura 2 – Variação do teor de água das mortadelas formuladas com 10, 20 e 30% de gordura, entre os ingredientes cárneos.

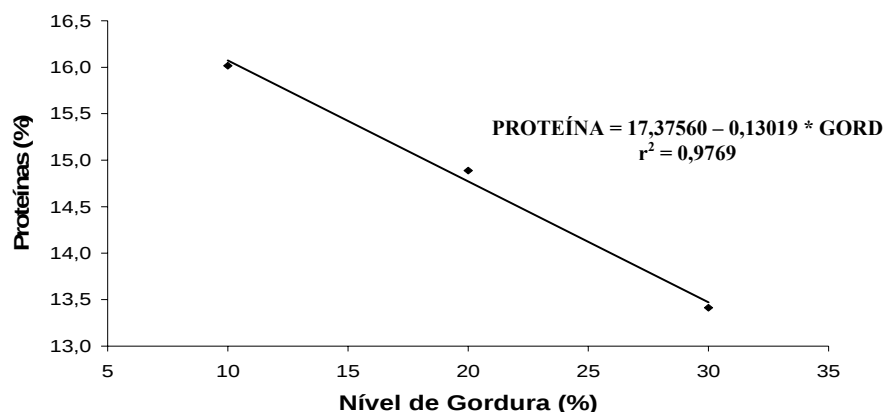


Figura 3 – Variação do teor de proteínas das mortadelas formuladas com 10, 20 e 30% de gordura, entre os ingredientes cárneos.

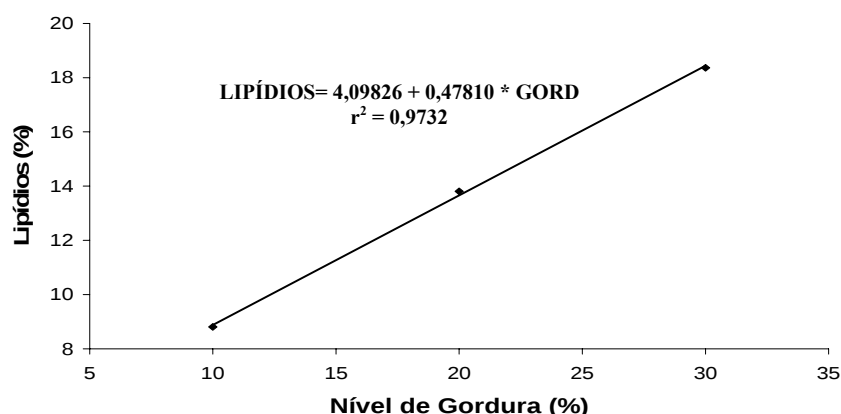


Figura 4 – Variação do teor de lipídios das mortadelas formuladas com 10, 20 e 30% de gordura, entre os ingredientes cárneos.

As mortadelas formuladas com 20 e 30% de gordura apresentaram teores de água ($64,32 \pm 1,20$ e $59,79 \pm 0,81$, respectivamente), proteínas ($14,90 \pm 0,19$ e $13,50 \pm 0,26$, respectivamente) e lipídios ($13,85 \pm 0,38$ e $18,43 \pm 1,05$, respectivamente) dentro dos limites estabelecidos pelo Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade para Mortadela, Instrução Normativa nº 04 (MAPA, 2000), que prevê que os teores de água e gordura devem ser, no máximo, de 65 e 30%, respectivamente, enquanto o teor de proteína não deve ser inferior a 12%.

Inadequação à legislação vigente ocorre no caso da utilização de 10% de gordura, que, apesar de ser o grupo com maior proporção de carne, ultrapassa o

limite estabelecido para água ($65,02 \pm 1,57\%$) no produto final. Tal ocorrência também foi observada por Santos (2007), que utilizou 10% de toucinho em formulações de mortadelas. Um modo de corrigir essa não conformidade com as normas legais seria a diminuição da quantidade de água adicionada na forma de gelo. Todavia, ressalta-se que tal alteração nas formulações poderia causar, além da perda de rendimento, prejuízo tecnológico importante, uma vez que a água adicionada é necessária à extração e solubilização das proteínas miofibrilares, fenômeno esse indispensável à elaboração de emulsões (GOMIDE; PEREIRA, 1989).

A legislação brasileira não determina limite de adição de água/gelo nas formulações de mortadelas, mas recomenda, conforme discutido, teor máximo de água permitido no produto final. Ainda, prevê a relação água/proteína (U/P) máxima de 3,5 para os produtos cárneos emulsionados (BRASIL, 2001).

As mortadelas, nos três níveis de gordura (10, 20 e 30%), apresentaram relação U/P de 4,05; 4,31; e 4,42, respectivamente, e, portanto, superior ao preconizado pela legislação vigente. Da mesma maneira, Melo Filho e Guerra (1998) detectaram relações U/P superiores a 3,5 em todas as amostras de mortadela e salsichas de diferentes marcas comerciais avaliadas. Esse fato, segundo Gomide et al. (1987), apesar das exigências legais, pode ser considerado benéfico à estabilidade da emulsão em salsichas, uma vez que tais autores afirmaram que, dentro de certos limites, quanto maior a relação U/P na formulação, maior a extração proteica e, conseqüentemente, mais estável será a emulsão.

A carne, por si só, já contém teor elevado de água (em torno de 75%). Desse modo, a legislação vigente vem a ser entrave à elaboração de produtos cárneos com reduzido teor de gordura e com mais carne (produtos *light*), demanda crescente do consumidor nos dias atuais. Portanto, faz-se necessária a adequação da legislação atual, de forma a permitir a oferta pela indústria desse tipo de produto.

O teor de ferro das mortadelas não sofreu efeito ($P > 0,05$) da interação entre os níveis de gordura e as formulações.

Assim como observado por Santos (2007), Fontes (2006) e Pereira (2000), o teor de ferro das mortadelas aumentou ($P < 0,05$) com o incremento da concentração de SLT (ou diminuição de CPS) nas formulações (Figura 5). Tal efeito é explicado pelo fato de que cada aumento de 5% de substituição de carne por SLT levou à incorporação na formulação de aproximadamente 52 mg de ferro, ou seja, pouco mais de 10 mg desse mineral por kg de formulação de mortadela, valor 10 vezes maior do que a quantidade de ferro que seria proveniente da carne substituída (GORBATOV, 1988).

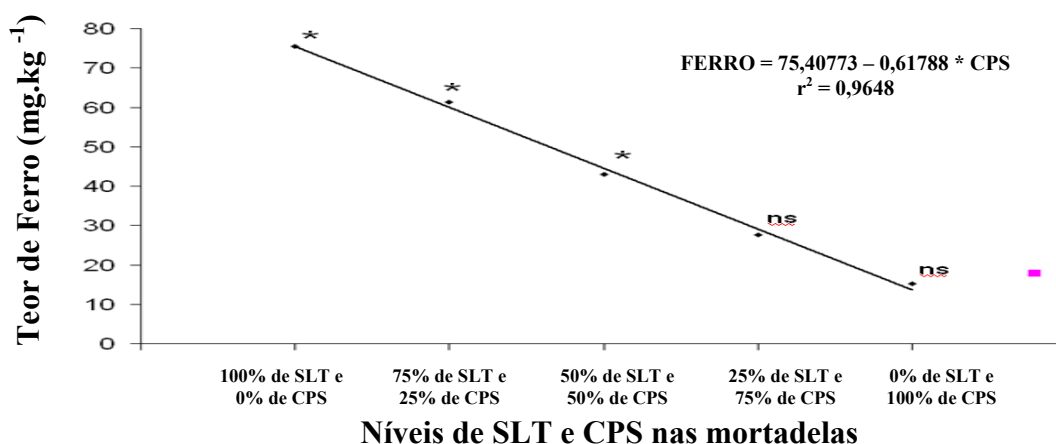


Figura 5 – Variação do teor de ferro das mortadelas formuladas pela substituição de carne por distintas combinações de SLT e CPS; ^{ns} Diferença não significativa, em relação ao controle, no nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; * Diferença significativa, em relação ao controle, no nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; e ■ Formulação-controle.

As formulações contendo 25/75 e 0/100 de SLT/CPS, que representam a substituição de maiores proporções de carne por CPS (respectivamente 15 e 20%) e, conseqüentemente, menores de SLT (respectivamente 5 e 0%), apresentaram teores de ferro iguais ($P > 0,05$) à da formulação-controle, enquanto as formulações contendo 10% ou mais de substituição de carne por SLT (conseqüentemente 10% ou menos de CPS) exibiram quantidades superiores ($P < 0,05$) de ferro em suas formulações, em relação às mortadelas sem sangue ou soro (Figura 5).

A substituição de 20% da carne por CPS apenas (formulação 0/100) levou à remoção de aproximadamente 22,8 mg de ferro da formulação, proveniente da carne, correspondendo a 4,5 mg Fe/kg de mortadela, valor relativamente pequeno, próximo ao desvio da média, o que justifica a não diferença observada em relação à formulação-controle.

Quando o sangue é utilizado para substituir parte da carne da formulação, quantidades consideráveis de ferro são, dessa forma, incorporadas, uma vez que esse ingrediente contém 10 vezes mais ferro do que a carne (300 mg.kg⁻¹). A formulação 25/75 teve 20% da carne (22,8 mg de ferro) substituída por 15% de CPS e 5% de SLT, este último contribuiu com 57 mg de ferro, levando a um teor de aproximadamente 23 mg Fe/kg de mortadela, que não diferiu da formulação-

controle. A incorporação de 10%, 15% e 20% de SLT em substituição à carne levou à modificação nos teores de ferro das formulações em relação à formulação-controle, uma vez que esses níveis de substituição de carne por SLT levaram à incorporação de aproximadamente 90, 150 e 200 mg de ferro à mortadela.

Santos (2007) também observou que mortadelas formuladas com 16 e 20% de substituição de carne por CPS (respectivamente 4 e 0% de sangue) continham teores de ferro iguais ($P > 0,05$) ao da formulação-controle e que a substituição da carne por mais de 4% de sangue promoveu aumento ($P < 0,05$) no teor de ferro das mortadelas.

Isoladamente, a variação na quantidade de gordura não promoveu ($P > 0,05$) modificação no teor de ferro das formulações, que apresentaram valor médio de $40,06 \pm 2,84 \text{ mg.kg}^{-1}$. Como o toucinho não contém quantidade relevante de ferro, esperava-se que a substituição de carne por esse ingrediente pudesse diminuir esse mineral nas formulações.

Considerando que a carne contém em torno de 30 mg.kg^{-1} de ferro (GORBATOV, 1988; OELLINGRATH; SLINDE, 1985), o aumento real na quantidade de ferro com cada decréscimo de 10% de toucinho nas formulações foi próximo a 11,4 mg, correspondendo a 2,25 mg de ferro em cada kg de formulação de mortadela. Tais valores são relativamente pequenos, próximos ao encontrado no desvio-padrão, justificando a não observação de diferença no teor de ferro entre as formulações com distintos teores de gordura. Além disso, a ausência de interação com os níveis de gordura fazem que as quantidades de ferro consideradas na análise de regressão sejam elevadas, diminuindo o efeito diluente da gordura sobre o teor desse mineral nas mortadelas. Ainda assim esses resultados indicam que a mortadela formulada com 20% de toucinho continha aproximadamente $2,25 \text{ mg.kg}^{-1}$ de ferro a menos do que a formulada com 10% de gordura, enquanto aquela formulada com 30% de gordura continha, teoricamente, $4,5 \text{ mg.kg}^{-1}$ de ferro a menos do que a formulação com 10% de gordura.

Tendo em vista que a quota dietética diária recomendada (RDA) de ferro para indivíduos varia de 7 mg, para crianças entre 7 e 12 meses, a 27 mg, para gestantes (INSTITUTE OF MEDICINE, 2001), e estimando-se o consumo diário de mortadelas em 30 g, a substituição de cada 10% de carne por gordura faz com que menos de 1% da RDA deixe de ser fornecida por estes produtos. Portanto, também do ponto de vista nutricional, a redução do fornecimento de ferro devido à substituição de maiores proporções de carne das formulações por gordura é pequena.

5.2. Estabilidade de emulsão

5.2.1. Estabilidade de emulsão das massas cruas das mortadelas

As emulsões cárneas são consideradas emulsões gélicas, com a gordura uniformemente distribuída numa matriz proteica gélica contínua, em que o filme interfacial formado é o resultado da absorção da proteína sobre a superfície das partículas de gordura. A principal característica de qualidade de uma emulsão cárnea, como a mortadela, é a sua estabilidade final, sendo essa desejável estabilidade alcançada por meio do equilíbrio entre duas distintas funções: a) espessura do filme interfacial de proteína; b) densidade e integridade da matriz que envolve a emulsão e a estabilidade na manutenção dessa integridade durante o processamento térmico (GOMIDE; PEREIRA, 1989).

Não foi observado efeito ($P > 0,05$) da interação entre as formulações e o nível de gordura sobre a Estabilidade de Emulsão (EE) das massas das mortadelas, avaliada pelos indicadores: teor de fluido exsudado em relação à massa (EXSUD) e teor de gordura exsudada em relação à gordura da massa (GDEXSUD).

Pela análise de regressão (Figuras 6 e 7), observou-se aumento ($P < 0,05$) nos valores dos indicadores de EE, à medida que se elevaram os teores de CPS (ou diminuíram os de SLT) nas formulações, indicando perda de estabilidade de emulsão ao trocar proteínas da carne por proteínas do soro de leite. Tais resultados sugerem maior perda de fluido e gordura quando a substituição da carne se baseia em níveis mais elevados de CPS.

Embora muito se saiba sobre as propriedades físico-químicas de várias proteínas e suas propriedades funcionais em sistemas de modelo simples, a previsão de seu comportamento em sistemas alimentares é complexa. Uma combinação de fatores como pH, temperatura, força iônica e interação com outros componentes dos alimentos (lipídios, carboidratos etc.) podem causar imprevisíveis mudanças estruturais nas proteínas e, dessa forma, afetar seu comportamento funcional. Além disso, os métodos utilizados para isolamento das proteínas também podem causar variação em sua conformação inicial que, por sua vez, pode afetar seu comportamento em determinado produto alimentício (NAKAI, 1991).

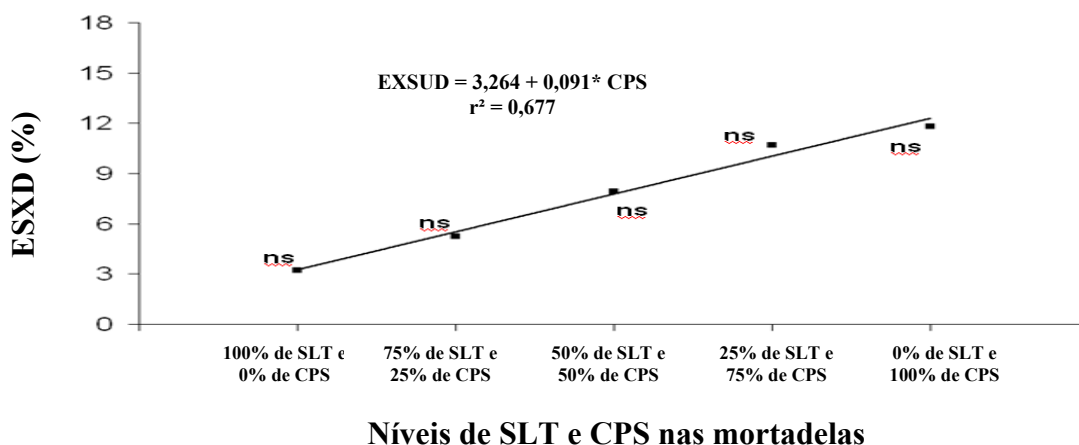


Figura 6 – Variação do teor de fluido exsudado (EXSUD) das massas de mortadelas formuladas com distintas combinações de SLT e CPS. ^{ns} Diferença não significativa, em relação ao controle, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; e ■ Formulação-controle.

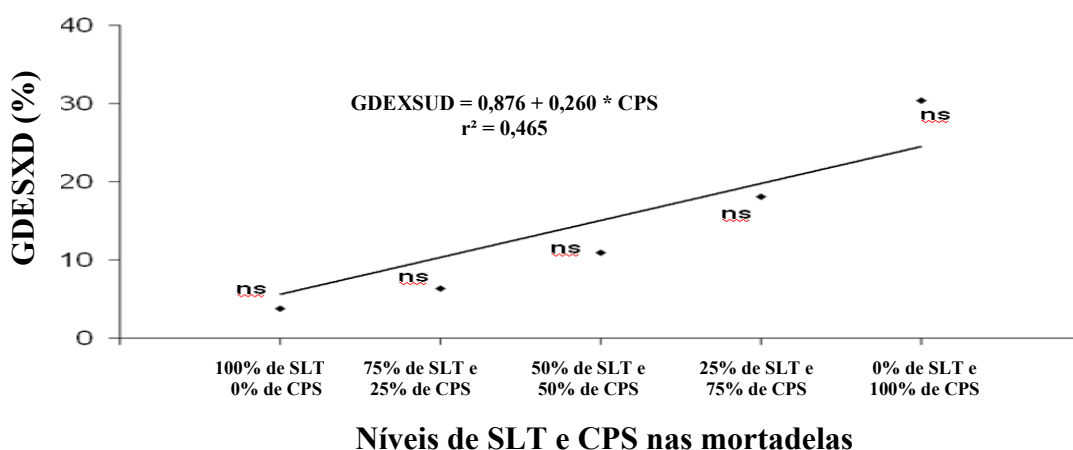


Figura 7 – Variação do teor de gordura exsudada (GDEXSUD) em relação ao teor de gordura presente nas massas de mortadelas formuladas com distintas combinações de SLT e CPS. ^{ns} Diferença não significativa, em relação ao controle, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; e ■ Formulação-controle.

As propriedades funcionais dos ingredientes à base de proteínas do soro são estritamente dependentes dos métodos de processamento usados para produzi-los. Assim, a composição em proteínas, bem como a solubilidade dos CPS disponíveis comercialmente varia significativamente em função dos processos diversos: tratamentos térmicos (pasteurizações múltiplas, evaporação, *spray dryer*), aumento

na força osmótica durante a concentração, modificações do pH, distintos processos e culturas usadas na produção de queijos (SURH et al., 2006), eletrólise, ultrafiltração, osmose reversa, filtração gélida e complexação com reagentes (SCHMIDT et al., 1983). Apesar dos cuidados para não ocorrer desnaturação das proteínas, o destino e a modificação dessas em todos esses processos não são totalmente esclarecidos (BANAVARA et al., 2003) e podem influenciar nas propriedades tecnológicas desejadas, como a formação e manutenção de emulsões.

Como as proteínas do soro possuem excelentes propriedades funcionais, essa tendência de queda na EE pode ter sido ocasionada pela modificação nas propriedades funcionais das proteínas do CPS em função do seu processo de obtenção e das condições das mortadelas. Porém, explicação mais provável se deve ao fato de que, nas condições das mortadelas (pH, tipo e concentração de sal etc.), as propriedades funcionais das proteínas do soro de leite não são ótimas.

Ao contrário, o sangue utilizado não sofreu concentração ou isolamento de frações que pudesse ocasionar perda de funcionalidade e parece comportar-se tão bem quanto as proteínas da carne nas condições das mortadelas.

Apesar do efeito observado das formulações sobre a estabilidade de emulsão, não foi observada diferença ($P > 0,05$) entre as formulações contendo misturas de SLT e CPS e a mortadela-controle, indicando que a substituição de carne por esses ingredientes não causou prejuízo à estabilidade de emulsão das massas das mortadelas (Figuras 6 e 7).

O fato de nenhuma das formulações testadas ter diferido da formulação-controle ($P > 0,05$) sugere que, nos níveis de substituição avaliados, as proteínas do sangue e do soro de leite são tão eficientes na emulsificação e manutenção das emulsões das mortadelas quanto as proteínas miofibrilares da carne. Ainda, os efeitos obtidos são explicados pelo fato de as proteínas do sangue e do soro de leite possuírem excelentes propriedades funcionais, como capacidade emulsificante, de retenção de água e de gelatinização (CALDIRONI; OCKERMAN, 1982; OCKERMAN; HANSEN, 1994; WISMER-PEDERSEN, 1979; XIONG, 2009; SGARBIERI, 2004; SMITHERS et al., 1996), como as das proteínas miofibrilares da carne.

O aumento em até 200% (de 10% para 30%) na quantidade de gordura utilizada nas formulações não foi suficiente para promover modificação ($P > 0,05$) na formação e manutenção das emulsões durante o processamento das mortadelas,

avaliados pelos atributos % de Fluido Exsudado (EXSUD) e % de Gordura Exsudada em Relação à Gordura da Massa (GDEXSUD), apresentados nas Figuras 8 e 9. Em parte, essa ocorrência pode ser explicada pelo fato de os teores de gordura das formulações avaliadas serem relativamente reduzidos (máximo de 22,5% no produto final), em comparação com as quantidades praticadas pela indústria, próximas de 30% no produto final. Todavia, nas Figuras 8 e 9 é possível observar perda de EE quando os níveis de gordura usados nas formulações são maiores, apesar de não ter havido diferenças significativas nos resultados das características avaliadas.

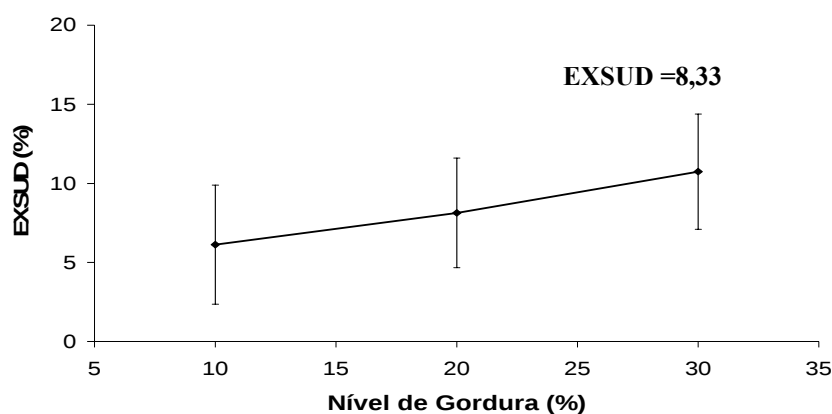


Figura 8 – Variação do teor de fluido exsudado (EXSUD) das massas de mortadelas formuladas com 10, 20 e 30% de gordura, entre os ingredientes cárneos.

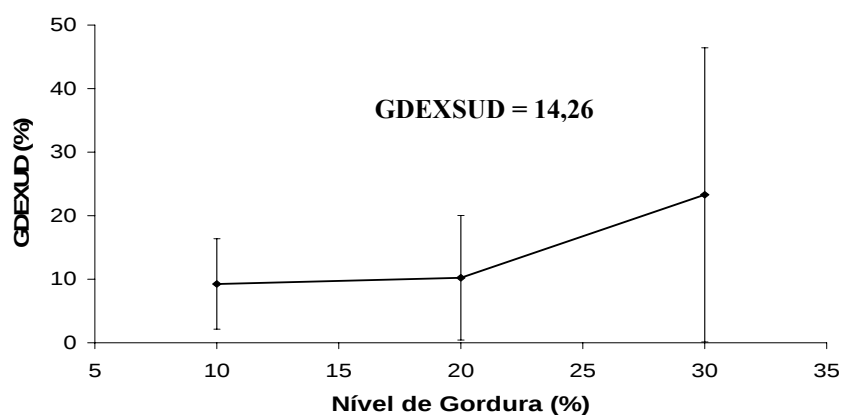


Figura 9 – Variação do teor de gordura exsudada (GDEXSUD) em relação ao teor de gordura presente nas massas de mortadelas formuladas com 10, 20 e 30% de gordura, entre os ingredientes cárneos.

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

Diante do exposto, uma hipótese para a perda de estabilidade de emulsão com o aumento do teor de gordura das formulações de mortadelas (Figuras 8 e 9) seria a ineficiente extração proteica durante o processamento, não tornando disponíveis as proteínas necessárias à formação e manutenção de emulsões estáveis. Nesse caso, quanto maior o teor de gordura, maior a demanda por essas proteínas, justificando a tendência de perda de EE nas formulações com mais gordura.

As formulações contendo maiores teores de gordura continham também menor teor de proteínas (Figuras 3 e 4). Dessa forma, as proteínas responsáveis pela formação da emulsão podem não ter sido suficientes para encapsular toda a gordura presente nas formulações contendo maiores teores desse ingrediente, fato que pode ter levado à maior perda de exsudado e gordura dessas formulações.

5.2.2. Estabilidade de emulsão das mortadelas cozidas

Não houve efeito ($P > 0,05$) de interação entre o teor de gordura e as distintas formulações na estabilidade de emulsão das mortadelas cozidas.

A substituição de 20% da carne por distintas combinações de SLT e CPS não promoveu ($P > 0,05$) modificação na estabilidade da emulsão das mortadelas cozidas

(Figura 10), fato que demonstra a similar capacidade das proteínas do CPS e do SLT em promover a emulsificação da gordura nas formulações de mortadelas avaliadas.

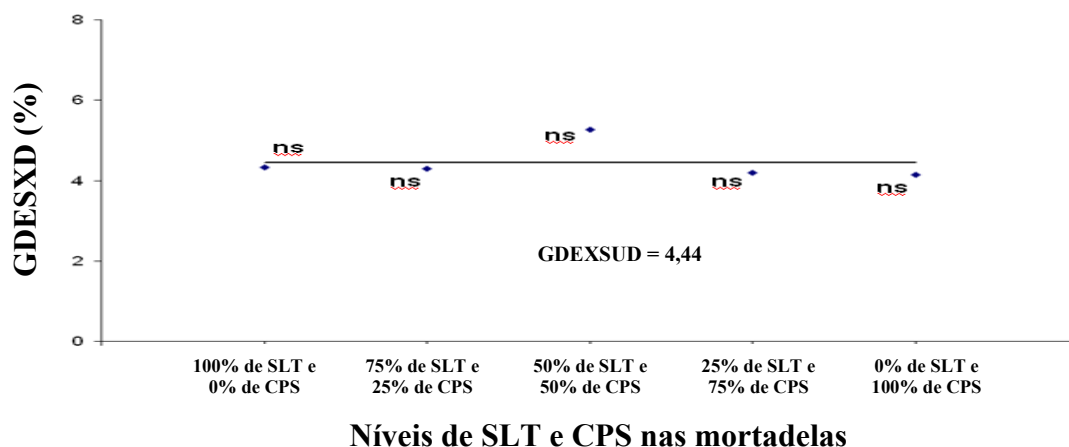


Figura 10 – Variação do teor de gordura exsudada (GDEXSUD) em relação ao teor de gordura presente nas mortadelas formuladas com distintas combinações de SLT e CPS. ^{ns} Diferença não significativa, em relação ao controle, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; e ■ Formulação-controle.

Os resultados apresentados para a EE das mortadelas cozidas com distintas combinações de SLT e, ou, CPS (Figura 10) diferem dos obtidos para as massas cruas dessas formulações (Figura 7). Uma justificativa para tal ocorrência seria o fato de que o tratamento térmico utilizado para o cozimento das mortadelas parece ter levado à diminuição das diferenças entre as características das proteínas do sangue fresco e as do soro de leite desidratado.

As mortadelas formuladas com distintos níveis de SLT e CPS não tiveram valores de perda de gordura diferentes ($P > 0,05$) da mortadela-controle, sugerindo que, conforme discutido na avaliação da EE das massas cruas, as proteínas do sangue e do soro de leite são tão eficientes na emulsificação e manutenção das emulsões das mortadelas quanto as proteínas miofibrilares da carne.

Diferentemente dos resultados apresentados na avaliação das massas cruas das mortadelas, na avaliação da estabilidade de emulsão das mortadelas cozidas observou-se aumento ($P < 0,05$) da perda de gordura com elevação nos teores de toucinho utilizados nas formulações das mortadelas (Figura 11). Todavia, os

resultados obtidos com a avaliação da EE das mortadelas cozidas corroboram a tendência verificada de aumento da perda da gordura em formulações com teores maiores de toucinho utilizado, quando da avaliação das massas cruas das mortadelas.

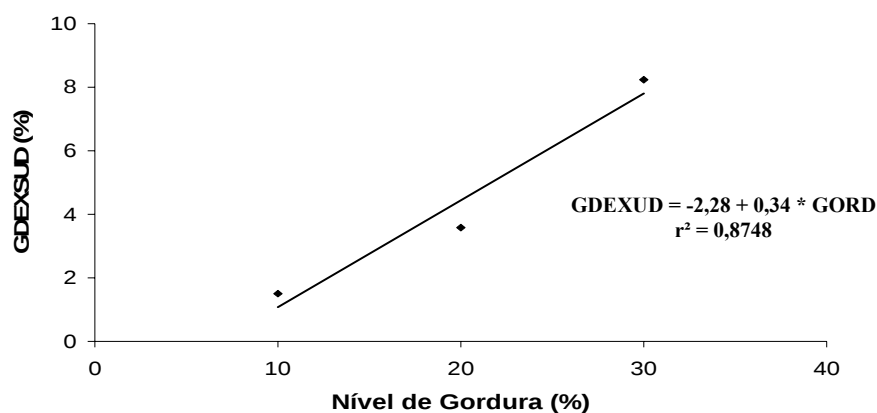


Figura 11 – Variação do teor de gordura (%GDEXSUD) exsudada em relação ao teor de gordura presente nas mortadelas prontas formuladas com 10, 20 e 30% de gordura, entre os ingredientes cárneos.

Conforme discutido (item 5.2.1), a perda da estabilidade das emulsões na presença de maiores teores de gordura nas formulações pode ter ocorrido devido à ineficiente extração proteica, à insuficiente desintegração da gordura durante a cuterização (GOMIDE; PEREIRA, 1989) e, ou, à diminuição das proteínas necessárias ao encapsulamento e manutenção dos elevados teores de gordura emulsionados.

Para o processamento da mortadela, houve aplicação de tratamento térmico às massas cruas, fato que pode ter promovido a desestabilização das emulsões formadas e acentuado a tendência de perda de estabilidade de emulsão já observada e discutida na avaliação das massas cruas de mortadelas.

A temperatura pode ter atuado de três distintas formas na desestabilização das emulsões das mortadelas cozidas: coagulação das proteínas responsáveis pela capacidade emulsionante (proteínas da carne, do sangue e do soro de leite), reduzindo sua disponibilidade para formar emulsão e diminuindo a coesividade e elasticidade do filme proteico do glóbulo encapsulado, tornando-o mais suscetível à ruptura; fusão das gotas de gordura encapsuladas, causando sua expansão dentro dos glóbulos e consequente ruptura; e redução da viscosidade da massa cárnea, que, juntamente com a fusão da gordura, levaria à maior movimentação das partículas

desse ingrediente, que tenderiam a migrar para a superfície da massa da emulsão (GOMIDE; PEREIRA, 1989).

5.3. Avaliação física

5.3.1. Avaliação da cor

Não houve efeito ($P > 0,05$) da interação entre as formulações e o nível de gordura, em nenhum dos atributos de cor avaliados neste estudo.

5.3.1.1. Luminosidade (valor de L^*)

A diminuição da quantidade de sangue nas formulações de mortadela, acompanhada por aumento no teor de proteínas do soro de leite reconstituídas, promoveu significativo aumento ($P < 0,05$) do valor de L^* (Figura 12). Resultados semelhantes foram encontrados por Santos (2007), Pereira (2000), Mielnik e Slinde (1983) e Slinde e Martens (1982) e são explicados pela menor concentração de pigmentos (hemoglobina e seus derivados) em mortadelas formuladas com menor proporção de sangue.

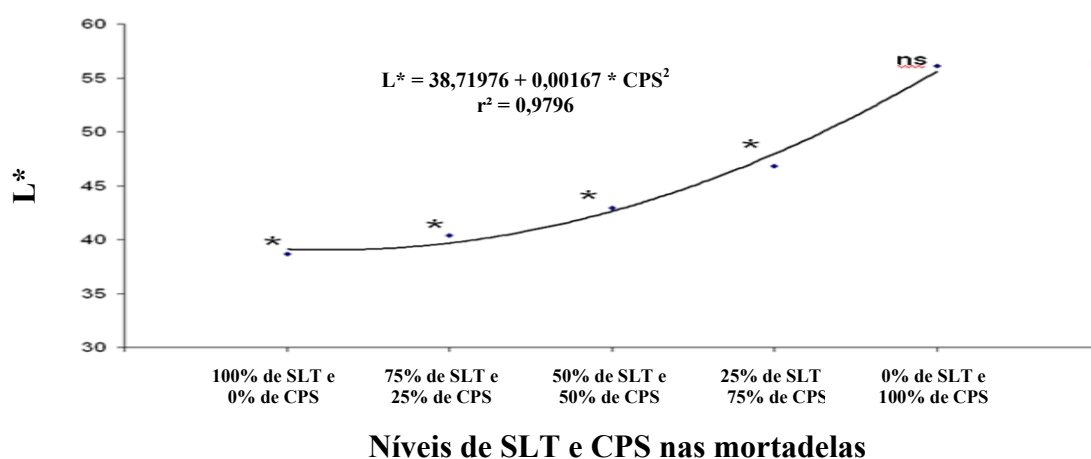


Figura 12 – Variação dos valores de L^* de mortadelas formuladas com distintas combinações de SLT e CPS. ^{ns} Diferença não significativa, em relação ao controle, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; * Diferença significativa, em relação ao controle, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; e ■ Formulação-controle.

Considerando-se que cada quilo de carne (patinho) contém 5 g de mioglobina (MACKENNA et al., 2005) e que cada quilo de sangue possui 150 g de hemoglobina (LEHNINGER, 1995), a substituição de cada fração de 5% de carne por SLT promove a remoção de 0,95 g de Mb e a incorporação de 28 g de Hb às formulações. Considerando-se que cada molécula de Hb equivale a quatro moléculas de Mb (LEHNINGER, 1995), isso promove aumento considerável de pigmentos (108 g de Mb equivalentes) nas mortadelas, o que leva à diminuição dos valores de L^* com o aumento da adição de SLT nas formulações (SANTOS, 2007; PEREIRA, 2000; GUZMAÑ et al., 1995; FERREIRA et al., 1994; OELLINGRATH; SLINDE, 1985; MIELINK; SLINDE, 1983; SLINDE; MARTENS, 1982). Todavia, quando toda a carne é substituída apenas por CPS (formulação 0/100), 3,8 g do pigmento de mioglobina são removidos do sistema, levando, ao contrário, a ligeiro aumento no valor de L^* .

A Figura 12 também evidencia, em consonância com o observado por Santos (2007), que todas as formulações contendo SLT (formulações 100/0, 75/25, 50/50, 25/75) apresentaram valores de L^* menores ($P < 0,05$) do que a formulação-controle.

De maneira distinta, e de acordo com os resultados reportados na literatura (TERRA et al., 2009; SAMMEL et al., 2007; BARBUT, 2006; YETIM et al., 2006), a utilização de apenas CPS em substituição à carne (formulação 0/100) não promoveu modificação ($P > 0,05$) no valor L^* , em comparação com a mortadela-controle. Ao contrário do que é observa quando se substitui carne por SLT, ao substituir carne por CPS apenas a quantidade de pigmento removida (3,8 g de mioglobina) não é tão substancial (apenas 20% do total) a ponto de causar interferência significativa na luminosidade das mortadelas. Portanto, mesmo a substituição de 20% da carne por CPS não foi suficiente para promover aumento do valor de L^* em relação ao controle.

Yetim et al. (2006) e Terra et al. (2009), ao avaliarem o efeito da substituição de gelo por diferentes níveis de soro de leite na formulação de salsichas, verificaram que a luminosidade (L^*) não diferiu da amostra-controle ($P > 0,05$) quando da substituição de 100% de gelo por soro de leite. Já Barbut (2006), elaborando massa emulsionada de carne de frango mecanicamente separada, não verificou diferença de luminosidade (L^*) entre a massa-controle e aquela contendo 2% de adição de CPS (35% de proteína) em pó. No trabalho de Sammel et al. (2007), frações proteicas do soro de leite (betalactoglobulina – 1,8% e alfa lactoalbumina – 0,8%) foram utilizadas

em carne de peru moída e não promoveram modificação nos valores de L^* , em comparação com o controle.

Os distintos níveis de gordura utilizados (10, 20 e 30%) não promoveram ($P > 0,05$) modificação no atributo de cor L^* (Figura 13), apesar da menor concentração de pigmentos heme (mioglobina) nas formulações contendo quantidades maiores de lipídios (Figura 4) devido ao menor teor de carne. Dessa maneira, mesmo triplicando o teor de gordura das formulações e diluindo, consequentemente, o teor de mioglobina, o valor de L^* permaneceu inalterado.

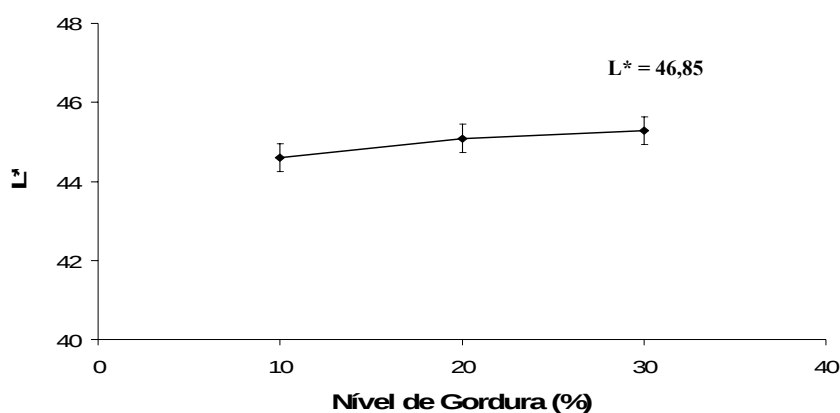


Figura 13 – Variação dos valores de L^* de mortadelas formuladas com 10, 20 e 30% de gordura, entre os ingredientes cárneos.

O patinho, músculo usado na formulação das mortadelas do estudo, contém, em média, 5 mg de mioglobina/g de músculo (MACKENNA et al., 2005). Portanto, para cada aumento de 10% nos níveis de gordura, 1,9 g (14%) de mioglobina proveniente da carne é removida da formulação, quantidade que não foi suficiente para promover alteração no valor de L^* .

Dados da literatura apontam resultados distintos dos encontrados neste trabalho, indicando influência da gordura na luminosidade da cor dos produtos avaliados. Nesse sentido, Andrès et al. (2006), formulando salsicha de frango com baixo teor de gordura (0 a 6%) e elevada concentração de água (74 a 80%), verificaram que os valores de luminosidade (L^*) aumentaram ($P < 0,05$) quando se elevou o teor de gordura nas formulações. Também Hughes et al. (1998) observaram aumento do valor L^* com o incremento do teor de gordura de 5% para 12% em

salsichas tipo Frankfurt. Ainda, Serdaroglu (2006), pesquisando a influência da gordura em almôndegas, encontrou aumento do valor L^* quando se elevaram os níveis de gordura das formulações de 5 ou 10% para 20%, atribuindo esse incremento à diluição da mioglobina da formulação. Todavia, em outro estudo Hughes et al. (1997) não observaram diferença no valor L^* entre salsichas tipo Frankfurt formuladas com 12 e 30% de gordura.

5.3.1.2. Índice de vermelho/verde (valor a^*)

As distintas combinações de SLT e, ou, CPS promoveram modificação ($P < 0,05$) no índice de vermelho (a^*) das formulações de mortadelas avaliadas (Figura 14). Porém, ao contrário do esperado aumento linear de a^* com a elevação dos níveis de SLT em substituição à carne (SANTOS 2007; PEREIRA, 2000; OELLINGRATH; SLINDE, 1985; MIELNIK; SLINDE, 1983), observou-se ($P < 0,05$) efeito quadrático, com queda no índice de vermelho somente na substituição da carne por 20% de CPS. O aumento linear dos valores de a^* se justificaria pela cor vermelha estável dos pigmentos de carboxiemoglobina e carboxiemocromo (FONTES et al., 2004; 2010) e pelo fato de que cada 5% de substituição de carne por SLT leva ao já mencionado aumento de pigmentos heme (108 g de Mb equivalente). Na realidade, ao excluir a formulação baseada na substituição de carne por 100% de CPS (formulação 0/100), verifica-se ausência do efeito de aumento dos níveis de SLT sobre os valores de a^* , sugerindo uma possível saturação da cor vermelha já com a substituição de carne por 5% de sangue e 15% de CPS (formulação 25/75). Entretanto, os valores de a^* obtidos estão aquém daqueles observados por outros autores (PEREIRA, 2000; OELLINGRATH; SLINDE, 1985; MIELNIK; SLINDE, 1983), o que sugere uma possível oxidação do pigmento de carboxiemoglobina (COHb) durante o processo de cuterização e, ou, cozimento das massas de mortadelas (PEREIRA, 2000). Todavia, a análise da Figura 15 não suporta essa hipótese de oxidação da COHb, mas evidencia a sua estabilidade, já que o escurecimento tende a ser menor, especialmente ao desconsiderar a formulação 0/100 (100% de CPS em substituição à carne). Assim, apesar de os valores de a^* serem aquém daqueles reportados por outros autores, parece que a hipótese de saturação da cor vermelha faz mais sentido. Na realidade, na Figura 15 observa-se ($P < 0,05$) aumento de oxidação (escurecimento) com o incremento dos níveis de CPS

(diminuição nos níveis de SLT) nas formulações de mortadela, o que poderia ser devido ao efeito oxidante do cálcio presente no CPS (SAMMEL et al., 2007; 2003).

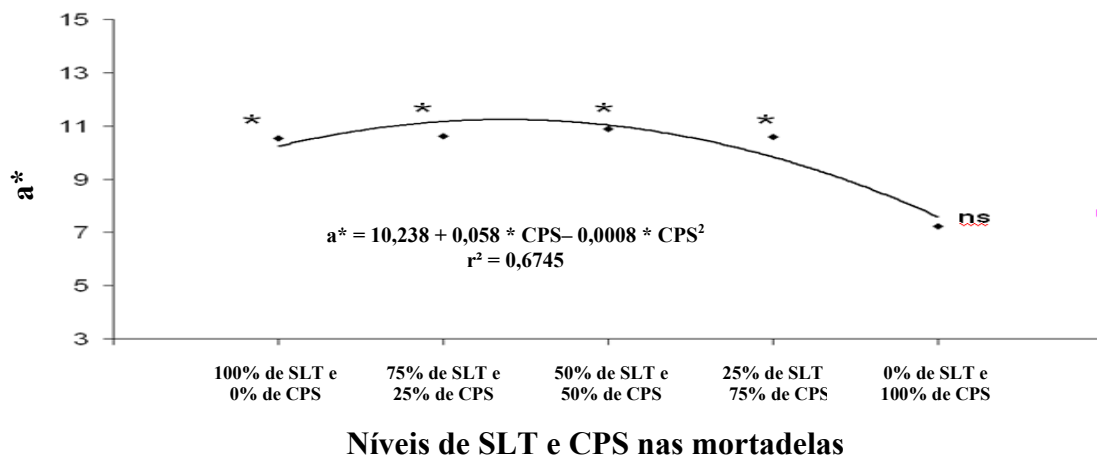


Figura 14 – Variação dos valores de a^* de mortadelas formuladas com distintas combinações de SLT e CPS. ^{ns} Diferença não significativa, em relação ao controle, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; * Diferença significativa, em relação ao controle, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; e ■ Formulação-controle.

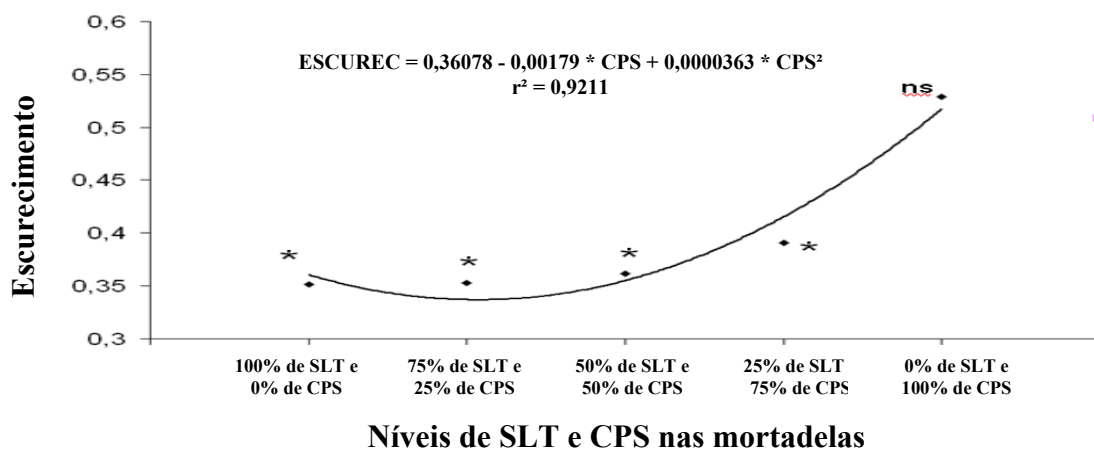


Figura 15 – Variação no índice de escurecimento (relação entre a reflectância a 570 e a 650 nm) de mortadelas formuladas com distintas combinações de SLT e CPS. ^{ns} Diferença não significativa, em relação ao controle, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; * Diferença significativa, em relação ao controle, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; e ■ Formulação-controle.

Somente a formulação contendo 20% de CPS em substituição à carne (Formulação 0/100) apresentou índice de vermelho semelhante ($P > 0,05$) àquele da mortadela-controle (Figura 14). Em todas as demais formulações (100/0, 75/25, 50/50, 25/75), a presença de sangue foi responsável por manter os valores de a^* maiores do que aquele da formulação-controle, o que se deve à presença de maiores proporções de pigmentos heme, oriundos da hemoglobina do sangue utilizado. Ainda, esses resultados sugerem que a utilização de 20% de CPS reconstituído em substituição à carne das mortadelas (ou 15% em relação ao total da formulação) não interfere ($P > 0,05$) no valor de a^* .

De maneira distinta aos resultados deste estudo, apesar de encontrar aumento do valor de a^* quando sangue é utilizado em mortadelas, Santos (2007) obteve semelhança nos índices de vermelho (a^*) entre a sua formulação-controle e aquela caracterizada por conter o menor teor de sangue (20%) e o maior de CPS (80%) em substituição da parte da carne de suas mortadelas. Todavia, ressalta-se que Santos (2007) substituiu apenas 10% da carne da formulação por combinações de sangue e CPS, metade da quantidade substituída neste estudo. Portanto, a formulação contendo o menor teor de sangue no atual trabalho apresentou quase 4% desse ingrediente no produto final, enquanto no trabalho de Santos (2007) o teor do sangue no produto final representou menos de 2%.

A Figura 15 também mostra que apenas a substituição de carne por 100% de CPS (Formulação 0/100) leva ao escurecimento das mortadelas semelhante àquele da formulação-controle, com todo o tratamento baseado na utilização de SLT em substituição à carne, gerando menor ($P < 0,05$) oxidação de pigmentos (menor escurecimento que o da formulação-controle).

À semelhança do observado por Cofrades et al. (2000) em bolognas formuladas com 11,5 a 25% de gordura, os diferentes níveis de gordura utilizados neste trabalho não provocaram modificação ($P > 0,05$) no índice de vermelho, evidenciando-se que a diminuição proporcional de tecido magro e, portanto, de pigmentos heme na formulação não foi suficiente para reduzir o valor de a^* (Figura 16). Todavia, outros autores destacaram que o aumento do teor de gordura em formulações cárneas diversas é responsável pela diminuição do valor de a^* , uma vez que a gordura não possui pigmentos na faixa do vermelho do espectro (HUGHES et al., 1997; 1998; SERDAROGLU, 2006; ANDRÉS et al., 2006).

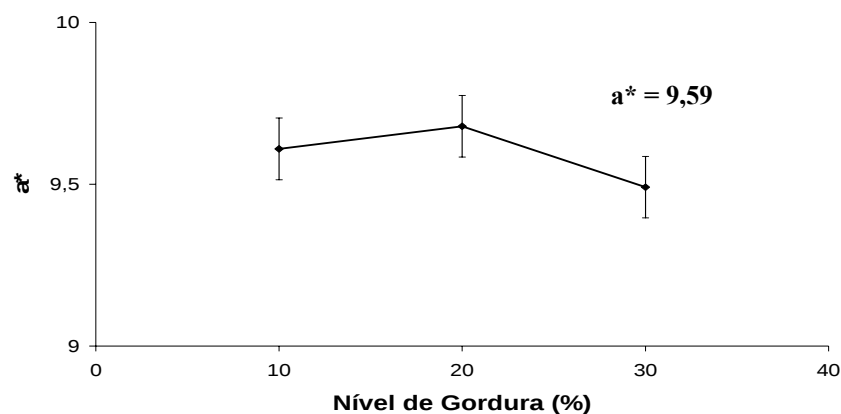


Figura 16 – Variação dos valores de a^* de mortadelas formuladas com 10, 20 e 30% de gordura, entre os ingredientes cárneos.

A ausência de efeito do teor de gordura sobre os valores de a^* talvez se deva ao fato de que os resultados refletem a média de todos os tratamentos, o que inclui dados em que há grande concentração de pigmentos heme, pelo que o efeito diluente da gordura reportado pela maioria dos autores ficaria minimizado. Essa hipótese parece ser suportada ao se observar que, embora não significativo, a Figura 16 sugere diminuição de a^* com o aumento nos teores de gordura. Além disso, como Lindahl et al. (2001) sugeriram que os valores de a^* em carnes são igualmente dependentes da concentração de pigmentos e da forma química deles, essa ausência de efeito de gordura se deve, principalmente, ao fato de que, por ser pigmento estável (FONTES et al., 2004; 2010), a COHb, especialmente após o cozimento, não teria sido oxidada pela gordura (toucinho), o que diminuiria ainda mais o efeito da gordura sobre o índice de vermelho (a^*).

Segundo Love e Pearson (1971) e Greene e Price (1975), a oxidação de pigmentos cárneos, com diminuição nos valores de a^* (LINDAHL et al., 2001), é favorecida pela gordura, especialmente a insaturada.

A gordura é conhecida por influenciar a cor de produtos cárneos. Entretanto, resultados conflitantes vêm sendo reportados ligados ao efeito nos atributos de cor, relacionados à mudança na composição dos produtos, induzida pela redução da gordura (REAGAN et al., 1983; CLAUS et al., 1989; MITTAL; BARBUT, 1994; CARBALLO et al., 1995; PIETRASICK, 1999).

As formulações contendo distintos níveis de gordura não diferiram ($P > 0,05$) em relação ao índice de Escurecimento (Figura 17). Esses resultados indicam que a presença de menor conteúdo de pigmentos heme, representados pela mioglobina da carne das formulações (diminuição de 1,9 g desse pigmento para cada aumento de 10% de gordura), não foi suficiente para alterar o valor de escurecimento. Ainda, assim como discutido para os valores de a^* , a ausência de efeito do teor de gordura sobre o escurecimento talvez se deva ao fato de que os resultados refletem a média de todos os tratamentos, o que inclui dados em que há grande concentração de pigmentos heme (na forma de HbCO, mais estável), pelo que o efeito oxidante da gordura ficaria minimizado.

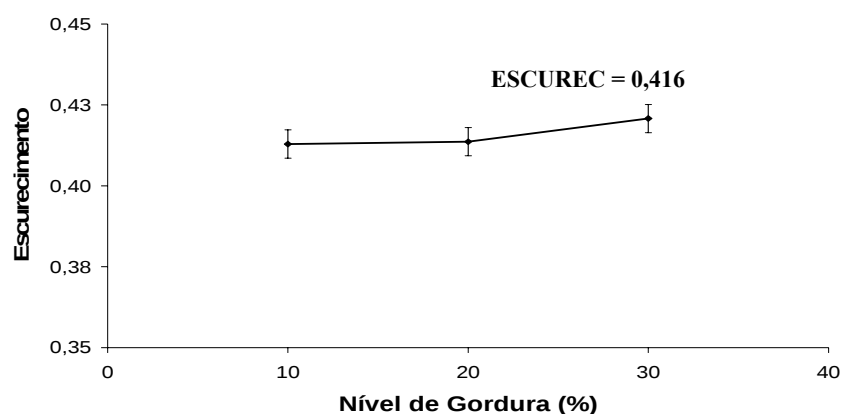


Figura 17 – Variação dos valores de escurecimento (relação entre a reflectância a 570 e a 650 nm) de mortadelas formuladas com 10, 20 e 30% de gordura, entre os ingredientes cárneos.

5.3.1.3. Índice de amarelo/azul (valor de b^*)

À semelhança do verificado por outros autores (SANTOS, 2007; FREITAS et al., 2004; PEREIRA, 2000; GUZMAÑ et al., 1995; OELLINGRATH; SLINDE, 1985; MIELNIK; SLINDE, 1983), os valores de b^* das formulações de mortadela diferiram ($P < 0,05$) pela substituição de carne por diferentes misturas de SLT e CPS (Figura 18), com formulações contendo maiores teores de SLT apresentando menores ($P < 0,05$) valores de b^* .

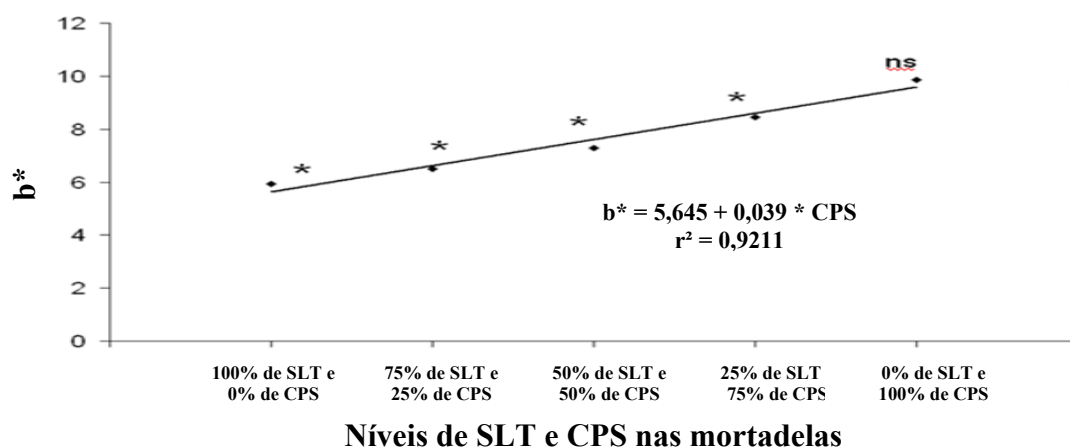


Figura 18 – Variação dos valores de b^* de mortadelas formuladas com distintas combinações de SLT e CPS. ^{ns} Diferença não significativa, em relação ao controle, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; * Diferença significativa, em relação ao controle, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; e ■ Formulação-controle.

Maiores valores de b^* com aumento no teor de CPS das formulações se devem à observada coloração amarelada observada no CPS reconstituído (20% de proteína).

Diminuição nos valores de b^* com aumento de adição de sangue em embutidos também foi observado por Mielnik e Slinde (1983) quando o sangue usado tinha sido previamente curado, o que leva, à semelhança do que ocorre com a ligação de CO à sexta posição do ferro heme, à estabilização (menor suscetibilidade à oxidação) do pigmento de hemoglobina (LIVINGSTON; BROWN, 1981). Contudo, segundo esses autores, ao se adicionar sangue não curado os valores de b^* desses embutidos, ao contrário, aumentavam com o incremento do nível de adição de sangue, o que se deve à menor estabilidade do pigmento não curado de Hb (LIVINGSTON; BROWN, 1981).

Assim, a diminuição nos valores de b^* com aumento nos níveis de adição de SLT se deve ao fato de que a estabilização da Hb pela ligação de CO impede a formação de MMb (LINDAHL et al., 2001; HUNT et al., 1991), pigmento cujo teor está diretamente relacionado com o aumento do valor de b^* (BENEVENUTO JUNIOR, 2001).

À semelhança do verificado por outros autores (SANTOS, 2007; BARBUT, 2006; HUGHES et al., 1998), somente a formulação 0/100 (contendo apenas CPS em

substituição à carne) teve valor de **b*** semelhante ($P > 0,05$) ao da formulação-controle (Figura 18).

Assim como observado por outros autores (ANDRÈS et al., 2006; COFRADES et al., 2000; HUGHES et al., 1996), a modificação nos teores de gordura das formulações também foi responsável por variações ($P < 0,05$) nos valores de **b*** (Figura 19), com o aumento no teor de gordura elevando o índice de amarelo das formulações.

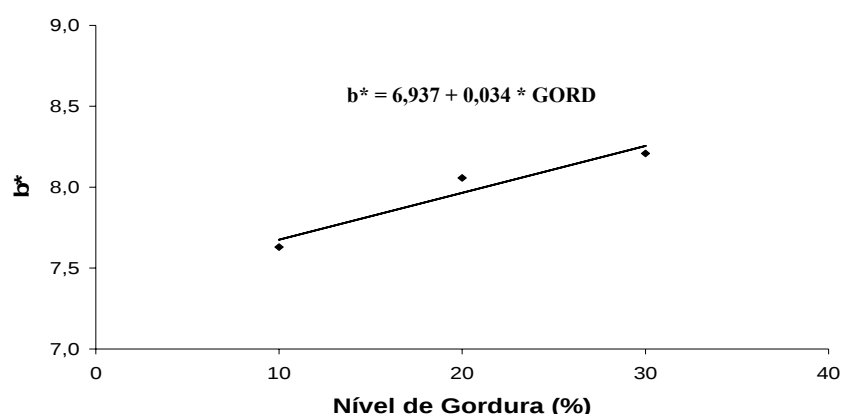


Figura 19 – Variação dos valores de **b*** de mortadelas formuladas com 10, 20 e 30% de gordura, entre os ingredientes cárneos.

Produtos com elevado teor de gordura apresentam maior valor de **b***, uma vez que a coloração dela é ligeiramente amarelada (PIETRASICK, 1999).

5.3.1.4. Avaliação de ΔE^* – Diferença de cor

A Tabela 1 destaca as diferenças de cor calculadas entre as mortadelas contendo distintas combinações de SLT e CPS e respectivos controles, dentro de cada nível de gordura avaliado.

De maneira geral, observa-se que os valores de ΔE^* são maiores à medida que aumentavam as concentrações de sangue nas formulações, fato justificado pelas maiores concentrações de pigmentos heme, que geraram as alterações já discutidas nos valores de **L***, **a*** e **b***. Tais resultados também foram observados por Santos (2007) e Pereira (2000).

Tabela 1 – Valores de ΔE^* relacionando as formulações de mortadelas, dentro dos respectivos teores de gordura, com as mortadelas-controle

Combinação SLT/CPS	ΔE^* ^a	Avaliação da diferença de cor ^b
10% Gordura		
100/0	22,38	Facilmente perceptível
75/25	21,72	Facilmente perceptível
50/50	17,60	Facilmente perceptível
25/75	15,47	Facilmente perceptível
0/100	4,89	Percepção muito clara
20% Gordura		
100/0	17,60	Facilmente perceptível
75/25	15,70	Facilmente perceptível
50/50	14,00	Facilmente perceptível
25/75	10,56	Percepção bastante clara
0/100	0,69	Pouco perceptível
30% Gordura		
100/0	16,37	Facilmente perceptível
75/25	15,16	Facilmente perceptível
50/50	11,30	Percepção bastante clara
25/75	7,38	Percepção bastante clara
0/100	3,46	Percepção muito clara

^a Valor médio (triplicata) em comparação com o da mortadela-controle.

^b Fonte: RAMOS; GOMIDE, 2007.

Neste estudo, observou-se também que, quanto menor o nível de gordura nas formulações, maiores as diferenças de cor, ocorrência que também reflete as maiores concentrações de pigmentos heme. Dessa forma, no nível de 10% de gordura todas as formulações contendo sangue (100/0, 75/25, 50/50, 25/75) apresentaram variação na diferença de cor classificada como “facilmente perceptível”. Nos níveis de 20 e 30% de gordura, apenas as formulações contendo igual ou maior teor de SLT do que CPS (100/0, 75/25) apresentaram variação na diferença de cor classificada como “facilmente perceptível”.

As mortadelas formuladas apenas com CPS em substituição à carne, em todos os níveis de gordura, foram as que apresentaram menores variações na diferença de cor. Ressalta-se, ainda, que a mortadela formulada sem sangue no nível de 20% de utilização de gordura (0/100) foi a que exibiu menor variação na diferença de cor, classificada como “pouco perceptível”.

5.3.2. Avaliação da textura

Não houve efeito ($P > 0,05$) da interação entre os níveis de gordura e as formulações para os atributos de perfil de textura avaliados (dureza, elasticidade, coesividade e mastigabilidade).

Não se observou efeito ($P > 0,05$) da substituição de carne por diferentes níveis de misturas de SLT/CPS em nenhuma das características do perfil de textura instrumental (Figuras 20 a 23).

A ausência de efeito de substituição de carne por misturas de SLT/CPS sobre o perfil de textura das mortadelas se deve ao fato de que a textura é, essencialmente, influenciada pela composição de embutidos (COLMENERO et al., 1995; COFRADES et al., 2000; FREITAS et al., 2004; CENGIZ; GOKOGLU, 2007), que, como discutido, também não variou com a substituição de carne por misturas de SLT/CPS.

As mortadelas com maiores teores de sangue (formulações 100/0 e 75/25) não diferiram ($P > 0,05$) da formulação-controle em relação aos atributos de dureza (Figura 20) e mastigabilidade (Figura 21). Todavia, com a utilização de níveis de CPS iguais ou superiores aos níveis de SLT (formulações 50/50, 25/75 e 0/100), a dureza e a mastigabilidade das mortadelas foram menores ($P < 0,05$) do que os valores desses atributos na formulação-controle.

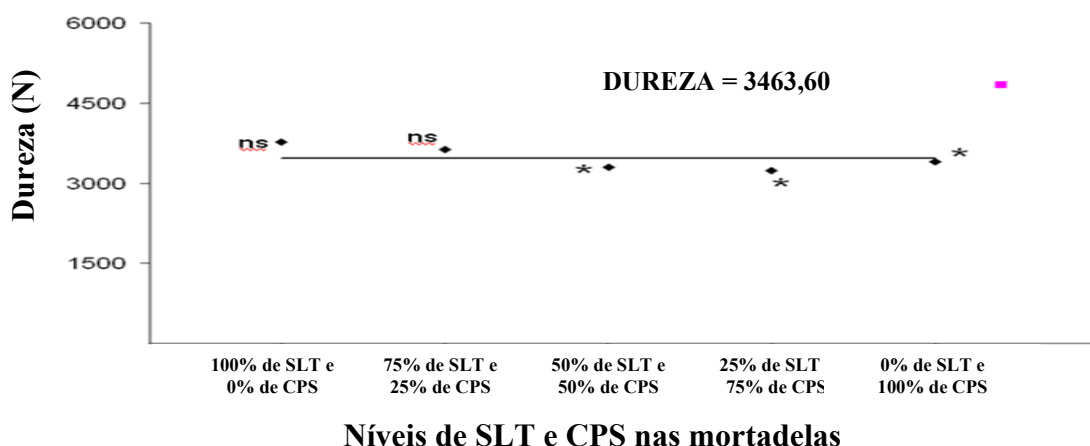


Figura 20 – Variação da dureza das mortadelas formuladas com distintas combinações de SLT e CPS; ^{ns} Diferença não significativa, em relação ao controle, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; * Diferença significativa, em relação ao controle, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; e ■ Formulação-controle.

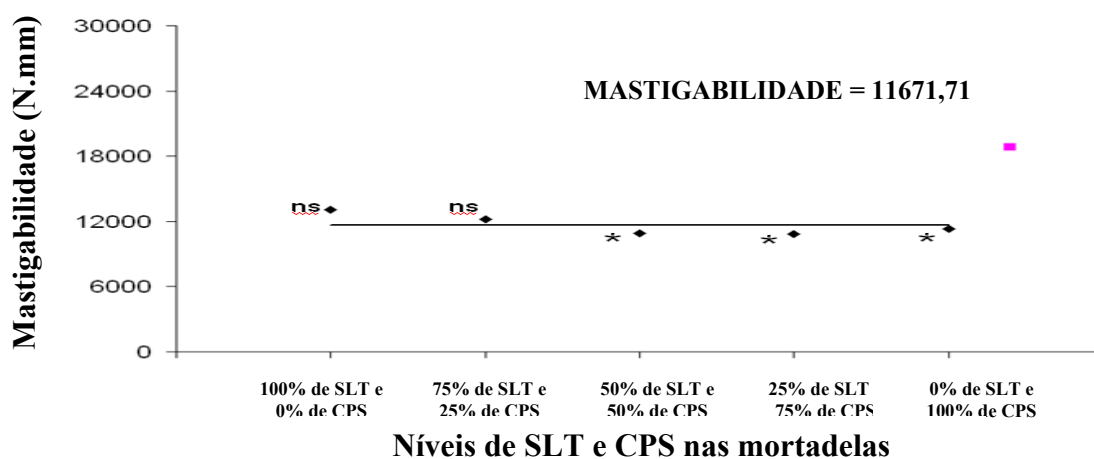


Figura 21 – Variação da mastigabilidade das mortadelas formuladas com distintas combinações de SLT e CPS; ^{ns} Diferença não significativa, em relação ao controle, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; * Diferença significativa, em relação ao controle, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; e ■ Formulação-controle.

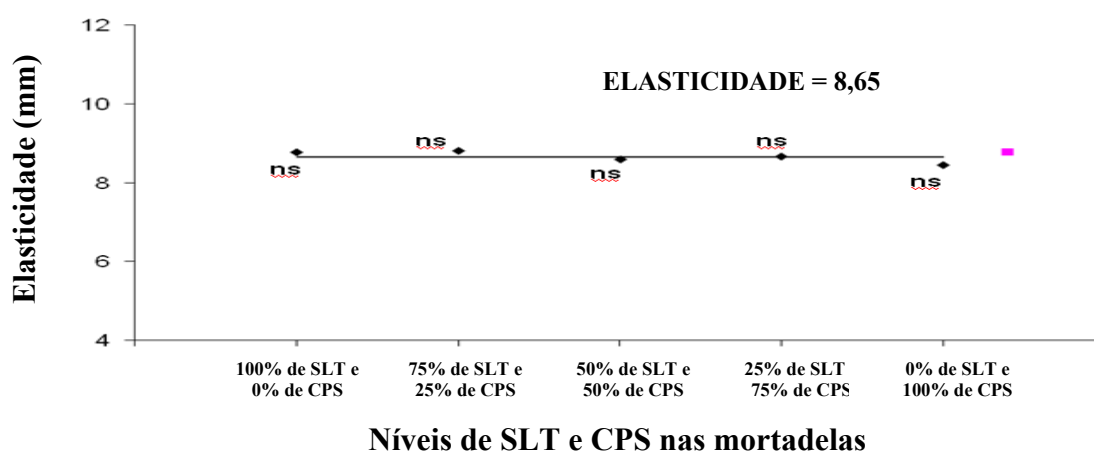
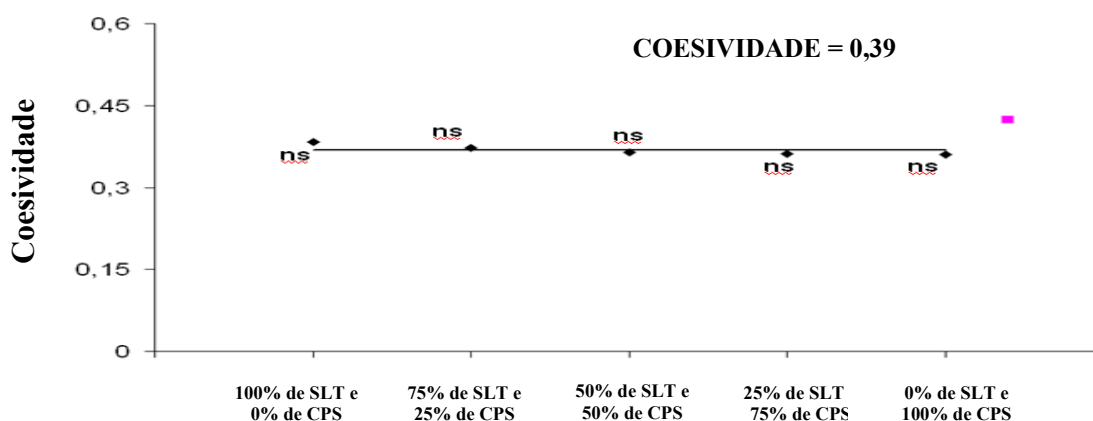


Figura 22 – Variação da elasticidade das mortadelas formuladas com distintas combinações de SLT e CPS; ^{ns} Diferença não significativa, em relação ao controle, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; e ■ Formulação-controle.



Níveis de SLT e CPS nas mortadelas

Figura 23 – Variação da coesividade das mortadelas formuladas com distintas combinações de SLT e CPS; ^{ns} Diferença não significativa, em relação ao controle, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; e ■ Formulação-controle.

Mortadelas formuladas pela substituição de carne por nenhuma das misturas de SLT/CPS não apresentaram ($P > 0,05$) diferenças de elasticidade e coesividade em relação àquela da formulação-controle (Figuras 22 e 23).

Como a mastigabilidade é calculada pelo produto dos valores de dureza, elasticidade e coesividade, dos quais os dois últimos são valores numericamente pequenos quando comparados com os de dureza, a ausência de diferença de mastigabilidade em relação à formulação-controle nos maiores níveis de adição de SLT (100/0 e 75/25) reflete a forte influência da dureza.

Esses resultados sugerem alguma diferença nas características físico-químicas do sistema proteico da mortadela. Apesar de as proteínas do sangue e do soro de leite, assim como as proteínas da carne, possuírem importantes propriedades funcionais e reológicas, responsáveis pelas características de formação e manutenção de emulsões, retenção de água e formação de géis, entre outras (CALDIRONI; OCKERMAN, 1982; OCKERMAN; HANSEN, 1994; WISMER-PEDERSEN, 1979; SGARBIERI, 2004), cada proteína apresenta funcionalidade ótima em condições específicas de temperatura, pH, tipo e concentração de sal etc. (NAKAI, 1991; KINSELLA, 1984 citado por ANTUNES et al., 2003). Assim, é possível que as condições usadas na elaboração das mortadelas não tenham sido ideais para as proteínas, especialmente as do CPS, produzirem géis com propriedades similares àquelas das proteínas cárneas.

Nesse sentido, a dureza de produtos alimentícios é influenciada, principalmente, pelas proteínas presentes nesses sistemas (ANTUNES et al., 2003). Uma hipótese para a ausência de variação no perfil de textura quando se usam níveis menores de CPS se deve ao fato de, nas condições de processamento usadas, as proteínas do sangue formariam géis mais similares àqueles das proteínas da carne. De maneira distinta, as proteínas do soro apresentam características diferentes, com dureza máxima de gel alcançada a 87-89 °C (ANTUNES et al., 2003). De fato, a temperatura de desnaturação da b-Lg, principal proteína do isolado proteico do soro de leite (IPSL), situa-se em torno de 85 °C (PAZ; NETTO, 2006), temperatura essa superior à usada (74 °C) para o cozimento das mortadelas. Assim, nas condições de temperatura usadas neste estudo a atuação ótima das proteínas do soro na formação de géis mais firmes não foi alcançada.

Segundo Paz e Netto (2006), géis firmes, elásticos e translúcidos de IPSL são formados a 95 °C e com concentração de 14% de proteínas, em condições de pH semelhantes às apresentadas por mortadelas (pH 7,0); temperaturas e concentrações proteicas inferiores não promovem a formação de géis ou originam géis muito moles.

Além das características discutidas, a forma de obtenção do CPS pode alterar quimicamente as proteínas do soro, além do fato de que distintas metodologias de obtenção podem levar à alteração da composição desses produtos. Nesse sentido, a ausência de diferença entre as formulações contendo maiores teores de sangue e a formulação-controle pode ser explicada pela utilização do sangue na sua forma integral, com suas proteínas intactas. Ainda, a utilização das proteínas do soro de leite na forma de CPS, ou seja, desidratada, poderia explicar os menores valores de dureza das formulações contendo maiores proporções de CPS em relação à formulação-controle, devido a alguma perda das propriedades físico-químicas e, ou, reológicas das proteínas do soro em função do seu processamento.

Avaliando mortadelas com substituição de 10% da carne por combinações de sangue e, ou, concentrado proteico de soro de leite reconstituído, Santos (2007) não observou ($P > 0,05$) variação em nenhum dos atributos de textura (dureza, elasticidade e coesividade) das formulações contendo sangue e CPS ou dessas em relação à formulação-controle. Todavia, destaca-se que, neste estudo, o dobro de carne foi substituído por sangue e, ou, soro (20% de substituição), fato que pode ter conferido maior interferência nos valores dos atributos avaliados.

Yetim et al. (2006) avaliaram a textura de salsichas tipo Frankfurt formuladas pela substituição de gelo por soro de leite em níveis de 0, 25, 50, 75 ou 100% e não verificaram diferença ($P > 0,05$) nos valores de coesividade em nenhum dos níveis de substituição. Em relação à dureza, esses autores também não evidenciaram diferença ($P > 0,05$) em relação ao controle (0% de substituição), exceto no nível de 50% de substituição de gelo por soro de leite, que apresentou maior valor ($P < 0,05$) para a dureza. Quanto à elasticidade, houve diminuição desse atributo ($P < 0,05$) com a adição de soro de leite, sendo essa diminuição proporcional ao aumento no nível de substituição de gelo por soro. Neste trabalho, soro integral (0,75% de proteínas) foi usado em substituição à água, com utilização de até 37% de soro líquido em relação aos ingredientes cárneos, levando a proporções de proteínas de soro (0,3%) bem inferiores às aplicadas neste estudo, em que até 20% de carne foi substituída por CPS reconstituído (com 20% de proteínas), levando a teores desse no produto final de até 4%. Entretanto, as proteínas do soro, no estudo de Yetim et al. (2006), estavam intactas, já que não passaram por processo tecnológico de concentração, como feito para o CPS.

Cofrades et al. (2000), ao avaliarem a textura em mortadelas tipo Bologna adicionadas de diferentes níveis de proteína de plasma de sangue, verificaram que o aumento na adição dessa produziu embutidos com maior dureza, ocorrência que esses autores atribuem a dois fatores: aumento do teor de proteínas nas formulações e efeito das proteínas do plasma. De acordo com esses mesmos autores, aumento no teor proteico favorece a formação de matriz mais estável, originando produtos com valores maiores nos atributos de textura, características atribuídas às propriedades ligantes e de geleificação dos concentrados proteicos de plasma.

Os atributos reológicos de produtos cárneos emulsionados são fortemente influenciados pela sua concentração em proteínas (COLMENERO et al., 1995), e autores têm reportado, em sistemas-modelo de actomiosina, incremento exponencial (CAMOU et al., 1989) ou linear (O'NEILL et al., 1993) na força necessária à compressão com o aumento na concentração dessas proteínas do sistema.

O efeito das proteínas nas propriedades reológicas dos produtos é atribuído ao aumento no número de sítios, nas cadeias polipeptídicas, capazes de interagir durante o aquecimento, levando à formação de matriz proteica mais forte e densa, originando produtos mais firmes e mastigáveis (CLAUS et al., 1989; CAVESTANY et al., 1994; HERMANSSON, 1982).

A análise das Figuras 24 a 27 mostra que todos os atributos avaliados na análise de TPA diminuíram ($P < 0,05$) com o aumento do teor de gordura na formulação, o que reflete o efeito que a variação no teor de gordura tem sobre a composição das mortadelas (Figuras 2 a 4). Estudos demonstram que atributos de textura estão relacionados com a composição centesimal dos produtos cárneos, variando com o seu teor de água (COFRADES et al., 2000), proteína (COLMENERO et al., 1995; COFRADES et al., 2000; FREITAS et al., 2004; CENGIZ; GOKOGLU, 2007) e gordura (COLMENERO et al., 1995; CENGIZ; GOKOGLU, 2007).

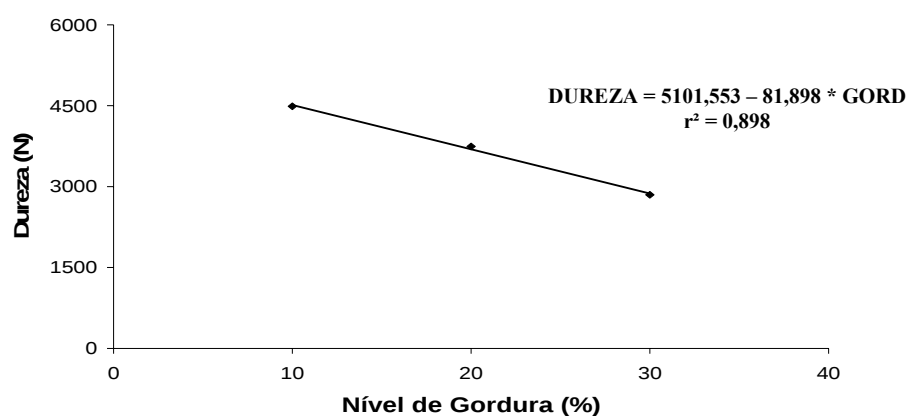


Figura 24 – Variação do valor de dureza das massas de mortadelas formuladas com 10, 20 e 30% de gordura, entre os ingredientes cárneos.

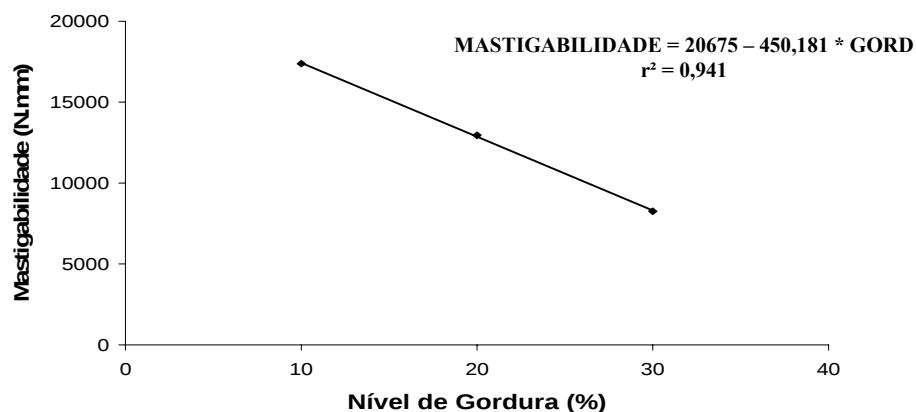


Figura 25 – Variação do valor de mastigabilidade das massas de mortadelas formuladas com 10, 20 e 30% de gordura, entre os ingredientes cárneos.

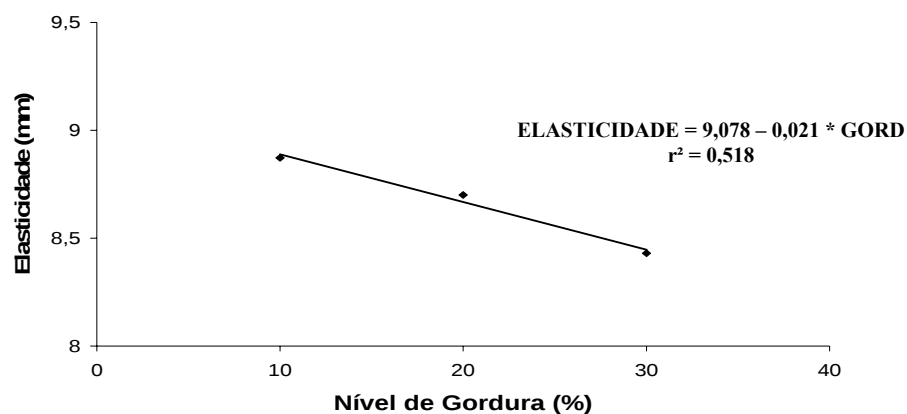


Figura 26 – Variação do valor de elasticidade das massas de mortadelas formuladas com 10, 20 e 30% de gordura, entre os ingredientes cárneos.

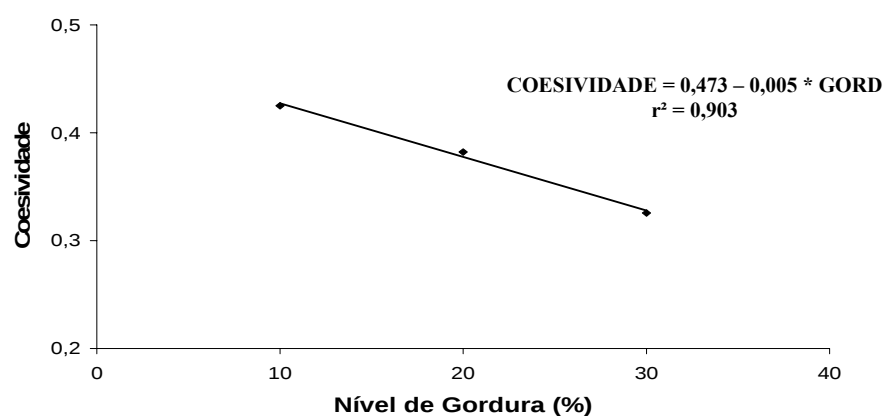


Figura 27 – Variação do valor de coesividade das massas de mortadelas formuladas com 10, 20 e 30% de gordura, entre os ingredientes cárneos.

Diferentemente da observada redução nos indicadores de perfil de textura deste experimento, Colmenero et al. (1995), embora atribuindo maior importância ao efeito do teor de proteína, também observaram aumento nos indicadores de TPA com elevação dos teores de gordura em mortadela tipo Bologna. Outros autores (CAVESTANY et al., 1994; GREGG et al., 1993; CLAUS et al., 1990; CLAUS et al., 1989) também observaram aumento de dureza e mastigabilidade em produtos cárneos elaborados com maiores teores de gordura. Todavia, segundo Colmenero et al. (1995), em outros trabalhos maiores teores de gordura implicam diminuição nos atributos de textura, particularmente no valor de dureza, fato que ocorre

principalmente quando o aumento da gordura é acompanhado pela diminuição no teor de proteínas das formulações.

Como no caso deste experimento, assim, quando o aumento do teor de gordura é acompanhado pela diminuição da proteína e da água da formulação, a tendência é de que haja redução nos valores dos atributos de textura (dureza e mastigabilidade), devido à menor proporção das proteínas miofibrilares presentes no produto final (LEE et al., 1997). Em contrapartida, se a diminuição da gordura das formulações não for acompanhada pelo concomitante aumento do teor de proteínas, pode haver diminuição dos atributos de textura, devido à maior influência das proteínas em detrimento do teor de gordura (CLAUS et al., 1989).

5.4. Avaliação da “aceitação” (sensorial)

Exceto no atributo cor, a avaliação sensorial das mortadelas não evidenciou efeito ($P > 0,05$) da interação entre níveis de gordura e as formulações.

Avaliando a interação, observou-se que as formulações (controle, 100/0, 75/25, 50/50, 25/75, 0/100) afetaram ($P < 0,05$) a cor em todos os três níveis de gordura estudados (10%, 20% e 30%), conforme demonstrado na Figura 28.

Avaliando a variação na avaliação da cor nos três níveis de gordura testados (Figura 28), observa-se que esse atributo foi o que apresentou maior oscilação nas diferentes formulações contendo SLT/CPS, entre as três características sensoriais estudadas, com classificações situadas entre o “desgostei ligeiramente” e o “gostei muito”. Ainda, as formulações contendo exclusivamente SLT em substituição à carne (100/0), em todos os três níveis de gordura, apresentaram avaliação negativa, uma vez que as notas desses produtos situaram-se entre o 4 (“desgostei ligeiramente”) e o 5 (“indiferente”), fato que demonstra a forte interferência do sangue na aceitação das mortadelas.

A mortadela formulada com substituição de 20% da carne por apenas CPS (formulação 0/100) não diferiu ($P > 0,05$), contudo, do grupo-controle, com relação a este atributo, em nenhum dos três níveis de gordura. De maneira distinta, a utilização de SLT ou a combinação desse ingrediente com CPS em substituição à carne levou à menor ($P < 0,05$) aceitação da cor das mortadelas em relação à formulação-controle, nos três níveis de gordura avaliados (Figura 28). Isso indica que mortadelas formuladas com adição de sangue apresentam coloração bem mais acentuada que aquela da mortadela- controle, conforme verificado pelos dados de ΔE^* (Tabela 1).

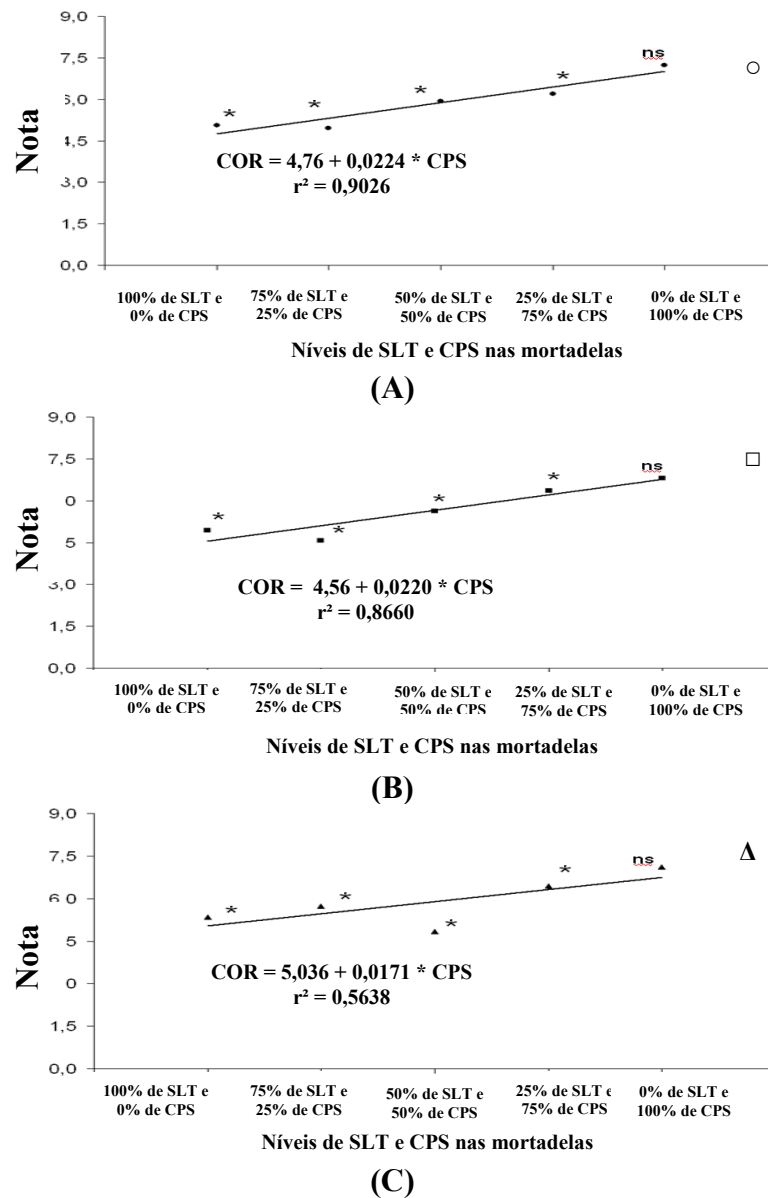


Figura 28 – Variação da cor sensorial de mortadelas elaboradas pela substituição de carne por distintas proporções de SLT e CPS, nos três níveis de utilização de gordura, e sua comparação com a formulação-controle: (A) formulações com 10% de gordura; (B) formulações com 20% de gordura; e (C) formulações com 30% de gordura. ^{ns} Diferença não significativa, em relação ao controle, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; * Diferença significativa, em relação ao controle, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; Controle do nível 10% de gordura; □ Controle do de nível 20% de gordura; e Δ Controle do nível de 30% de gordura.

Pela análise de regressão, os atributos sensoriais de sabor e impressão geral foram afetados ($P < 0,05$) pelas diferentes combinações de SLT e CPS usadas nas formulações de mortadelas, e, por intermédio da Figura 29, observa-se aumento das notas atribuídas a essas características com o incremento dos níveis de CPS utilizados.

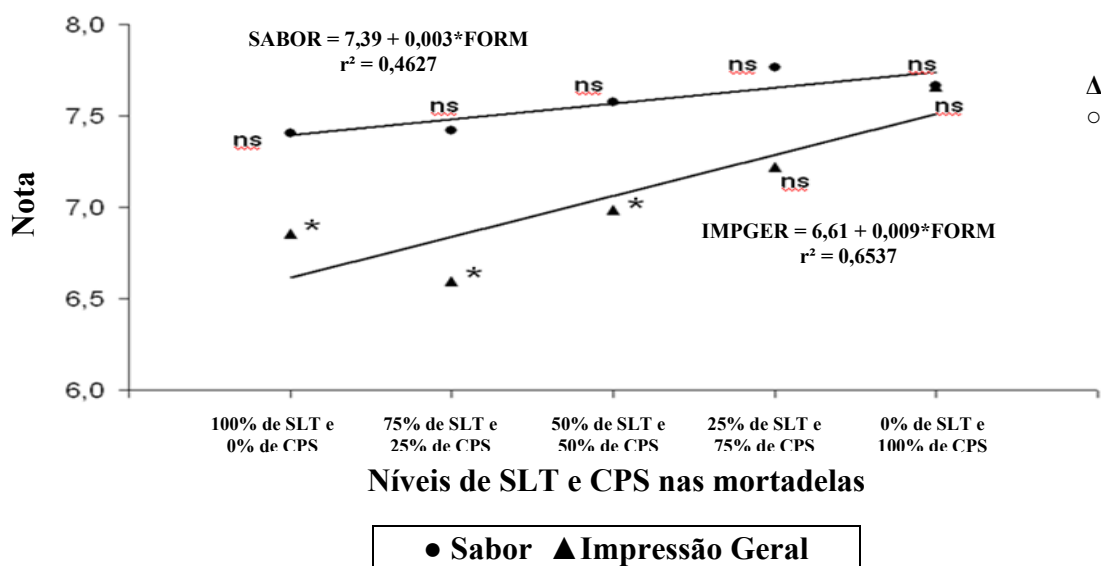


Figura 29 – Variação dos atributos sensoriais de sabor e impressão geral de mortadelas elaboradas pela substituição de carne por distintas proporções de SLT e CPS, e sua comparação com a mortadela-controle. ^{ns} Diferença não significativa, em relação ao controle, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; * Diferença significativa, em relação ao controle, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; Controle do sabor; e Δ Controle da impressão global.

Em relação ao sabor, apesar das diferenças ($P < 0,05$) entre as formulações contendo distintas combinações de SLT/CPS, as notas ficaram compreendidas entre 7 (“gostei moderadamente”) e 8 (“gostei muito”), indicando a boa aceitação dos produtos. No atributo impressão geral, a faixa de variação das notas foi de 6 (“gostei ligeiramente”) a 8 (“gostei muito”).

Comparando à formulação-controle, o sabor das mortadelas não foi alterado ($P > 0,05$) pela substituição de carne por nenhuma das misturas de SLT e CPS, que apresentaram nota média de 7,47, ficando entre os termos de “gostei moderadamente” (7) e “gostei muito” (8). Essa ausência de diferença em relação à

formulação-controle de mortadela pode ser atribuída à acentuada condimentação desse tipo de produto, que, provavelmente, mascara uma possível interferência do CPS e do SLT no sabor de mortadelas. Além disso, conforme observado por Guzman et al. (1995) em mortadelas contendo concentrado comercial de células vermelhas (0,50; 0,75; e 1,00%), é possível que a desnaturação térmica das proteínas do SLT e do CPS durante o cozimento das mortadelas adicionadas desses ingredientes diminua as suas influências sobre o sabor das mortadelas.

Pesquisas têm apontado os efeitos dos concentrados proteicos de soro de leite no sabor de produtos cárneos. Lyons et al. (1999) demonstraram que o aumento na concentração de CPS promove decréscimo nas notas de sabor, mascarando o efeito dos condimentos sobre esse atributo. Todavia, Serdagloru (2006) não observou influência do soro de leite no sabor de almôndegas, justificando que a mais marcante condimentação usada nas formulações pode ter mascarado o sabor do soro em pó de seus produtos.

As mortadelas formuladas com concentrações de SLT iguais ou superiores às de CPS (formulações 100/0, 75/25 e 50/50) diferiram ($P < 0,05$) da formulação-controle quanto ao atributo impressão geral. Todavia, apesar da pior avaliação em relação à formulação-controle, essas formulações obtiveram notas 6 (“gostei ligeiramente”) e 7 (“gostei moderadamente”), ou seja, foram aceitáveis do ponto sensorial. De maneira distinta, a mortadela formulada com substituição de 20% da carne por apenas CPS (formulação 0/100) e aquela contendo concentração de CPS maior que a de SLT (formulação 25/75) não diferiram ($P > 0,05$) do grupo-controle para o atributo em questão, com médias de 7,0 a 7,3, ou seja, situadas entre o 7 (“gostei moderadamente”) e o 8 (“gostei muito”).

As diferenças encontradas entre as mortadelas contendo maiores teores de SLT e a formulação-controle para o atributo impressão geral sugerem que os consumidores podem ter sido influenciados, principalmente, pela cor para julgar tal característica, evidenciando ser o sangue, com sua cor intensa, o principal responsável pela avaliação mais negativa dos atributos sensoriais.

Apesar de alguns estudos apresentarem resultados em que a utilização de sangue não interfere negativamente na aceitação de produtos cárneos, ressalta-se que estes foram realizados com níveis inferiores aos 20% de substituição da carne propostos neste trabalho. Nesse sentido, Stiebing (1990) verificou que o valor máximo para adição de sangue que não afeta negativamente a cor de embutidos é de

10%. O mesmo resultado em embutidos emulsionados foi relatado por Wismer-Pedersen (1979). Slinde e Martens (1982) afirmaram que a impressão sensorial de cor começa a ficar prejudicada com níveis de adição de sangue acima de 3,5%. Rust (1988) citou que a incorporação de sangue em embutidos cárneos, em níveis superiores a 3%, produz tonalidade escura indesejável, em oposição à cor rósea ou vermelha desejável.

Observou-se melhoria ($P < 0,05$) no sabor com o aumento dos níveis de gordura usados nas formulações de mortadelas (Figura 30). Todavia, mesmo com a variação desse atributo em virtude da modificação dos teores de gordura das formulações, ressalta-se que, mesmo quando se adicionam 10% de gordura, a avaliação sensorial de sabor apresenta notas entre o 7 (“gostei moderadamente”) e o 8 (“gostei muito”) na escala hedônica de nove pontos.

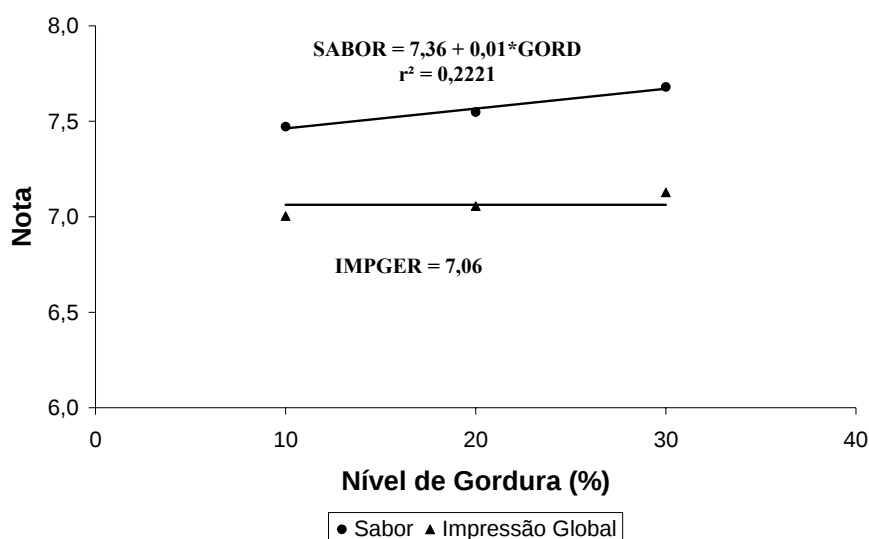


Figura 30 – Variação dos atributos sensoriais de sabor e impressão geral de mortadelas elaboradas em distintos níveis de gordura (10%, 20% e 30%).

Segundo Keeton (1994), a gordura confere sabor aos alimentos, sendo o principal componente responsável pela textura, sabor e suculência da maioria dos produtos cárneos, pelo que a sua excessiva redução nas formulações pode levar à produção de alimentos secos e duros, provocando negativa alteração no sabor desses alimentos.

A utilização de diferentes níveis de gordura não influenciou ($P > 0,05$) na aceitação de mortadelas para a característica impressão geral, que apresentou nota entre o 7 (“gostei moderadamente”) e o 8 (“gostei muito”) (Figura 30). Isso, provavelmente, se deve ao fato de que, conforme já discutido, com o aumento no teor de pigmentos, em função da adição de sangue às formulações de mortadela, o efeito diluente da gordura sobre a cor fica minimizado (se torna imperceptível).

A Figura 30 demonstra que redução na concentração de gordura na formulação das mortadelas não implicou perda de qualidade sensorial dos produtos em questão. Assim, as mortadelas com menores concentrações de gordura poderiam empregar um apelo *light*, mantendo, ao mesmo tempo, qualidade sensorial semelhante ao do produto original.

Os resultados deste experimento permitem concluir que a utilização de baixos níveis de gordura (10% e 20%) e a substituição de parte da carne por SLT e, principalmente, por CPS permitem a obtenção de produtos de boa aceitação por parte do consumidor.

De acordo com Colmenero et al. (1995), o aumento no teor de proteínas das formulações promove melhoria na aceitação de mortadela tipo Bologna (impressão geral e textura sensorial). Segundo esses autores, o efeito da gordura nesses atributos é bem menor do que os observados por ocasião da avaliação instrumental (principalmente da textura) desses produtos. Alguns autores (LEE et al., 1997; AHMED et al., 1990; ST. JOHN et al., 1986) reportaram ainda que a aceitação (palatabilidade) nem sempre é dependente do teor de gordura dos produtos.

Avaliando língua de carne suína, Ferreira (2006) não observou diferença ($P > 0,05$) sensorial entre tratamentos utilizando reduzido teor de gordura (10%) e distintos níveis de CPS (0,2%, 0,5% e 1%). Ainda, não foram detectadas diferenças entre essas formulações e o controle, contendo 20% de gordura.

Del Nobile et al. (2009) observaram diferenças ($P < 0,001$) entre a formulação de salame italiano com substituição de 100% da gordura por CPS e a formulação-controle, enquanto tal distinção não foi verificada ($P < 0,001$) no nível de 60% de substituição de gordura por CPS. No trabalho desses autores, as formulações com substituição parcial da gordura pelo CPS apresentaram notas para os atributos sabor, odor e gosto semelhantes às encontradas neste estudo para a característica sabor, ou seja, entre o 7 (“gostei ligeiramente”) e o 8 (“gostei muito”).

5.5. Avaliação nutricional

5.5.1. Qualidade proteica

5.5.1.1. Consumo alimentar (CA), proteína consumida (PC), ganho de peso (GP) e coeficiente de eficiência proteica (CEA)

Houve efeito ($P < 0,05$) da interação entre as formulações e o nível de gordura quanto ao CA, PC, GP e CEA.

Pela análise de regressão, os grupos de animais alimentados com dietas à base de mortadelas contendo distintas combinações de SLT e CPS não diferiram entre si ($P > 0,05$), em relação ao CA, PC, GP e CEA (Figuras 31, 32, 33 e 34), indicando semelhantes características de adaptação às dietas pelos animais e utilização das proteínas provenientes dessas fontes para o crescimento.

Do mesmo modo, Fontes (2006), avaliando a substituição de até 20% da carne da formulação por SLT, e Santos (2007), empregando 10% de substituição da carne por diferentes combinações de CPS e sangue, não observaram diferença entre essas formulações para CA, PC, GP e CEA.

As Figuras 31 e 32 evidenciam que o CA e a PC dos animais alimentados com dietas à base de mortadelas (formulações contendo SLT/CPS e controle), nos três níveis de gordura, foram sempre superiores ($P < 0,05$) aos dos grupos de animais aos quais foram administradas dietas à base de caseína. Tal fato parece ser justificado pela maior palatabilidade e aceitabilidade das dietas produzidas e fornecidas como mortadelas úmidas, uma vez que as dietas de caseína foram administradas em pó. Todavia, todos os grupos de animais apresentaram consumo diário (9,09 a 15,63 g) normal (8 a 25 g por dia) para ratos em crescimento (RITSKES-HOITINGA et al., 2003).

Resultados semelhantes de CA foram observados por Santos (2007), que, de maneira análoga à deste experimento, forneceu dieta à base de mortadelas sem passar por processo prévio de secagem e obteve consumo alimentar do grupo de caseína inferior ($P < 0,05$) aos dos grupos alimentados com mortadelas.

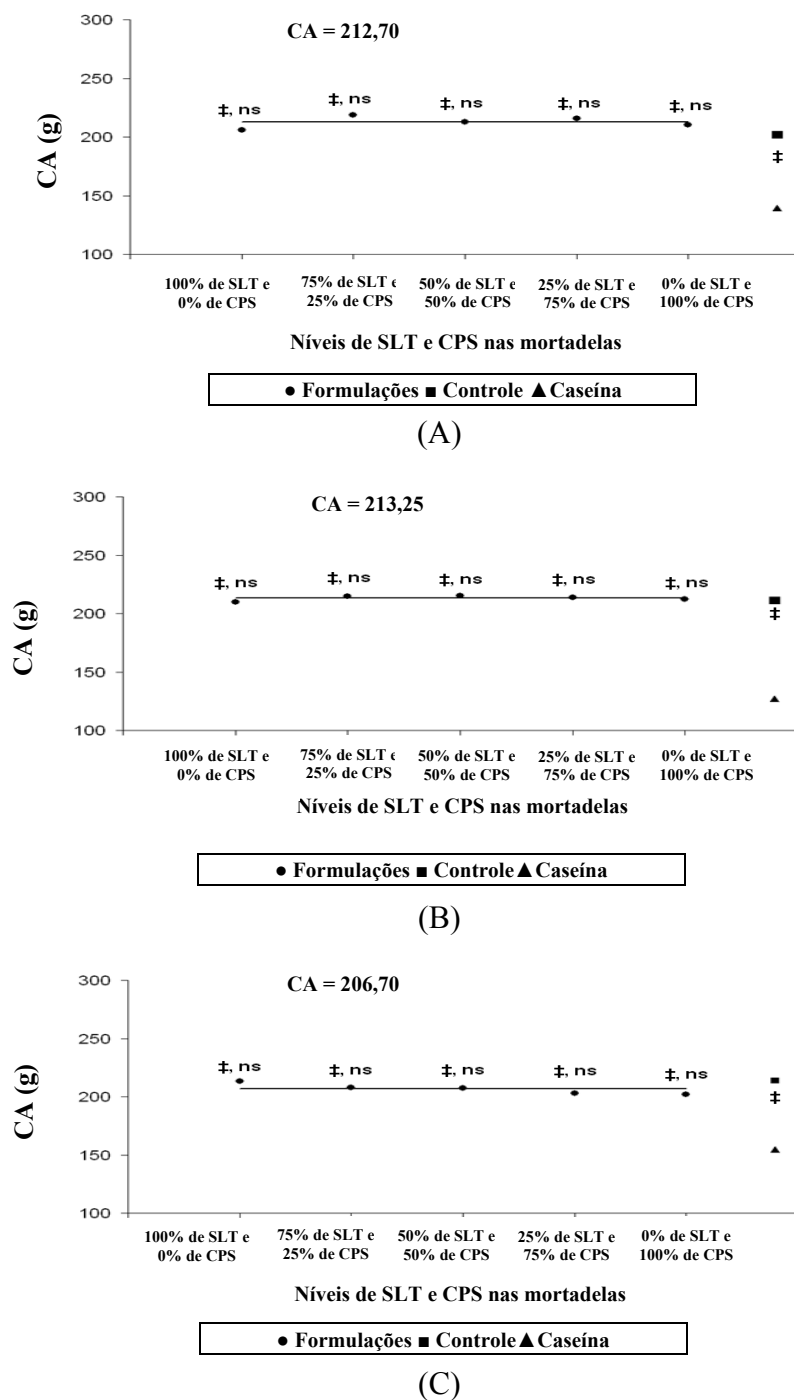
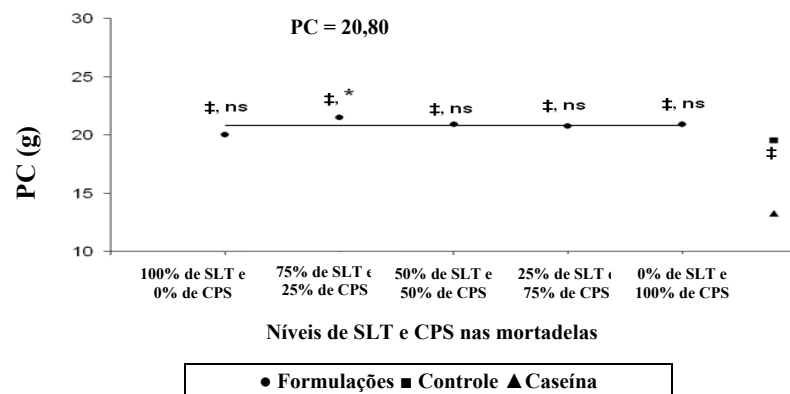
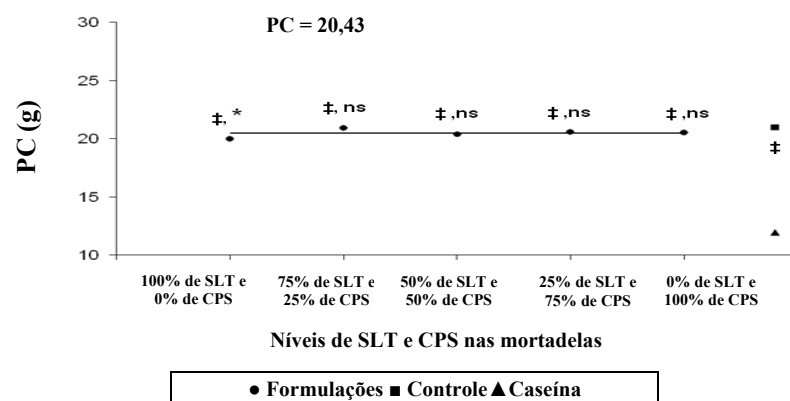


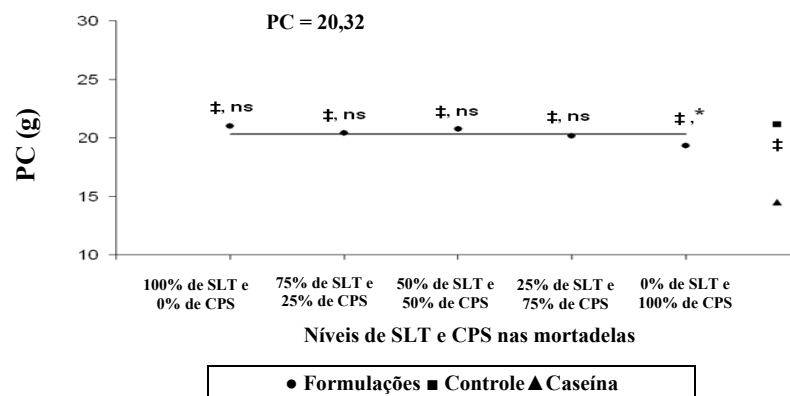
Figura 31 – Variação do Consumo Alimentar (CA) em função das distintas proporções de SLT e CPS utilizadas nas formulações e sua comparação com as formulações controle e caseína nos níveis de 10 (A), 20 (B) e 30% (C) de gordura. ^{ns} Diferença não significativa, em relação ao controle ou à caseína, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; ^{*} Diferença significativa em relação ao controle, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; e [†] Diferença significativa em relação à caseína e entre esta e a mortadela-controle, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.



(A)



(B)



(C)

Figura 32 – Variação da Proteína Consumida (PC) em função das distintas proporções de SLT e CPS utilizadas nas formulações e sua comparação com as formulações-controle e caseína, nos níveis de 10 (A), 20 (B) e 30% (C) de gordura.^{ns} Diferença não significativa em relação ao controle ou à caseína, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; ^{*} Diferença significativa em relação ao controle, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; e [‡] Diferença significativa em relação à caseína e entre esta e a mortadela- controle, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.

Fontes (2006), por sua vez, não constatou diferenças ($P > 0,05$) no consumo alimentar e proteico durante ensaio de avaliação de qualidade de proteínas entre grupos de animais que consumiram dietas processadas com mortadelas contendo SLT e dieta à base de caseína. Entretanto, todas as dietas foram oferecidas secas aos animais, uma vez que esse autor submeteu as mortadelas ao processo de secagem antes de sua incorporação às dietas.

Todos os tratamentos levaram a aumento no GP dos animais, o que se explica pelo fato de que as fontes proteicas utilizadas (carne, sangue e soro de leite) são de boa qualidade nutricional, e as dietas foram formuladas, dentro de cada nível de gordura, de modo a serem isoproteicas e isocalóricas em relação à dieta-padrão de caseína.

Todavia, o ganho de peso (GP) dos grupos de animais alimentados com dietas à base de mortadelas foi sempre igual ou superior ($P < 0,05$) ao dos respectivos grupos de caseína, dentro de cada nível de gordura (Figura 33), fato que pode ser explicado pelo maior consumo alimentar e proteico dos grupos de dietas à base de mortadelas (Figuras 31 e 32).

Todos os grupos de animais alimentados com dietas à base de mortadelas apresentaram CEA inferior ($P < 0,05$) ao dos respectivos grupos de caseína (Figura 34), dentro de cada nível de gordura, indicando a melhor utilização da dieta à base de caseína pelo organismo. Resultados semelhantes foram obtidos por Santos (2007), ao avaliar mortadelas com substituição de 10% da carne por distintas combinações de sangue e CPS.

De maneira distinta, Fontes (2006), utilizando mortadelas secas na formulação das dietas experimentais, não observou diferenças nos valores de CEA entre grupos alimentados com dietas à base de mortadelas e dieta de caseína. A melhor utilização de dietas secas, observada pelo citado autor, pode ter sido consequência da secagem das mortadelas (estufa com circulação de ar a $60\text{ }^{\circ}\text{C}/12\text{ h}$), procedimento que mudaria as características estruturais e funcionais das proteínas, com desnaturação e consequente aumento da digestibilidade biológica de aminoácidos indispensáveis, facilitando a ação das proteases, devido à alteração de sua conformação nativa.

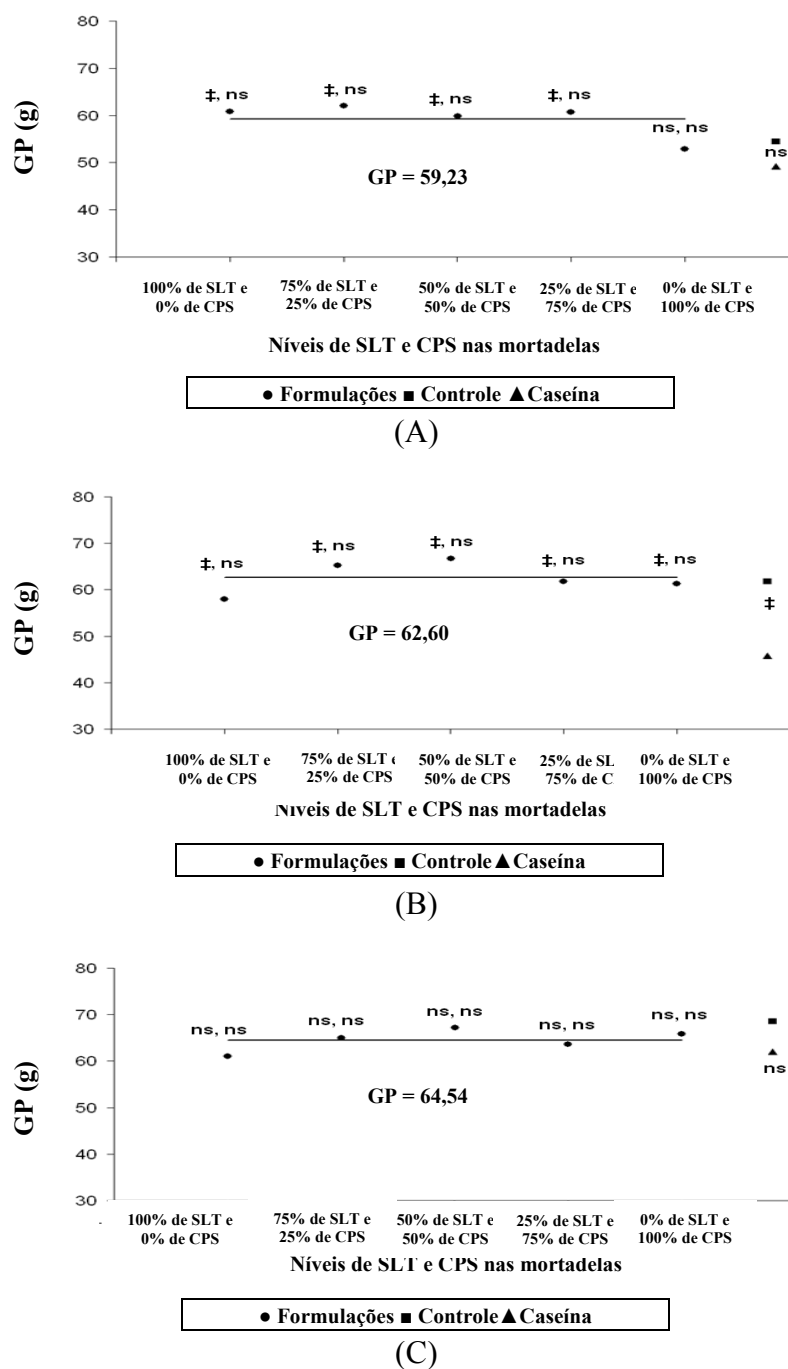


Figura 33 – Variação do Ganho de Peso (GP) em função das distintas proporções de SLT e CPS utilizadas nas formulações e sua comparação com as formulações-controle e caseína nos níveis de 10 (A), 20 (B) e 30% (C) de gordura. ^{ns} Diferença não significativa, em relação ao controle ou à caseína, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; ^{*} Diferença significativa, em relação ao controle, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; e [‡] Diferença significativa, em relação à caseína e entre esta e a mortadela-controle, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.

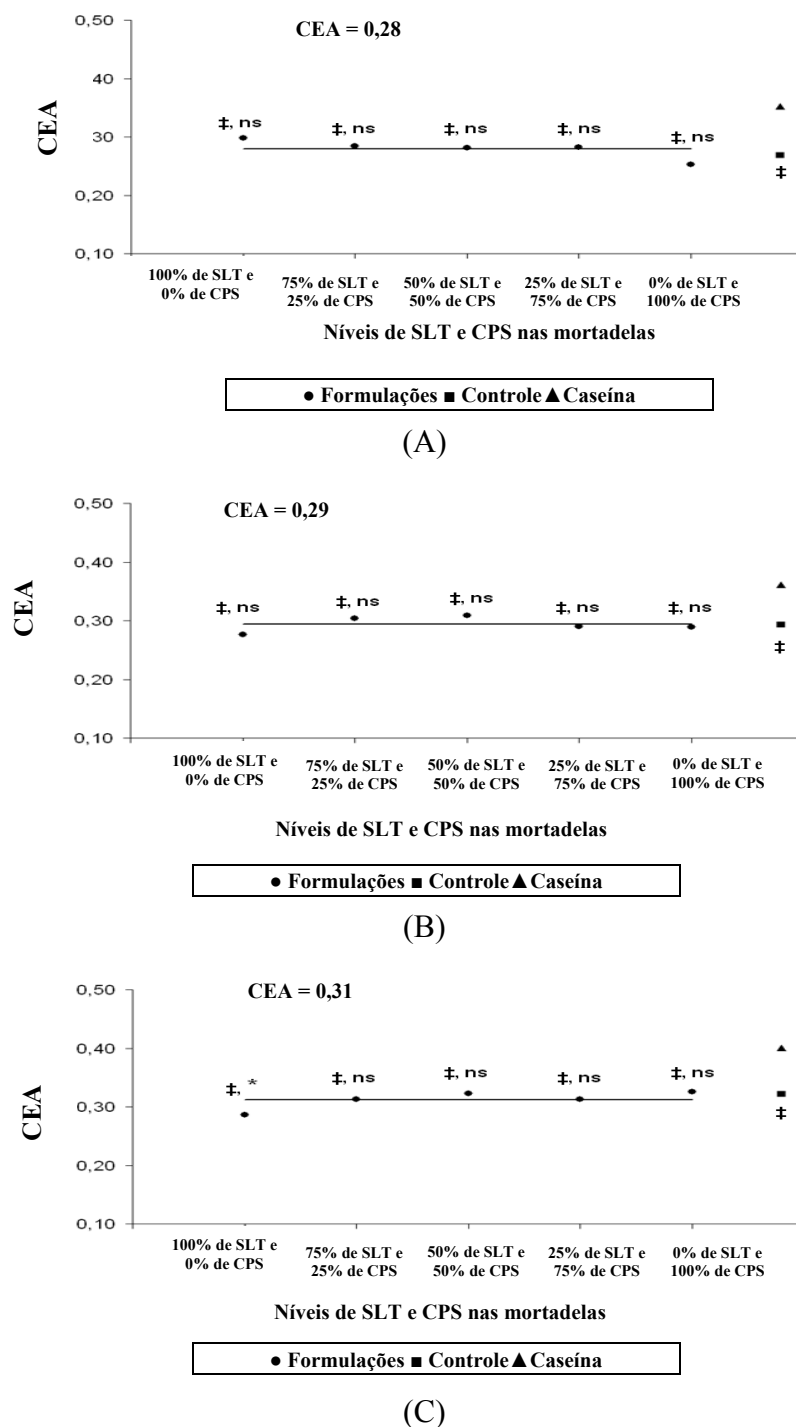


Figura 34 – Variação do Coeficiente de Eficiência Alimentar (CEA) em função das distintas proporções de SLT e CPS utilizadas nas formulações e sua comparação com as formulações-controle e caseína, nos níveis de 10 (A), 20 (B) e 30% (C) de gordura. ^{ns} Diferença não significativa, em relação ao controle ou à caseína, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; * Diferença significativa, em relação ao controle, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; e ‡ Diferença significativa, em relação à caseína e entre esta e a mortadela-controle, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.

Não foi observado efeito ($P > 0,05$) do SLT e, ou, do CPS no CA, PC e GP (Figuras 31 e 32) promovido pelas dietas à base de mortadelas, uma vez que as dietas contendo esses ingredientes não diferiram ($P > 0,05$) daquelas formuladas com mortadelas contendo apenas carne (controles), em nenhum dos três níveis de gordura. Tais resultados apontam a similaridade entre as proteínas da carne, do soro de leite e do sangue em promover o adequado crescimento dos animais. Resultados semelhantes foram observados por Santos (2007), que utilizou 10% de substituição de carne por sangue e, ou, CPS.

Nos níveis de 10 e 20% de gordura, o CEA das dietas à base de mortadelas contendo SLT e, ou, CPS não diferiu ($P > 0,05$) de das respectivas formulações-controles ($P > 0,05$). Todavia, no maior nível de gordura (30%) a formulação contendo apenas SLT em substituição à carne (100/0) apresentou valor de CEA inferior ($P < 0,05$) à da formulação-controle (Figura 34), indicando que, no maior nível de utilização de gordura, a formulação contendo 20% de substituição de carne por SLT conferiu menor eficiência na promoção do crescimento dos animais.

Santos (2007), utilizando 10% de gordura em suas formulações de mortadelas, também não verificou ($P > 0,05$) diferença entre o CEA dos animais alimentados com mortadelas formuladas apenas com carne (formulação controle) e aquelas pela substituição de carne por sangue, CPS ou suas misturas.

Tanto os valores de GP quanto os de CEA foram maiores ($P < 0,05$) nos grupos de animais alimentados com dietas contendo mais gordura (Figuras 33 e 34). Como os valores de PC praticamente não variaram entre esses grupos (Figura 32), é provável que os maiores valores de ganho de peso e CEA podem ter ocorrido devido ao lipídio e não à proteína fornecida na dieta. Portanto, conforme advertiu Fontes (2006), os maiores valores de ganho de peso e de CEA podem estar relacionados à retenção de água e à produção ou acúmulo de lipídio no organismo, devido à diferença na composição do alimento recebido pelos distintos grupos.

5.5.1.2. PER e NPR

Houve efeito ($P < 0,05$) da interação entre as formulações e o nível de gordura no PER, PERR, NPR e NPRR.

Pela análise de regressão, os valores de PER não diferiram ($P > 0,05$) entre os grupos de animais alimentados com distintas combinações de SLT e CPS (Figura

35), em nenhum dos três níveis de gordura, apresentando, respectivamente, valores médios de $2,86 \pm 0,20$; $3,07 \pm 0,14$; e $3,18 \pm 0,18$ em 10, 20 e 30% de gordura.

Nenhuma distinção ($P > 0,05$) entre as formulações contendo SLT/CPS também foi observada nos valores de NPR (Figura 36), dentro de cada nível de gordura, e as médias nos níveis de 10, 20 e 30% de gordura foram de, respectivamente, $3,43 \pm 0,21$; $3,64 \pm 0,14$; e $3,75 \pm 0,19$.

A deficiência em aminoácidos do sangue (metionina e, especialmente, isoleucina) parece não ter causado efeito no crescimento dos animais avaliados neste estudo, uma vez que não foi observada diferença ($P > 0,05$) entre as formulações contendo distintos teores de sangue e a formulação-controle, em nenhum dos níveis de gordura estudados. Tal fato também foi observado por Fontes (2006), que avaliou mortadelas formuladas com até 20% de substituição da carne por SLT.

As deficiências proteicas do sangue integral (em especial na globina) também podem ter sido minimizadas pela sua combinação com o CPS, ingrediente que pode ter fornecido os aminoácidos indispensáveis limitantes do sangue, necessários ao crescimento adequado dos animais. Essa hipótese é confirmada pelo trabalho de Santos (2007), em que não foram detectadas diferenças ($P > 0,05$) nos valores de PER e NPR entre formulações de mortadelas contendo sangue e CPS, em substituição a 10% da carne da formulação. Esse autor obteve médias para PER e NPR de 2,23 e 2,85, respectivamente.

A ausência de influência do sangue sobre o PER das mortadelas também pode ser explicado pelo fato de que as mortadelas foram elaboradas principalmente com carne bovina (37,5 a 52,5% do total das formulações), que apresenta valores de PER entre 2,3 e 2,9 (EDMONDSON; GRAHAM, 1975; JEWELL et al., 1980 citados por PIRES et al., 2006; SCHAAFSMA, 2000).

Belkot (2001) obteve resultados de 2,54 e 0,96 para o PER do plasma e células vermelhas, respectivamente. Por sua vez, Young et al. (1973) obtiveram PER de 1,94 no plasma e de 1,93 na globina bovina. Os concentrados proteicos de soro de leite apresentam maior valor de PER, variando de 4,01 a 4,29 (FORSUM, 1973). Todavia, conforme exposto, como as proteínas da carne estão presentes em maiores proporções (7,5 a 11,5%) em relação às do sangue ou do soro de leite (até 3%), os valores encontrados para esse indicador nas mortadelas assemelharam-se aos da carne e, em hipótese, podem ter sido ligeiramente superiores devido à presença do CPS nas formulações.

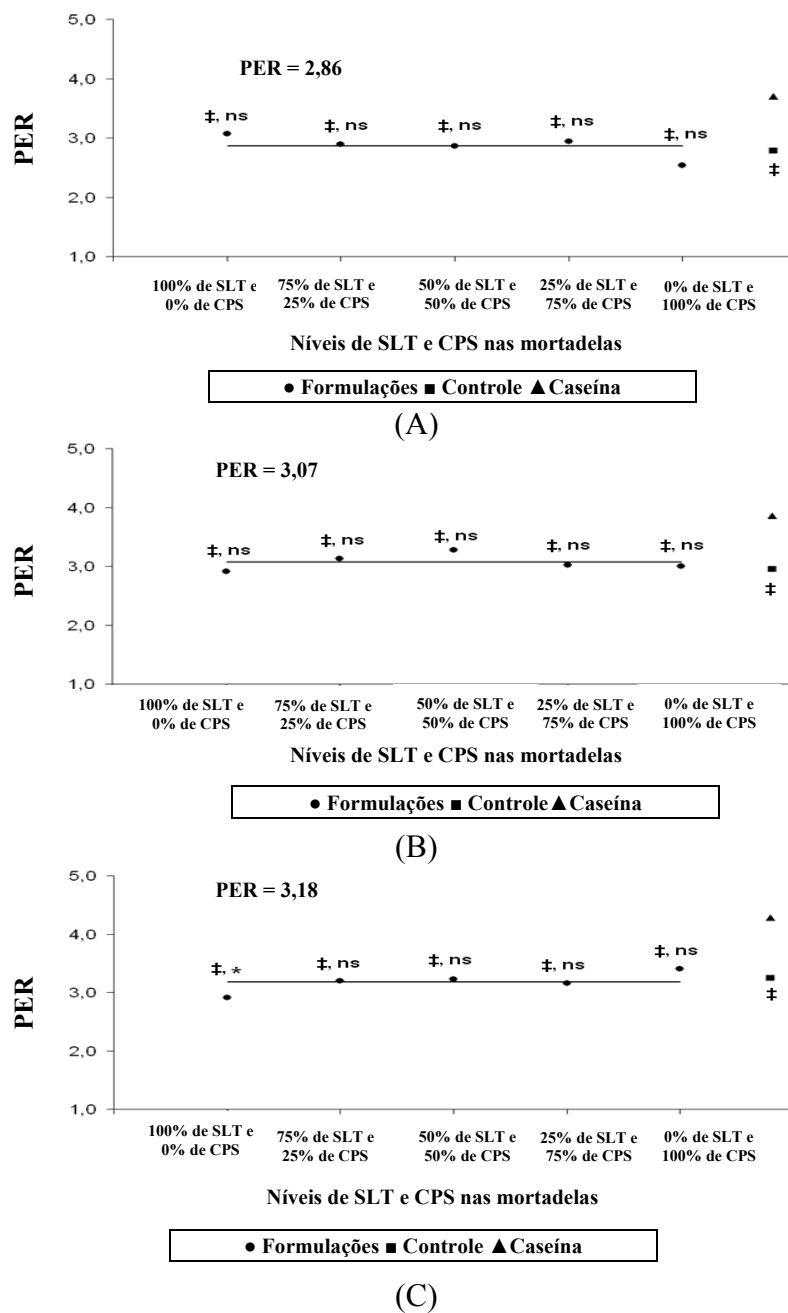


Figura 35 – Variação do PER em função das distintas proporções de SLT e CPS utilizadas nas formulações e sua comparação com as formulações-controle e caseína nos níveis de 10 (A), 20 (B) e 30% (C) de gordura. ^{ns} Diferença não significativa, em relação ao controle ou à caseína, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; * Diferença significativa em relação ao controle, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; e [†] Diferença significativa em relação à caseína e entre esta e a mortadela-controle, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.

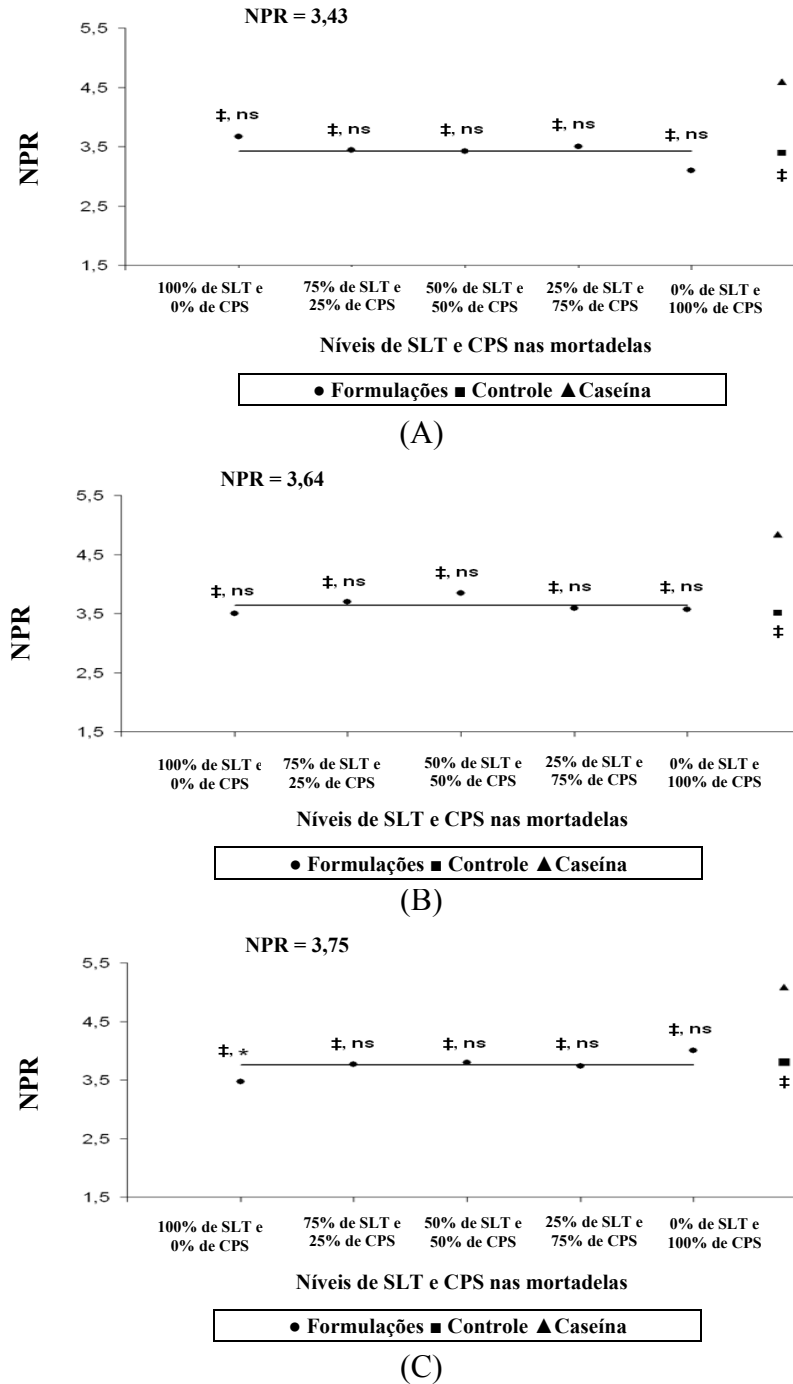


Figura 36 – Variação do NPR em função das distintas proporções de SLT e CPS utilizadas nas formulações e sua comparação com as formulações-controle e caseína, nos níveis de 10 (A), 20 (B) e 30% (C) de gordura.^{ns} Diferença não significativa, em relação ao controle ou à caseína, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; * Diferença significativa em relação ao controle, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; e [†] Diferença significativa, em relação à caseína e entre esta e a mortadela-controle, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.

Todos os grupos de animais alimentados com as dietas de mortadelas, com ou sem SLT ou CPS, tiveram valores de PER menores ($P < 0,05$) do que os grupos alimentados com as dietas de caseína, que apresentaram valor de PER de $3,70 \pm 0,32$; $3,86 \pm 0,40$; e $4,28 \pm 0,19$, nos níveis de 10, 20 e 30% de gordura, respectivamente. Entretanto, apesar de essas diferenças, os valores encontrados para todas as dietas à base de mortadelas foram superiores a 2,8. Esses resultados comprovam a boa qualidade das proteínas utilizadas neste estudo (proteínas da carne, do sangue e do soro de leite), uma vez que, segundo Friedman (1996), qualquer proteína com valor de PER igual ou superior a 2, quando adicionada na quantidade de 10% na dieta, é considerada de boa qualidade.

Os valores de PER relativo (PERR) das formulações contendo SLT e, ou, CPS diferiram ($P < 0,05$) dos padrões de caseína e variaram de $68,56 \pm 10,84\%$ a $83,00 \pm 9,15\%$ (nível de 10% de gordura), $75,46 \pm 8,95\%$ a $84,86 \pm 8,96\%$ (nível de 20% de gordura) e $68,05 \pm 5,95\%$ a $79,50 \pm 8,24\%$ (nível de 30% de gordura).

Resultados semelhantes aos encontrados para PER e PERR foram observados na avaliação da necessidade proteica para o crescimento e manutenção dos animais (NPR e NPRR), uma vez que todos os grupos alimentados com as dietas de mortadelas apresentaram valores desses indicadores inferiores ($P < 0,05$) aos dos alimentados com dietas de caseína. Os valores de NPR relativo (NPRR) variaram de $67,50 \pm 9,17\%$ a $79,87 \pm 9,16\%$ (nível de 10% de gordura), $72,24 \pm 7,25\%$ a $79,49 \pm 7,00\%$ (nível de 20% de gordura) e $68,21 \pm 5,19\%$ a $78,25 \pm 6,76\%$ (nível de 30% de gordura).

Assim como neste experimento, Santos (2007), também fornecendo dietas baseadas em mortadelas frescas (sem secagem prévia), encontrou diferenças de PER, PERR, NPR e NPRR entre todas as suas formulações de mortadelas e a dieta-padrão de caseína. Entretanto, esse autor, utilizando 10% de gordura em suas formulações, obteve valores de PERR ($50,94 \pm 7,66\%$ a $59,96 \pm 5,79\%$) e NPRR ($54,53 \pm 6,15\%$ a $65,16 \pm 8,18\%$) ligeiramente inferiores aos encontrados neste trabalho.

Fontes (2006) e Torres et al. (1999), utilizando apenas SLT em formulações de mortadelas com 10% e 30% de gordura, respectivamente, encontraram, contudo, resultados mais elevados para o PER e NPR. A variação do PERR foi de $94,61 \pm 3,78\%$ a $102,78 \pm 2,96\%$ no estudo de Fontes (2006) e de $80,89\%$ a $90,05\%$ no trabalho de Torres et al. (1999). Para o NPRR, a variação ficou entre $94,76 \pm 3,47\%$ e $102,00 \pm 2,53\%$ (FONTES, 2006) e $89,25\%$ e $80,26\%$ (TORRES et al., 1999). Além

disso, esses autores também não observaram diferenças ($P > 0,05$) desses indicadores entre as formulações de mortadelas e os respectivos padrões de caseína. Todavia, tanto Fontes (2006) quanto Torres et al. (1999) procederam à secagem das mortadelas antes da sua incorporação às dietas, o que pode ter ocasionado mudanças na conformação proteica nativa das mortadelas (ARAÚJO, 1999). Além disso, tanto este trabalho quanto o estudo de Santos (2007) empregaram concentrado proteico de soro de leite em combinação com sangue nas formulações das mortadelas. Essa combinação pode ter ocasionado interação entre os aminoácidos das diferentes proteínas utilizadas, com possível diminuição da biodisponibilidade proteica (SANTOS, 2007).

O incremento no teor de gordura das formulações levou a maiores ($P < 0,05$) valores de PER e NPR (Figuras 35 e 36), ocorrência já esperada, uma vez que esses indicadores são alcançados pela razão entre o ganho de peso e o consumo de proteínas. Uma vez que o consumo de proteínas não apresentou muita variação entre os níveis de gordura (Figura 32) e o ganho de peso foi maior ($P < 0,05$) nos grupos de animais alimentados com dietas contendo mais gordura (Figura 33), o PER e o NPR foram maiores nesses grupos.

5.5.1.3. Digestibilidade verdadeira

Não foi observado efeito ($P > 0,05$) da interação entre as formulações e o nível de gordura no indicador Digestibilidade Verdadeira (DV), determinado pela diferença entre o nitrogênio ingerido e o eliminado nas fezes dos animais (HERNÁNDEZ et al., 1996).

A Figura 37 apresenta a variação das médias da DV entre as mortadelas adicionadas de combinações distintas de SLT e, ou, CPS. Observa-se, nessa figura, que a modificação das concentrações desses ingredientes não promoveu alteração ($P > 0,05$) na digestibilidade. Ainda, não foi encontrada diferença ($P > 0,05$) entre as mortadelas com substituição de 20% da carne por SLT ou CPS e a mortadela formulada sem a utilização dessas fontes proteicas (controle).

Analisando os resultados e considerando que as proteínas do plasma sanguíneo e do isolado proteico de globina possuem digestibilidade de 94,85 e 91,83%, respectivamente, muito semelhantes, portanto, à digestibilidade das

proteínas da carne bovina (DUARTE et al., 1999), era esperado que não houvesse alteração nesse atributo com o aumento dos níveis de sangue nas formulações.

Os concentrados proteicos de soro de leite apresentam alta digestibilidade, em torno de 97% (FORSUM, 1979), valor ligeiramente superior aos das mortadelas avaliadas neste estudo. Todavia, como discutido, prevalecem quantitativamente as proteínas da carne nas formulações, e os resultados de digestibilidade das formulações contendo SLT e, ou, CPS refletem a digestibilidade das proteínas presentes em maior quantidade.

Corroborando os resultados deste estudo, Santos (2007) também não observou alteração ($P > 0,05$) na digestibilidade em função das distintas combinações de sangue e CPS em substituição a 10% da carne da formulação.

Avaliando formulações de mortadelas contendo apenas SLT em substituição à carne (0 a 20%), Fontes (2006) verificou ligeiro decréscimo na digestibilidade em função do aumento da concentração de sangue na formulação. Todavia, esse autor destacou que, apesar dessa diminuição em função da presença de sangue, os valores de digestibilidade em todos os níveis mantiveram-se altos, acima de 90%.

A Figura 37 apresenta, também, a comparação dos valores de DV dos grupos de animais alimentados com dietas à base de mortadelas (formulações contendo SLT/CPS e controle) com o padrão de caseína. Apesar das diferenças observadas entre a dieta- padrão de caseína e aquelas à base de mortadelas contendo apenas SLT (100/0) e iguais ou maiores proporções de CPS em relação ao SLT (50/50, 25/50 e 0/100), destaca-se que o menor valor observado foi de 93,85%, considerado alto e condizente com a digestibilidade de proteínas de origem animal, que apresentam, normalmente, valores de DV entre 90 e 99% (FONTES, 2006).

O menor valor de DV encontrado, referente ao grupo de animais alimentados com dieta à base da mortadela com substituição de 20% da carne por SLT (100/0), apresentou DV correspondente a 98,39% do valor da dieta-padrão, à base de caseína.

Valores semelhantes de DV foram encontrados por Santos (2007), que avaliou mortadelas contendo combinações de SLT e CPS em substituição a 10% da carne da formulação. Esse autor observou valores entre 93,60 e 94,27% em suas dietas à base de mortadelas, mas, contrariamente a este estudo, não verificou diferença entre estas e a dieta-padrão de caseína.

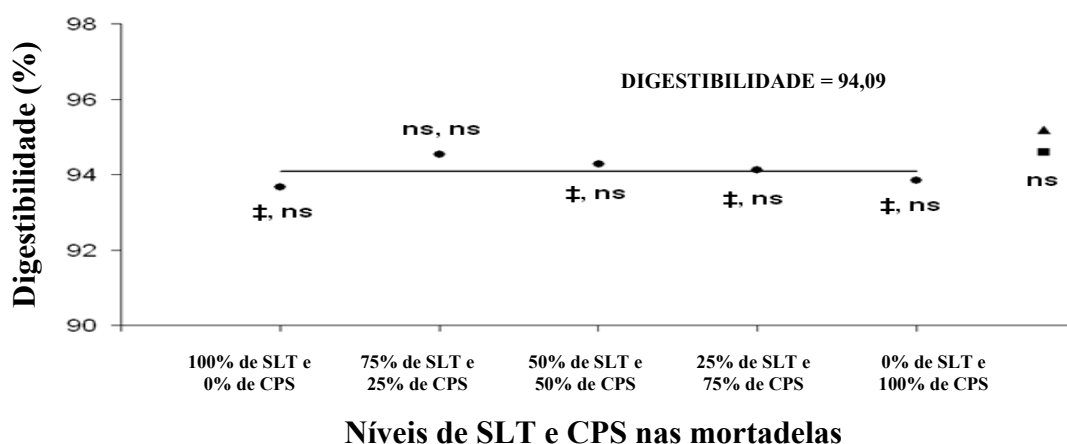


Figura 37 – Variação da Digestibilidade Verdadeira (DV) em função das distintas proporções de SLT e CPS utilizadas nas formulações e sua comparação com as formulações-controle e caseína. ^{ns} Diferença não significativa, em relação à formulação-controle ou à dieta de caseína, assim como entre a formulação-controle e a dieta de caseína, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; e [‡] Diferença significativa em relação à caseína, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.

Fontes (2006) e Torres et al. (1999) também obtiveram resultados similares aos deste trabalho para DV de mortadelas contendo até 20% de substituição da carne por sangue: 89,5% a 91,6% e 92,3 a 92,4%, respectivamente. Todavia, enquanto Fontes (2006) encontrou diferença ($P < 0,05$) entre as mortadelas e o padrão de caseína (93,99%), Torres et al. (1999) não observaram ($P > 0,05$) essa distinção com a caseína (95,8%).

Os resultados de Digestibilidade Verdadeira (DV) não foram afetados ($P > 0,05$) pela modificação no teor de gordura das dietas formuladas tendo como fonte de proteínas as mortadelas.

5.5.2. Biodisponibilidade de ferro

Ao final de 21 dias, referentes à fase de depleção do ensaio de biodisponibilidade de ferro, o valor basal dos níveis de hemoglobina dos animais foi de $7,24 \pm 0,83$ g/dL. Embora a AOAC (1995) preconize que a concentração sanguínea de hemoglobina seja inferior a 6 g/dL para que os ratos sejam considerados satisfatoriamente anêmicos após 28 dias de depleção, essa anemia poderia debilitar

excessivamente os animais e provocar aumento na absorção de ferro, superestimando sua biodisponibilidade.

O aumento no teor de gordura das formulações promoveu aumento ($P < 0,05$) no ganho de peso e na CEA dos animais, indicadores avaliados também no ensaio de biodisponibilidade de ferro. Contudo, as médias de consumo alimentar diário de todos os grupos ficaram dentro da normalidade (entre 11,01 e 18,58 g) em ratos em crescimento, ou seja, no limite entre 8 e 25g (RITSKES-HOITINGA et al., 2003).

Não foi observado efeito ($P > 0,05$) da interação entre as formulações e o nível de gordura no ganho de hemoglobina (GHb) e no valor do hematócrito (HEMAT) dos animais durante a fase de repleção.

Nas mortadelas com substituição da carne por SLT e, ou, CPS, o aumento dos níveis de CPS (e consequente diminuição dos níveis de SLT) levou diminuiu ($P < 0,05$) o ganho de hemoglobina dos animais (Figura 38).

No início do período de repleção não existia variação entre as médias de hemoglobina dos diferentes grupos, o que permite afirmar que não houve interferência desse parâmetro inicial nos resultados obtidos para o ganho de hemoglobina.

Apenas a dieta à base de mortadela contendo exclusivamente SLT (100/0) apresentou ganho de hemoglobina superior ($p < 0,05$) à do padrão de sulfato ferroso (Figura 38).

As dietas de mortadelas contendo CPS nas proporções 50/50 e 0/100 em substituição à carne levaram a ganho de hemoglobina similar ($P > 0,05$) ao da mortadela-controle, enquanto aquela contendo maior concentração de SLT e sem CPS (100/0) levou ao valor mais elevado ($P < 0,05$) desse indicador nos animais (Figura 38).

À semelhança do observado no ganho de hemoglobina, as dietas contendo mortadelas com substituição da carne por SLT e, ou, CPS apresentaram diminuição ($P < 0,05$) no valor de hematócrito com a redução no teor de SLT das formulações (Figura 39).

Todas as dietas à base de mortadelas exibiram valores de hematócrito similares ($P > 0,05$) ao da dieta de sulfato ferroso (Figura 39), mas com valores absolutos superiores ao apresentado por esse padrão. Na comparação das dietas contendo SLT e CPS com o controle, também não foi observada variação ($P > 0,05$) no valor de hematócrito (Figura 39).

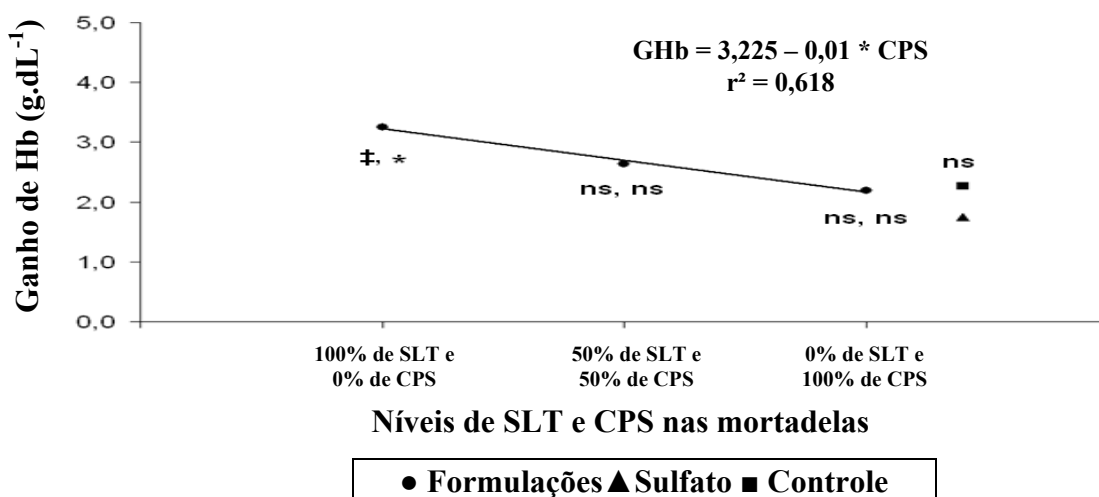


Figura 38 – Variação do Ganho de Hemoglobina (GHb) em função das distintas proporções de SLT e CPS utilizadas nas formulações e sua comparação com as formulações-controle e sulfato ferroso. ^{ns} Diferença não significativa, em relação ao controle e ao sulfato ferroso e entre o controle e o sulfato ferroso, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; ^{*} Diferença significativa em relação ao controle, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; e [‡] Diferença significativa, em relação ao sulfato ferroso e entre esta e a mortadela-controle, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.

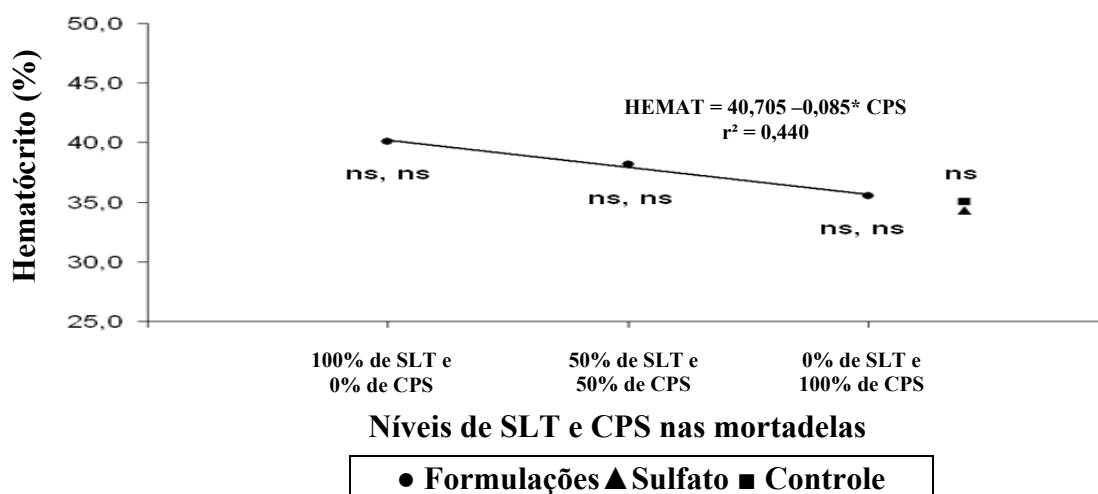


Figura 39 – Variação do Valor de Hematócrito (HEMAT) em função das distintas proporções de SLT e CPS utilizadas nas formulações e sua comparação com as formulações-controle e sulfato ferroso. ^{ns} Diferença não significativa, em relação ao controle e ao sulfato ferroso e entre controle e sulfato ferroso, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.

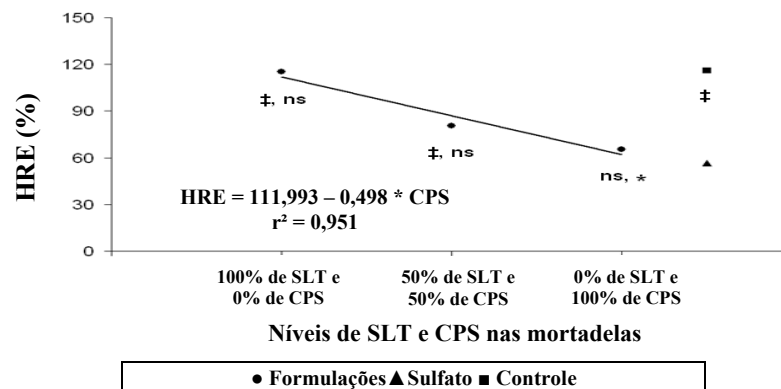
Comparando os resultados de ganho de hemoglobina e valor de hematócrito, é possível afirmar que o primeiro foi mais sensível em detectar diferenças entre as dietas. A resposta da hemoglobina diante dos diferentes níveis de sulfato ferroso é tida como mais consistente que a resposta de hematócrito, embora as diferenças entre ambos sejam pequenas. Via de regra, os resultados obtidos por essas duas técnicas foram semelhantes (WIENK et al., 1999). Como na metodologia de obtenção do valor de hematócrito algumas amostras foram perdidas em razão da coagulação no tubo capilar, o tamanho amostral foi reduzido, o que pode ter levado às diferenças observadas entre essa metodologia e a avaliação do teor de hemoglobina.

A variação no teor de gordura das formulações (10, 20 e 30%) não interferiu ($P > 0,05$) no ganho de hemoglobina e no valor de hematócrito dos animais avaliados neste estudo.

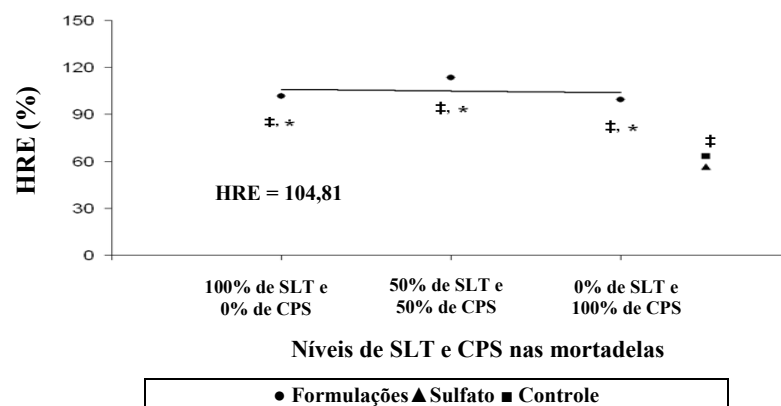
No ensaio da biodisponibilidade do ferro foi empregada ainda a avaliação da Eficiência na Recuperação da Hemoglobina (HRE), que parece refletir melhor a biodisponibilidade de ferro (ROTRUCK; LUHRSEN, 1979). Neste estudo, a utilização dessa metodologia é particularmente importante, uma vez que ela leva em consideração, além da concentração de hemoglobina, as diferenças na quantidade de ferro consumido pelos grupos experimentais e as diferenças no ganho de peso. Essas diferenças podem ocorrer, como observado, pela variação no consumo alimentar, na densidade calórica e na palatabilidade entre as dietas fornecidas aos grupos experimentais (MAHONEY et al., 1974).

A interação entre as formulações e o nível de gordura foi significativa ($P < 0,05$) para a HRE. Avaliando essa interação, observou-se que as formulações (100/0, 50/50, 0/100) afetaram ($P < 0,05$) a HRE apenas no nível de 10% de gordura (Figura 40). Nos níveis de 20 e 30% de gordura não houve interferência ($P > 0,05$) das distintas combinações de SLT/CPS na HRE (Figura 40).

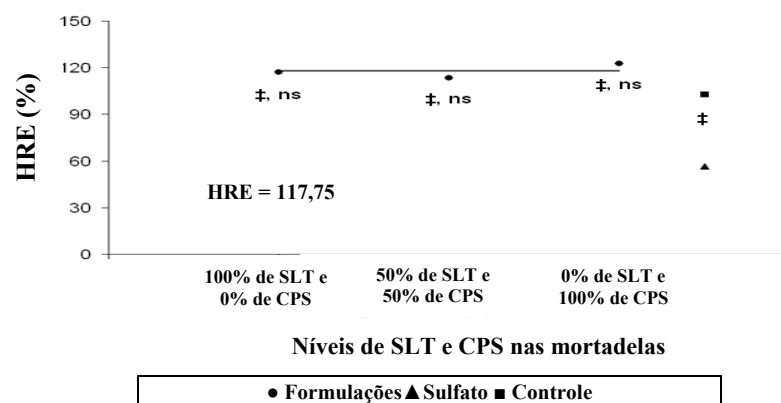
À exceção da formulação contendo apenas CPS em substituição a 20% da carne (0/100), no nível de 10% de gordura, todos os grupos de animais alimentados com dietas à base de mortadela apresentaram valores de HRE superiores ($P < 0,05$) àquele ao qual foi fornecida dieta de sulfato ferroso na concentração de 12 mg.kg^{-1} , que teve HRE de $56,47 \pm 18,00\%$.



(A)



(B)



(C)

Figura 40 – Variação da Eficiência na Recuperação de Hemoglobina (HRE) em função das distintas proporções de SLT e CPS utilizadas nas formulações e sua comparação com as formulações-controle e sulfato ferroso nos níveis de 10 (A), 20 (B) e 30% (C) de gordura. ^{ns} Diferença não significativa, em relação à formulação-controle ou ao sulfato ferroso, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; ^{*} Diferença significativa em relação à formulação-controle a de 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett; e [‡] Diferença significativa em relação à dieta de sulfato ferroso e entre esta e a mortadela-controle, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.

No nível de 10% de gordura, a formulação contendo substituição de 20% da carne da formulação por CPS (0/100) apresentou HRE inferior ($P < 0,05$) ao do respectivo controle; no nível de 20% de gordura, todas as mortadelas contendo SLT e, ou, CPS exibiram HRE superior ($P < 0,05$) à da formulação-controle. As formulações com SLT e, ou, CPS, contendo 30% de gordura do total dos ingredientes cárneos, não apresentaram variação ($P > 0,05$) na HRE em relação à sua formulação-controle.

Todas as dietas contendo SLT foram eficazes em recuperar os níveis de hemoglobina durante a fase de repleção ($HRE > 100\%$), em todos os três níveis de gordura avaliados, comprovando que a combinação do sangue e da carne é melhor do que o sulfato ferroso em restituir os níveis basais de hemoglobina. Apenas três formulações avaliadas levaram a valores de HRE menores de 81%, duas delas no nível de 10% de gordura (50/50 e 0/100) e o grupo-controle no nível de 20%. As demais mostraram HRE superior a 99%, ou seja, foram eficientes em recuperar os níveis de hemoglobina dos animais. Tais resultados eram esperados, uma vez que tanto o sangue quanto a carne são ricos em ferro heme e mesmo as formulações contendo 20% de CPS em substituição à carne continham grandes proporções dessa forma mais biodisponível de ferro.

Uma hipótese para os maiores resultados de biodisponibilidade de ferro (ganho de hemoglobina, valor de hematócrito e eficiência na recuperação de hemoglobina no nível de 10% de gordura) na presença de sangue seria a maior concentração de ferro heme nessas formulações. O sangue possui 100% do seu ferro na forma heme, mais biodisponível, enquanto a carne, entre 40 e 60% do ferro nessa forma (FONTES, 2006).

Diferentemente dos resultados deste estudo, Fontes (2006), utilizando o método de repleção de hemoglobina para avaliar a biodisponibilidade de ferro em mortadelas adicionadas de níveis crescentes de sangue (0 a 20%), observou que as dietas com mortadelas tiveram eficiência na recuperação de hemoglobina comparável à da dieta-padrão de sulfato ferroso e também foram semelhantes entre si. Ainda, as dietas com dosagens de 6, 12 e 24 mg.kg^{-1} de ferro não foram suficientes para restituir os níveis normais de hemoglobina dos ratos, no período de 14 dias. Esse autor atribui esses resultados à evidência de que a absorção de ferro heme seja processo saturável e tal saturação pode ser fator de proteção para evitar overdose de

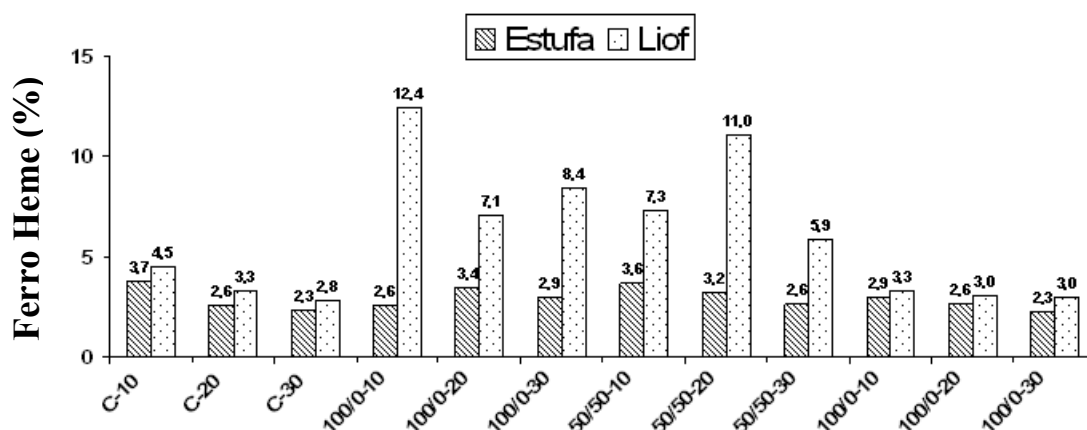
ferro quando este é proveniente principalmente do consumo de carnes ou sangue (PIZARRO et al., 2003).

Aquele mesmo autor apontou que outro fator que pode ter afetado a biodisponibilidade de ferro nos animais alimentados com dietas à base das mortadelas seria o cozimento. O ferro heme da carne ou do sangue é parcialmente convertido em ferro não heme pelo calor, em que a redução varia de 10 a 100%, de acordo com o tempo e tipo de cozimento (GARCIA et al., 1996). No experimento destes autores, as mortadelas foram submetidas à desidratação em estufa com circulação de ar a 60 °C por 12 h.

Várias pesquisas demonstram a interferência negativa do calor no conteúdo de ferro heme de produtos cárneos (JANSUITTIVECHAKUL et al., 1985; CHEN et al., 1984; SCHRICKER et al., 1982; WANG; LIN, 1994), e muitas indicam que a diminuição do conteúdo de ferro heme começa a ocorrer a partir de 55 °C (WANG; LIN, 1994; HAN et al., 1993), com início da desnaturação da mioglobina, que aumenta com o acréscimo da temperatura (LEDWARD, 1978).

Este estudo proporcionou, de maneira geral, maiores valores de ganho de hemoglobina, valor de hematócrito e HRE do que os encontrados por Fontes (2006) no nível de 12 mg.kg⁻¹ de concentração de ferro nas dietas. Considerando as pesquisas que demonstram a interferência negativa do calor na concentração de ferro heme, uma hipótese para as diferenças observadas seria a forma de desidratação das mortadelas por meio da liofilização, utilizada neste trabalho. Por meio desse processo de secagem foi possível desidratar as mortadelas sem submetê-las ao calor excessivo, o que pode ter promovido a preservação do ferro na sua forma mais biodisponível.

A partir da hipótese de que diferentes técnicas de secagem poderiam levar a distintos teores de ferro heme, procedeu-se à determinação do teor de ferro heme contido nas mortadelas desidratadas por meio da secagem em estufa (60 °C/12 h) e da liofilização. Nesse sentido, todas as mortadelas avaliadas apresentaram maior conteúdo de ferro heme quando a secagem foi executada pela técnica de liofilização (Figura 41), resultado que auxilia na explicação dos melhores resultados de biodisponibilidade de ferro observados no estudo atual do que aqueles verificados por Fontes (2006).



Níveis de SLT e CPS nas mortadelas

Figura 41 – Teor de ferro heme das mortadelas desidratadas pelos processos de secagem em estufa (60 °C/12 h) e liofilização. C-10, C-20 e C-30 (mortadelas- controle com 10, 20 e 30% de gordura, respectivamente); 100/0-10, 100/0-20 e 100/0-30 (mortadelas com SLT em substituição a 20% da carne, com 10, 20 e 30% de gordura, respectivamente); 50/50-10, 50/50-20 e 50/50-30 (mortadelas com substituição de 20% da carne por quantidades iguais de SLT e CPS, com 10, 20 e 30% de gordura, respectivamente); e 0/100-10, 0/100-20 e 0/100-30 (mortadelas com CPS em substituição a 20% da carne, com 10, 20 e 30% de gordura, respectivamente).

Enquanto a sublimação da água das mortadelas pela técnica da liofilização ocorreu em baixas temperaturas (inferiores a 25 °C), sua desidratação em estufa foi a 60 °C, por tempo relativamente longo (12 h), condição que levou à oxidação do ferro para a forma não heme em maior proporção. De fato, como já discutido, pesquisas apontam que temperaturas superiores a 55 °C acarretam perdas significativas de ferro heme.

A presença do cálcio, proveniente do concentrado proteico do soro de leite usado nas mortadelas, é outra hipótese que poderia explicar as diferenças nos resultados de biodisponibilidade de ferro observadas entre as formulações contendo SLT e CPS deste estudo (Figuras 38, 39 e 40).

O CPS (diluído para conter 20% de proteínas) utilizado nas formulações das mortadelas continha 0,088% de cálcio. Sua presença promoveu aumento da concentração de cálcio de 66 mg.kg⁻¹ nas formulações contendo iguais proporções de SLT e CPS (50/50) e 132 mg.kg⁻¹ naquelas com apenas CPS em substituição à carne

(0/100). Nessas mesmas formulações, conforme demonstrado, as concentrações de ferro foram de 74,41; 44,50; e 13,61 mg.kg⁻¹, respectivamente.

A mais debatida e bem conhecida interação entre minerais é a inibição da absorção do ferro pelo cálcio, e vários estudos com animais evidenciaram o efeito negativo do cálcio na absorção do ferro (GREIG, 1952; RANHOTA et al., 1981; BARTON et al., 1983; PRATHER; MILLER, 1992; SHACKELFORD et al., 1994).

Em relação ao tipo de ferro envolvido na inibição causada pelo cálcio, por causa do mecanismo absorptivo único e sua solubilidade elevada no pH intestinal, o ferro heme praticamente não é afetado por fatores químicos ou alimentares que possam alterar a biodisponibilidade do ferro não heme. Assim, sua absorção parece ser determinada principalmente pelo nível de ferro corporal (MARTÍNEZ et al., 1999).

A adição de cálcio a um alimento reduz a absorção de ferro não heme (LYNCH, 1997; COOK et al., 1991b), e alguns mecanismos têm sido usados para explicar tal fenômeno. Um deles seria a formação de compostos pouco absorvíveis por esses minerais em nível de lúmen intestinal (PRATHER; MILLER, 1992); o outro refere-se à alteração na absorção de ferro não heme em nível de membrana celular (borda em escova), com a competição entre os minerais pelo mesmo transportador no processo de absorção ou entrada do enterócito, mecanismo esse sustentado pela maioria dos autores (HALLBERG et al., 1992a; HALLBERG et al., 1991; BARTON et al., 1983).

O cálcio ainda pode inibir a absorção do ferro, tanto na sua forma férrica quanto na sua forma ferrosa, por influenciar na absorção do ferro pelas células da borda em escova, como mostrado em estudo realizado com ratos alimentados com diferentes quantidades de cálcio e ferro. O mecanismo de atuação parece ser provavelmente dose-dependente e ocorre quando esses elementos são administrados oralmente ou introduzidos em segmentos isolados do intestino, com efeito maximizado no duodeno e no jejuno. Observações por meio de microscópio eletrônico e avaliações quantitativas da entrada e transferência do ferro na mucosa intestinal comprovaram que o cálcio promove decréscimo na entrada do ferro nas microvilosidades das células epiteliais intestinais. Tal inibição ocorre devido à competição do cálcio com o ferro pela entrada nas células da mucosa. Ainda, neste estudo, o efeito da localização do cálcio foi examinado, e concluiu-se que o cálcio provavelmente induz a deficiência do ferro por impedir a sua absorção pela mucosa

intestinal ou por influenciar a posterior transferência do ferro dessas células para a circulação (BARTON et al., 1983).

A inibição da biodisponibilidade do ferro pelo cálcio também parece afetar a taxa de transferência deste das células da mucosa para a circulação sanguínea. Nessa conjuntura, muitos estudos vêm demonstrando que o cálcio interfere também na absorção do ferro heme e, portanto, outro mecanismo tem sido proposto para explicar a interação entre esses minerais, o qual pode ocorrer concomitantemente com os já descritos.

Os mecanismos de absorção do ferro heme e não heme são distintos, com a absorção do ferro heme ocorrendo através das células da mucosa, via receptor especial, e na forma de complexo de protoporfirina, com o posterior lançamento dentro da mucosa das células. Todavia, evidências de pesquisas apontam que os estágios finais de transporte do ferro da mucosa intestinal para o plasma são comuns nas duas formas de ocorrência desse mineral. Portanto, o mecanismo de interação acontece por intermédio da competição pelo transportador dentro da borda em escova (mobilferrina) e, ou, na saída do ferro para a circulação sanguínea através da membrana basolateral. Isso justificaria a influência do cálcio na absorção do ferro heme, uma vez que este, após entrar no enterócito, é liberado do anel de porfirina e forma um “pool” comum com o ferro não heme, seguindo as mesmas vias de transporte e metabolismo (HALLBERG et al., 1991; HALLBERG et al., 1992abc).

Nesse contexto, o trabalho realizado por Hallberg et al. (1992a) avaliou o efeito inibitório do cálcio na absorção do ferro heme em homens, e conclui que existe inibição competitiva entre o cálcio e o ferro nesses estágios finais de transporte intracelular nas células da membrana da mucosa.

Resumindo, são várias as causas da inibição da absorção do ferro pelo cálcio. Esse efeito pode estar localizado no conteúdo digestório, influenciando o balanço entre os ligantes inibidores e melhoradores da absorção. O efeito também pode estar relacionado à redução da motilidade intestinal, da área funcional para a absorção do ferro ou, ainda, do fluxo efetivo da mucosa para a corrente sanguínea. Outra possibilidade seria o efeito do cálcio no sítio dos receptores das células da mucosa intestinal, o que levaria à diminuição da absorção do ferro. Ainda, uma possibilidade adicional seria o fato de que o cálcio prejudicaria o transporte do ferro através das células da mucosa até o plasma. Como destacado, estudos prévios demonstram que o cálcio prejudica a absorção tanto do ferro heme quanto do não heme, sugerindo que o

efeito estaria localizado nas células da mucosa, apesar de não ser conhecido com exatidão os mecanismos de transferência do ferro através da mucosa que poderia ser influenciado pelo cálcio (HALLBERG et al., 1992c).

A maioria do ferro das dietas avaliadas neste estudo estaria na forma heme, uma vez que 100% do ferro do sangue e 40-70% do ferro da carne apresentam-se originalmente nessa forma. Todavia, o processamento e o tempo de estocagem levaram à oxidação da maior parte desse mineral, e, com isso, a grande maioria do ferro apresenta-se na sua forma não heme (Figura 41). Assim, considerável parte do ferro da dieta pode ter sofrido todas as possíveis interferências do cálcio proveniente do CPS relatadas pela literatura.

Complementando a avaliação do ensaio da biodisponibilidade de ferro, observou-se que a elevação do teor de gordura das dietas proporcionou maior eficiência (em valores absolutos) na recuperação de hemoglobina (HRE) dos animais (Figura 40).

O tipo e quantidade de gordura na dieta vêm sendo envolvidos na alteração da absorção e utilização de ferro em modelos animais (AMINE; HEGSTED, 1975; DROKE et al., 1996; BOWERING et al., 1977; JOHNSON et al., 1987; KAPSOKEFALOU; MILLER, 1993; PABÓN; LÖNNERDAL, 2001) e em humanos (VAN DOKKUM et al., 1983; LUKASKI et al., 2001), com dietas contendo elevados teores de gordura e mais ricas em ácidos graxos saturados (AGS), como o palmítico (C16:0) e o esteárico (C18:0), favorecendo a absorção de ferro não heme em ratos. Juntos, esses dois AGS perfazem mais de 40% do total do conteúdo de ácidos graxos da banha suína (FORREST et al., 1979), fonte da gordura utilizada neste experimento.

Os mecanismos pelos quais os triglicerídeos ou os produtos de seu metabolismo melhoram a absorção do ferro não estão ainda bem esclarecidos, assim como não se conhece com precisão a real relevância desse efeito sobre a nutrição humana. Entretanto, propõe-se um mecanismo direto e um indireto que influenciam a absorção do ferro no lúmen intestinal.

Segundo Pabón e Lönnerdal (2001), trabalhos conduzidos nas décadas de 1960 e 1970 sugerem um mecanismo direto baseado na formação de um complexo ácido graxo-ferro no lúmen intestinal, auxiliando na manutenção do ferro em solução e, assim, favorecendo a sua absorção.

Em relação à influência indireta da gordura na absorção e utilização do ferro, Periago et al. (1990) e Benediktsdottir et al. (1988) demonstraram que a composição da membrana de diferentes tipos de células pode ser modificada pela composição de gordura da dieta e que determinados ácidos graxos, especialmente o palmítico e o oleico (PABÓN; LÖNNERDAL, 2001), que representam, respectivamente, 28,3 e 47,5% do total de ácidos graxos presentes na banha suína, influenciam na absorção desse mineral pelas vesículas da borda em escova.

Outros trabalhos realizados nas décadas de 1960 e 1970 apontam que a gordura proveniente da dieta estimula a secreção da bile, a qual também pode favorecer a absorção do ferro (PABÓN; LÖNNERDAL, 2001).

Os efeitos indiretos da gordura da dieta na absorção do ferro também parecem estar relacionados à interação dos triglicerídeos ou ácidos graxos com outros minerais, que poderiam competir com o ferro durante a fase de absorção no intestino, ou pela alteração do ambiente no lúmen intestinal, favorecendo a absorção do ferro. Teoricamente, ácidos graxos podem complexar cátions, como o cálcio, que competem com o ferro pelos sítios de absorção nas bordas em escova do lúmen intestinal, produzindo condição mais favorável à absorção do ferro (PABÓN; LÖNNERDAL, 2001). Segundo Allen (1982), as gorduras saturadas das dietas formam sabões insolúveis de cálcio no lúmen intestinal, favorecendo a excreção de cálcio e, assim, diminuindo a competição do mesmo com o ferro pelos sítios de absorção.

Considerando que a formação dos sabões insolúveis ocorre ainda no lúmen intestinal, todas as prováveis formas de interferência do cálcio na absorção do ferro são afetadas, por diminuírem as quantidades de cálcio logo na entrada do intestino: competição por ligantes presentes no lúmen gastrintestinal; competição pela entrada nas células da mucosa; competição pela transferência das células da mucosa para a circulação sanguínea. Todavia, há que se notar que, embora benéficas para a absorção de ferro, dietas ricas em gorduras, especialmente as saturadas, podem levar à deficiência de absorção de cálcio.

6. RESUMO E CONCLUSÕES

O sangue animal e o soro de leite são dois coprodutos pouco utilizados pela indústria de alimentos e, por isso, apresentam-se como problema para o setor, principalmente no que diz respeito ao potencial poluidor. Todavia, tanto o sangue quanto o soro poderiam ter seu emprego como ingredientes largamente ampliado, uma vez que possuem características nutricionais e tecnológicas que justificam sua utilização.

Visando viabilizar a utilização do sangue e do soro de leite como ingredientes pela indústria de carnes, estudou-se o efeito da substituição de 20% da carne por distintas combinações (100/0, 75/25, 50/50, 25/75 e 0/100) de sangue líquido tratado com monóxido de carbono (SLT) e concentrado proteico de soro de leite reconstituído (CPS), em formulações de mortadelas elaboradas com três níveis de gordura (10, 20 e 30%). Foram avaliadas as características físicas (textura instrumental e cor objetiva), químicas (composição centesimal, ferro total, ferro heme, ferro não heme e estabilidade de emulsão de massas cruas e mortadelas cozidas), a qualidade nutricional (qualidade proteica e biodisponibilidade de ferro) e a aceitação de mortadelas, comparando-as com aquelas de mortadelas-controle (sem substituição de carne e em cada um dos níveis de gordura).

A variação nos teores de SLT e CPS nas formulações não influenciou ($P > 0,05$) a composição centesimal das mortadelas, e nenhuma dessas formulações diferiu ($P > 0,05$) da formulação sem SLT ou CPS (controle), o que se justifica pela semelhança entre a composição do SLT, do CPS (reconstituído para 20% de

proteína) e da carne utilizada. Todavia, os teores de água e proteínas diminuíram ($P < 0,05$), enquanto os teores de lipídios aumentaram ($P < 0,05$) com a elevação da quantidade de gordura nas formulações. O teor de ferro aumentou com o incremento da concentração de SLT, e formulações com conteúdo de SLT igual ou superior ao de CPS apresentaram concentração desse mineral ($P < 0,05$) maior do que a formulação-controle. Em contrapartida, a variação no teor de gordura não interferiu ($P > 0,05$) no conteúdo de ferro das formulações.

Houve perda ($P < 0,05$) da estabilidade de emulsão das massas cruas das mortadelas com o aumento no teor de CPS nas formulações. Porém, quando avaliada nas mortadelas cozidas, a estabilidade de emulsão não sofreu alteração ($P > 0,05$) nas diferentes concentrações de SLT e CPS. Ainda assim, nenhuma das formulações contendo SLT e, ou, CPS diferiu da formulação-controle, indicando semelhança nas características das proteínas da carne, do sangue e do soro de leite na emulsificação e manutenção das emulsões de mortadelas cozidas.

O aumento do teor de gordura também levou à perda ($P < 0,05$) da estabilidade de emulsão, principalmente quando foram avaliadas mortadelas cozidas.

No que se refere à avaliação da cor, as distintas combinações de SLT e CPS apresentaram diferentes valores de L^* , a^* , b^* e escurecimento. O aumento da concentração de sangue (ou diminuição do CPS) reduziu ($P < 0,05$) os valores de L^* , b^* e escurecimento e aumentou ($P < 0,05$) o valor de a^* , o que é explicado, principalmente, pela quantidade e estabilidade de pigmentos heme presentes no sangue tratado com CO.

Somente a formulação contendo apenas CPS (0/100) apresentou valores de L^* , a^* , b^* e escurecimento semelhantes ($P > 0,05$) aos da formulação-controle, indicando que o sangue, mesmo em menores proporções, exerce forte influência na cor das mortadelas.

À exceção do valor de b^* , que aumentou com o incremento do teor de gordura nas formulações, o teor de gordura não exerceu efeito ($P > 0,05$) em nenhum dos atributos de cor avaliados neste estudo; o aumento de b^* é atribuído à coloração amarelada da gordura.

Maiores teores de CPS e de gordura levaram a menores valores de ΔE^* , devido à menor presença de pigmentos heme nas formulações.

Os atributos de textura não variaram ($P > 0,05$) em função das diferentes misturas de SLT/CPS usadas na elaboração das mortadelas experimentais.

Entretanto, embora a elasticidade e a coesividade não tenham sido influenciadas ($P > 0,05$) pela substituição de carne por nenhuma das misturas de SLT/CPS, a dureza e a mastigabilidade de mortadelas formuladas pela substituição de carne por CPS em níveis iguais ou superiores aos de SLT foram ($P < 0,05$) menores que aqueles das mortadelas- controle. Já as mortadelas formuladas pela substituição de carne por misturas de SLT e CPS, em que o nível de SLT era superior ao de CPS, não apresentaram diferença em nenhum dos atributos de textura.

O aumento no teor de gordura nas formulações levou à diminuição ($P < 0,05$) de todos os atributos de TPA, o que se justifica pela modificação na composição centesimal das formulações.

Todos os atributos sensoriais, especialmente a cor, que apresentou escores sensoriais variando entre “desgostei ligeiramente” e “indiferente”, ao se substituir toda a carne por SLT (100/0), pioraram ($P < 0,05$), com aumento nos níveis de SLT nas formulações das mortadelas. Entretanto, independentemente das misturas de SLT/CPS, o sabor e a impressão geral das mortadelas experimentais receberam notas compreendidas entre o “gostei ligeiramente” e o “gostei muito”, indicando boa aceitação das mortadelas formuladas pela substituição de carne por SLT e CPS.

Maiores teores de gordura proporcionaram notas de sabor mais elevadas ($P < 0,05$) e não influenciaram ($P > 0,05$) nos demais atributos sensoriais avaliados.

Embora o PER e o NPR das mortadelas tenham sido sempre inferiores àqueles da dieta-padrão de caseína, a qualidade proteica das mortadelas foi adequada, não sendo afetada ($P < 0,05$) pela substituição de carne por SLT e CPS ou pelos diferentes níveis de SLT e CPS empregados. Isso indica que, apesar da deficiência, especialmente do sangue, em alguns aminoácidos a substituição de 20% de carne por qualquer dessas fontes proteicas não compromete o adequado crescimento dos animais. Apesar de a digestibilidade das formulações de mortadelas ter sido sempre inferior ou igual àquela da dieta-padrão de caseína, todas apresentaram valores de digestibilidade elevado ($> 93,85\%$) e condizente com aquela de produtos de origem animal.

O aumento no teor de gordura nas formulações levou a maiores valores ($P < 0,05$) de ganho de peso, CEA, PER e NPR, que podem ter sido devidos à gordura e não às proteínas das dietas fornecidas aos animais.

Conforme demonstrado pelo Ganho de Hemoglobina (GHb) e Valor de Hematócrito (HEMAT), a biodisponibilidade de ferro das mortadelas aumentou

($P < 0,05$) com o incremento nos níveis de SLT (diminuição nos níveis de CPS) em substituição à carne, o que se deve ao maior teor de ferro heme e menor competição com os sítios comuns de absorção desses dois minerais nas formulações contendo mais sangue. Entretanto, apenas em mortadelas formuladas com níveis de SLT maiores que aqueles de CPS o GHb foi maior ($P < 0,05$) que aquele das mortadelas-controle. Independentemente da relação entre SLT e CPS, o HEMAT de nenhuma das formulações diferiu daquele da mortadela-controle.

Para mortadelas formuladas com 10% de gordura, mas não para aquelas formuladas com 20% e 30% de gordura, a Eficiência na Recuperação de Hemoglobina (HRE) aumentou ($P > 0,05$) com o incremento nos níveis de SLT (diminuição nos níveis de CPS). Em mortadelas formuladas com 10% de gordura, apenas quando se substituiu toda a carne por CPS se observou ($P < 0,05$) HRE inferior àquele da mortadela-controle. Ao elaborar mortadelas com 20% de gordura, independentemente do nível de SLT ou CPS, verificou-se que a HRE de todas as formulações experimentais foi superior ($P < 0,05$) à das mortadelas-controle. Ao passo que, ao elaborar mortadelas com 30% de gordura, constatou-se que a HRE das mortadelas experimentais não diferiu daquela da mortadela-controle.

Formulações contendo mais gordura apresentaram ($P > 0,05$) maior Eficiência na Recuperação de Hemoglobina (HRE), o que se deveu ao efeito positivo da gordura sobre a absorção de ferro e à sua inibição da ligação do cálcio pelos sítios comuns de absorção desses dois minerais.

Os resultados indicaram ser viável, do ponto de vista tecnológico e nutricional, a utilização de sangue e soro de leite em formulações de mortadelas, em distintos níveis de utilização de gordura.

Como a utilização de níveis elevados de sangue em substituição à carne, apesar de nutricionalmente mais vantajosa (maior absorção de ferro), leva ao escurecimento das mortadelas, prejudicando a sua aceitação, recomenda-se a formulação de mortadelas com substituição de carne por partes iguais de sangue e soro de leite. Recomenda-se também formular mortadelas com 20% de gordura, já que, além de conferir apelo *light* a estes produtos, a gordura melhora a absorção de ferro, minimizando os efeitos nutricionais negativos de se reduzir a quantidade de sangue adicionado.

7. RECOMENDAÇÕES FUTURAS

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

- 1) Avaliar as propriedades reológicas e funcionais das proteínas da carne, do sangue e do concentrado proteico de soro de leite, especialmente nas condições de elaboração de mortadelas (pH, concentração e tipo de sais, binômio tempo/temperatura de processamento etc.) usadas neste experimento.
- 2) Aprofundar o estudo da modificação da estrutura química dos pigmentos presentes nas mortadelas formuladas com sangue líquido tratado com monóxido de carbono e concentrado proteico de soro de leite e sua influência nas características de cor dos produtos elaborados.
- 3) Realizar testes toxicológicos com as mortadelas adicionadas de sangue tratado com CO, segundo as exigências dos protocolos atuais.
- 4) Realizar análise de viabilidade econômica para aquisição de tecnologia que, incorporada às empresas frigoríficas, permita a utilização do sangue e soro de leite em embutidos cárneos.

REFERÊNCIAS

ABDEL-AZIS, S.; HUSSEIN, L.; ESMAIL, S.; EI-AWADI, N. *In vivo* rat assay for true protein digestibility and protein quality of beef and meat products extended with soy protein. **Int. J. Food Sci. Nutr.**, v.48, p.51-56, 1997.

ADICON – Indústria e Comércio de Aditivos Ltda. **Mortadela**. São Bernardo do Campo, SP. [199_] (Boletim Técnico).

AHMED, P.O.; MILLER, M.F.; LYON, C.E.; VAUGHTERS, H.M.; REAGAN, J.O. Physical and sensory characteristics of low-fat fresh pork sausages processed with various levels of added water. **Journal of Food Science**, v.55, p.625-628, 1990.

AHN, D.U.; WOLFE, F.H.; SIM, J.S. Three methods for determining nonheme iron in turkey meat. **Journal of Food Science**, v.58, n.2, p.288-291, 1993.

ALLEN, L.H. Calcium bioavailability and absorption: a review. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.35, p.783-808, 1982.

AMINE, E.K.; HEGSTED, D.M. Effect of dietary carbohydrates and fats on inorganic iron absorption. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.23, p.203-208, 1975.

AMINE, E.K.; HEGSTED, D.M. Effect of diet on iron absorption in iron-deficient rats. **Journal Nutritional**, v.101, p.927-936, 1971.

ANDRÈS, S.; ZARITZKY, N.; CALIFANO, A. The effect of whey protein concentrates and hydrocolloids on the texture and colour characteristics of chicken sausages. **International Journal of Food Science and Technology**, v.41, p.954-961, 2006.

ANTONINI, E.; BRUNORI, M. Hemoglobin and myoglobin in their reactions with ligands. In: NEUBERGER, A.; TATUM, E.L. (Eds.). **Frontiers of Biology**. Amsterdam, 1971. v.21, 436 p.

ANTUNES, A.E.C.; MOTTA, E.M.P.; ANTUNES, A.J. Perfil de textura e capacidade de retenção de água de géis ácidos de concentrado proteico de soro de leite. **Ciência e tecnologia de alimentos**, v.23, p.183-189, 2003.

ANUALPEC 2008. **Anuário da Pecuária Brasileira**. 14. ed. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2008. 369 p.

ARAÚJO, J.M.A. **Química de alimentos**. 2. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 1999. 416 p.

AOAC – ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 16th ed. Washington, D.C., 1995.

BAKER, R.C.; DARFLER, J.; VADHERA, D.V. Type and level of fat and amount of protein and their effect on the quality of chicken frankfurters. **Food Technology**, v.23, n.1, p.808-811, 1969.

BANAVARA, D.S.; ANUPAMA, D.; RANKIN, S.A. Studies on Physicochemical and Functional Properties of Commercial Sweet Whey Powders. **Journal of Dairy Science**, v.86, p.3866-3875.

BARBUT, S. Effects of caseinate, whey and milk powders on the texture and microstructure of emulsified chicken meat batters. **LWT**, v.39, p.660-664, 2006.

BARTON, J.C.; CONRAD, M.E.; PARMLEY, R.T. Calcium inhibition of inorganic iron absorption in rats. **Gastroenterology**, v.34, p.90-101, 1983.

BATES, R.P.; WU, L.C.; MURPHY, B. Use of animal blood and cheese whey in bread: nutritive value and acceptance. **Journal of Food Science**, v.39, p.585-587, 1974.

BELKOT, Z. The nutritional value of cattle blood. **Medycyna weterynaryjna**, v.57, n.6, p.412-414, 2001.

BENDER, F.E.; DOUGLAS, L.W.; KRAMER, A. **Statistical methods for food and agriculture**. Westport: Avi Publishing Company, 1982. p.91-94.

BENEDIKTSDOTTIR, V.E.; GUDBJARNASON, S. Reversible alterations in fatty acid composition of heart muscle membrane phospholipid class distribution and fatty acid composition in rat fat cell plasma membrane. **Journal of Lipid Research**, v.29, p.765-772, 1988.

BENEVENUTO JÚNIOR, A.A. **Avaliação de rendimento de carcaça e de qualidade da carne de suínos comerciais, nativos e cruzados**. 2001. 94 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2001.

BEUSCHEL, B. C.; PARTRIDGE, J. A.; SMITH, D. M. Insolubilized whey protein concentrate and/or chicken salt-soluble protein gel properties. **Journal of Food Science**, v.57, p.852-855, 1992.

BEUX, S. **Avaliação do tratamento de efluente de abatedouro em digestores anaeróbios de duas fases**. 2005. 99 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, PR, 2005.

BIZZOTTO, C.S.; CAPOBIANGO, M.; SILVESTRE, M.C. evaluation of functional properties of a blood protein. **Pakistan Journal of Nutrition**, v.4, n.1, p.11-16, 2005.

BOUKLAS, J.G.; PANERAS, E.D. Substituting olive oil for pork back fat affects quality of low-fat frankfurters. **Journal of Food Science**, v.58, p.705-709, 1993.

BOWERING, J.; MASCH, G.A.; LEWIS, A.R. Enhancement of iron absorption in iron depleted rats by increasing dietary fat. **Journal of Nutrition**, v.107, p.1687-1693, 1977.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Inspeção de Produtos de Origem Animal. **Regulamento de inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/sda/dipoa>>. Acesso em: 6 Fev. 2008.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Área técnica de alimentação e nutrição, 2002**. Disponível em: <<http://www.saude.gov.br/sps/areastecnicas/carencias/index/html>>. Acesso em: 3 Fev. 2002.

BREWER, M.S.; WU, S.; FIELD, R.A.; RAY, B. Carbon monoxide effects on color and microbial counts of vacuum packaged beef steaks in refrigerated storage. **Journal of Food Quality**, v.17, p.231-236, 1994.

CALDIRONI, H.A.; OCKERMAN, H.W. Incorporation of blood proteins into sausage. **Journal of Food Science**, v.47, p.405-408, 1982.

CAMOU, J.P.; SEBRANEK, J.G.; OLSON, D.G. Effect of heating rate and protein concentration on gel strength and water loss of muscle protein gels. **Journal of Food Science**, v.54, p.850-854, 1989.

CARBALLO, J.; MOTA, N.; BARRETO, G.; JIMÉNEZ COLMENERO, F. Binding properties and color of bologna sausage made with varying fat levels, protein level and cooking temperature. **Meat Science**, v.41, p.301-313, 1995.

CARPENTER, C.E.; MAHONEY, A.W. Contributions of heme and nonheme iron to human nutrition. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.31, n.4, p.333-367, 1992.

CARPENTER, K.J. Background paper 2: possible importance of protein digestibility and bioavailability of amino acids. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.40, n.3, p.675-685, 1984.

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

CENGIZ, E.; GOKOGLU, N. Effects of fat reduction and fat replacer addition on some quality characteristics of Frankfurter-type sausages. **International Journal of Food Science and Technology**, v.42, p.366-372, 2007.

CHAVES, J. B. P.; SPROESSER, R. L. **Práticas de laboratório de análise sensorial de alimentos e bebidas**. Viçosa, MG: UFV, Imprensa Universitária, 1996. 81 p.

CHAVES, J.B.P. **Métodos de diferença em avaliação sensorial de alimentos e bebidas**. Viçosa, MG: UFV, Imprensa Universitária, 2001. 91 p. (Cadernos Didáticos, 33).

CHEN, C.C.; PEARSON, A.M.; GRAY, J.I.; FOOLADI, M.H.; KU, P.K. Some factors influencing the nonheme iron content of meat and its implication in oxidation. **Journal of Food Science**, v.49, p.581-584, 1984.

CLAUS, J.R.; HUNT, M.C.; KASTNER, C.L.; KROPF, D.H. Low-fat, high-added water bologna: effects of massaging, preblending, and time of addition of water and fat on physical and sensory characteristics. **Journal of Food Science**, v.55, p.338-341; 345, 1990.

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

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

COLMENERO, F.J.; BARRETO, G.; MOTA, N.; CARBALLO, J. Influence of protein and fat content and cooking temperature on texture and sensory evaluation of bologna sausage. **Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie**, v.28, n.5, p. 481-487, 1995.

COOK, J.D.; DASSENKO, S.A.; WHITTACKER, P. Calcium supplementation: effect on iron absorption. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.53, n.1, p.106-111, 1991b.

COOK, J.D.; MONSEN, E.R. Food iron absorption in human subjects. III. Comparison of the effect of animal proteins on nonheme iron absorption. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.29, p.859-867, 1976.

COZZOLINO, S.M.F. **Biodisponibilidade de Nutrientes**. 2. ed. São Paulo: Manole, 2007. 992 p.

CREAMER, L.K.; MACGIBBON, A.K.H. Some Recent Advances in the Basic Chemistry of Milk Proteins and Lipids. **International Dairy Journal**, v.6, p.539-568, 1996.

CRENWELGE, D.D.; DILL, C.W.; TYBOR, P.T.; LANDMANN, W.A. A comparison of the emulsification capacities of some protein concentrates. **Journal of Food Science**, v.39, n.1, p.175-177, 1974.

CRISTIANI-URBINA, E.; NETZAHUATL-MUÑOZ, A.R.; MANRIQUEZ-ROJAS, F.J.; JUÁREZ-RAMÍREZ, C.; RUIZ-ORDAZ, N.; GALÍNDEZ-MAYER, J. Batch and fed-batch cultures for the treatment of whey with mixed yeast cultures. **Process Biochemistry**, v.35, p.649-657, 2000.

DA COSTA, E.I. **Efeito do processamento térmico e enzimático na obtenção de hidrolisados do isolado proteico do soro de leite com atividade anti-hipertensiva**. Campinas, SP: UNICAMP, 2004. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2004.

DA SILVA, S.B.; MELLADO, M. Elaboração de um biscoito de chocolate enriquecido com sangue bovino. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 14., 1994, São Paulo. **Resumos...** São Paulo, 1994. p.86.

DÀVILA, E.; PARÉS, D.; CUVELIER, G.; RELKIN, P. Heat-induced gelation of porcine blood plasma proteins as affected by Ph. **Meat Science**, v.76, p.216-225, 2007.

DE WIT, J.N. Nutritional and functional characteristics of whey proteins in food products. **Journal of Dairy Science**, v.81, p.597-608, 1998.

DE WIT, J.N. Nutritional and functional characteristics of whey proteins in food products. **Journal of Dairy Science**, v.81, p.597-608, 1998.

DEL HOYO, P.; RENDUELES, M.; DÍAS, M. Effect of processing on functional properties of animal blood plasma. **Meat Science**, v.78, p.522-528, 2008.

DEL NOBILE, M.A.; CONTE, A.; INCORONATO, A.L.; PANZA, O.; SEVI, A.; MARINO, R. New strategies for reducing the pork back-fat content in typical Italian salami. **Meat Science**, v.81, p.263-269, 2009.

DEL RIO DE REYS, M.T.E.; CONSTANTINIDES, S.M.; SGARBIERI, V.C.; EL-DASH, A.A. Chicken blood plasma proteins: physicochemical, nutritional and functional properties. **Journal of Food Science**, v.45, n.1, p.17-20, 1980.

DELANEY, R.A.M. Protein concentrates from slaughter animal blood. I. Preparation and purification of red blood cell concentrates. **Journal of Food Technology**, v.12, p.339-354, 1977.

DESA – Departament of Economic and Social Affairs. Population Newsletter. **World Urbanization Prospects: The 2005 Revision**, New York, United Nations Secretariat, n.81, p.1-20, 2006.

DESMOND, E.M.; TROY, D.J.; BUCKLEY, D.J. 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, p.653-657, 1998.

DETONI, T.L.; DONDONI, P.C.; PADILHA, E.A. A escassez da água: um olhar global sobre a sustentabilidade e a consciência acadêmica. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2007, Foz do Iguaçu. **Resumos...** Foz do Iguaçu, PR, 2007.

DUARTE, R.T.; SIMÕES, M.C.C.; SGARBIERI, V.C. Bovine blood components: fractionation, composition, and nutritive value. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.47, p.231-236, 1999.

EDMONDSON, J.E.; GRAHAM, D.M. Animal protein – substitutes and extenders. **Journal of Animal Science**, v.41, n.3, p.698-702, 1975.

ELLEKJAER, M.R.; NAES, T.; BAARDSETH, P. Milk proteins affect yield and sensory quality of cooked sausages. **Journal of Food Science**, v.3, n.61, p.660-666, 1996.

EL-MAGOLI, S.; LAROIÁ, S.; HANSEN, P. M. T. 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.

EL-MAGOLI, S.B.; LAROIAB, S.; HANSED, P.M.T. 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.

EMERY, T. Iron oxidation by casein. **Biochem Biophys Res Commun**, v.182, n.3, p.1047-1052, 1992.

ENSOR, S.A.; MANDIGO, R.W.; CALKINS, C.R.; QUINT, L.N. Comparative evaluation of whey protein concentrate, soy protein isolate and calcium-reduced nonfat dry milk as binders in an emulsion-type sausage. **Journal of Food Science**, v.52, p.1155-1158, 1987.

FAO. **Animal blood-processing and utilization**. Rome: FAO, 1982. 101 p. (FAO Agricultural Services Bulletin).

FERREIRA, V.L.P.; FERNANDES, S.V.; YOTSUYANAGI, K. The colour of chicken and pork meat loaf with added cured bovine blood as evaluated by the Rab, Hunter Lab, L* a* b* and XYZ CIE systems. **Revista Española de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.34, n.3, p.311-322, 1994.

FIGUEIREDO, V.O.; BORGES, S.V.; DELLA MODESTA, R.C. Influência dos substitutos de gordura animal sobre a qualidade da salsicha tipo Viena. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.5, p.11-17, 2002.

FIGUEIREDO, V.O.; BORGES, S.V.; MODESTA, R.C.D. Influência dos Substitutos de Gordura Animal sobre a Qualidade da Salsicha Tipo Viena. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.5, p.11-17, 2002.

FOEGEDING, E.A.; DAVIS, J.P.; DOUCET, D.; MCGUFFEY, M.K. Advances in modifying and understanding whey protein functionality. **Trends in Food Science & Technology**, v.13, p.151-159, 2002.

FONTES, P.R. **Estudo da estabilidade da cor do sangue suíno tratado com monóxido de carbono**. 1999. 140 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1999.

FONTES, P.R. **Estudo da estabilidade da cor do sangue suíno tratado com monóxido de carbono**. Viçosa, MG: UFV, 1999, 140p. Tese (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos)-Universidade Federal de Viçosa, 1999.

FONTES, P.R. **Valor proteico, biodisponibilidade de ferro e aspectos toxicológicos de mortadelas formuladas com sangue tratado com monóxido de carbono**. 2006. 168 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2006.

FONTES, P.R.; GOMIDE, L.A.M.; FONTES, E.A.F.; RAMOS, E.M.; RAMOS, A.L.S. Composition and color stability of carbon monoxide treated dried porcine blood. **Meat Science**, v.85, p.472-480, 2010.

FONTES, P.R.; GOMIDE, L.A.M.; RAMOS, E.M.; STRINGHETA, P.C.; PARREIRAS, J.F.M. Color evaluation of carbon monoxide treated porcine blood. **Meat Science**, v.68, p.507-513, 2004.

FONTES, P.R.; GOMIDE, L.A.M.; RAMOS, E.M.; STRINGHETA, P.C.; PARREIRA, J.F.M. Color evaluation of carbon monoxide treated porcine blood. **Meat Science**, v.68, p.507-513, 2004.

FORSUM, E. biological evaluation of wheat supplemented by a whey protein concentrate or whey cheese on growing rats. **Journal of Dairy Science**, v.62, p.1207-1210, 1979.

FORSUM, E. Nutrition evaluation of whey protein concentrates and their fractions. **Journal of Dairy Science**, v.57, p.665-670, 1974.

FREITAS, M.Q.; SILVA, T.J.P.; MANO, S.B.; CHAVES, J.B.P. Medidas instrumentais de textura e cor, em mortadela produzida com carne mecanicamente separada de frango. **Higiene Alimentar**, v. 18, n.126/127, p.66-70, 2004.

FRIEDMAN, M. **Protein nutritional quality of food and feeds**: nutrition and clinical nutrition. New York: Marcel Dekker, 1975. v.1, 626 p.

GARCIA, M.N.; MARTINEZ-TORRES, C.; LEETS, I.; TROPPER, E.; RAMIREZ, J.; LAYRISSE, M. Heat treatment on heme iron and iron-containing proteins in meat: iron absorption in humans from diets containing cooked meat fractions. **The Journal of Nutritional Biochemistry**, v.7, p.49-54, 1996.

GIDDINGS, G.G. The basis of color in muscle foods. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.8, p.81-113, 1977.

GÖBLÖS, S.; PORTÖRÓ, P.; BORDÁS, D.; KÁLMÁN, M.; KISS, I. Comparison of the effectivities of two-phase and single-phase anaerobic sequencing batch reactors during dairy wastewater treatment. **Renewable Energy**, v.33, p.960-965, 2008.

GOMIDE, L.A.M. **Efeitos da relação umidade**: proteína e do teor de gordura sobre a estabilidade de salsichas enlatadas. 1985. 56 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1985.

GOMIDE, L.A.M.; PEREIRA, A.S. **Emulsões cárneas**. Viçosa, MG: UFV, Imprensa Universitária, 1989. (Apostila).

GOMIDE, L.A.M.; PEREIRA, A.S.; GOMES, J.C. Efeito da relação umidade:proteína sobre a estabilidade da emulsão de salsichas enlatadas. **Boletim SBCTA**, v. 21, n. 3/4, p.170-178, 1987.

GORBATOV, V.M. Collection and utilization of blood proteins for edible purposes in the USSR. In: PEARSON, A.M.; DUTSON, T.R. (Eds.). **Advances in meat research**. New York: Elsevier Applied Science, 1988. v.5, p.167-195.

GOULART, M.D.C.; CALLISTO, M. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. **Revista da FAPAM**, v.2, n.1, 2003.

GREENE, B.E.; PRICE, L.G. Oxidation-induced color and flavor changes in meat. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.23, n.2, p.164-167, 1975.

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

GRIGELMO-MIGUEL, N.; ABADÍAS-SERÓS, M.I.; MARTÍN-BELLOSO, O.A. Characterisation of low-fat high-dietary fiber frankfurters. **Meat Science**, v.52, p.247-256, 1999.

GUJRAL, H.S.; KAUR, A.; SINGH, N.; SODHI, N.S. 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, p.377-385, 2002.

GUZMAN, J.C.; MCMILLIN, K.W.; BIDNER, T.D.; DUGAS-SIMS, S.; GODBER, J.S. Texture, color and sensory characteristics of ground beef patties containing bovine blood proteins. **Journal of Food Science**, v.60, n.4, p.657-660, 1995.

HAAST, J.; MORRESSEY, P.A.; FOX, P.F Protein co-precipitates from milk and blood plasma: preparation and investigation of some functional properties. **Journal of Science of Food and Agricultural**, v.39, p.253-265, 1987.

HALL, W.L.; MILLWARD, D.J.; LONG, S.J.; MORGAN, L.M. Casein and whey exert different effect on plasma amino acids profiles, gastrointestinal hormone secretion and appetite. **British Journal of Nutrition**, v.89, n.2, p.239-248, 2003.

HALLBERG, L.; BRUNE, M.; ERLANDSSON, M.; SANDBERG, A.; ROSSANDER-HULTHÉN, L. Calcium: effect of different amounts on nonheme and heme-iron absorption in humans. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.53, p.112-119, 1991.

HALLBERG, L. Does calcium interfere with iron absorption? **Amer. J. Clin. Nutr.**, v. 68, p.3-4, 1998.

HALLBERG, L.; HULTHEN, L. Prediction of dietary iron absorption: an algorithm for calculating absorption and bioavailability of dietary iron. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.71, p.1147-60, 2000.

HALLBERG, L.; ROSSANDER-HÚLTHÉN, L.; BRUNE, M.; GLEERUP, A. Bioavailability in man of iron in human milk and cow's milk in relation to their calcium contents. **Pediatrics Research**, v.31, n.5, p.524-527, 1992b.

HALLBERG, L.; ROSSANDER-HÚLTHÉN, L.; BRUNE, M.; GLEERUP, A. Calcium and iron absorption: mechanisms of action and nutrition importance. **European Journal Clinical Nutrition**, v.46, n.5, p.317-327, 1992c.

HALLBERG, L.; ROSSANDER-HÚLTHÉN, L.; BRUNE, M.; GLEERUP, A. Inhibition of heme-iron absorption in man by calcium. **British Journal of Nutrition**, v.69, n.2, p.533-540, 1992a.

HALLIDAY, D.A. Blood – A source of proteins. **Process Biochemistry**, v.8, n.12, p.15-17, 1973.

HALLIDAY, D.A. Blood – A source of proteins. **Process Biochemistry**, v.10, n.4, p.11-12, 1975.

HALLING, P.J. Protein-stabilized foams and emulsions. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.15, p.155-204, 1981.

HAN, D.; McMILLIN, K.W.; GODBER, J.S.; BIDNER, T.D.; YOUNATHAN, M.T.; MARSHALL, D.L.; HART, L.T. Iron distribution in heated beef and chicken muscles. **Journal of Food Science**, v.58, n.4, p.697-700, 1993.

HARAGUCHI, F.K.; ABREU, W.C.; DE PAULA, H. Proteínas do soro de leite: composição, propriedades nutricionais, aplicações no esporte e benefícios para a saúde humana. **Revista de Nutrição**, v.19, n.4, p.479-488, 2006.

HARPER, J.P.; SUTER, D.A.; DILL, C.W.; JONES, E.R. Effects of heat treatment and protein concentration on the rheology of bovine plasma protein suspensions. **Journal of Food Science**, v.43, p.1204-1209, 1978.

HAUPTLI, L.; LOVATTO, P.A.; SILVA, J.H.S.; GARCIA, G.G.; JÚNIOR, B.S.B.; OLIVEIRA, J.L.S. Níveis de soro de leite integral na dieta de leitões na creche. **Ciência Rural**, v.35, n.5, p.1161-1165, 2005.

HAYES, J.E.; DESMOND, E.M.; TROY, D.J.; BUCKLEY, D.J.; MEHRA, R. The effect of whey protein-enriched fractions on the physical and sensory properties of frankfurters. **Meat Science**, v.71, p.238-243, 2005.

HEGSTED, D.M. Protein quality and its determination. In: WHITAKER, J.R.; TANNENBAUM, S.R. (Eds.). **Food proteins**. Westport: AVI Publishing, 1977. p.347-362.

HERMANSSON, A.M. Gel characteristics – Compression and penetration of blood plasma gels. **Journal of Food Science**, v.47, p.1960-1964, 1982.

HERNÁNDEZ, M.; MONTALVO, I.; SOUZA, V.; SOTELO, A. The protein efficiency ratios of 30:70 mixtures of animal vegetable protein are similar or higher than those of animal foods alone. **Journal Nutritional**, v.126, p.574-581, 1996.

HONGSPRABHAS, P.; BARBUT, S. Use of cold-set whey protein gelation to improve poultry meat batters. **Poultry Science**, v.79, p.1074-1078, 1999.

HORNSEY, H.C. The color of cooked cured pork. I. Estimation of the nitric oxide-haem pigments. **Journal Science Food Agricultural**, v.7, p.534-540, 1956.

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

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

HUNT, M.C.; ACTON, J.C.; BENEDICT, R.C.; CALKINS, C.R.; CORNFORTH, D.P.; JEREMIAH, L.E.; OLSON, O.G.; SALM, C.P.; SAVELL, J.W.; SHIVAS, S.D. Guidelines for meat color evaluation. In: ANNUAL RECIPROCAL MEAT CONFERENCE, 44., 1991, Manhattan. **Proceedings...** Manhattan: American Meat Science, 1991. p.232-249.

HURRELL, R.F. Bioavailability of iron. **The European Journal of Clinical Nutrition**, v.51, p.4-8, 1997. Suppl., 1.

HURRELL, R.F.; LYNCH, T.P.T.; DASSENKO, S.A.; COOK, J. Ion absorption in humans as influenced by bovine milk proteins. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.49, p.546-552, 1989.

INSTITUTE OF MEDICINE. **DRI** – Dietary Reference Intakes for vitamin A, vitamin K, arsenic, boron, chromium, copper, iodine, iron, manganese, molybdenum, nickel, silicon, vanadium, and zinc. Washington, D.C.: National Academic Press, 2000. Disponível em URL: <<http://www.nap.edu>>.

JACKSON, L.S.; LEE, K. The effect of dairy products on iron availability. **Critical Review Food Science Nutrition**, v.31, n.4, p.259-270, 1992.

JANSUITTIVECHAKUL, O.; MAHONEY, A.W.; CORNFORTH, D.P.; HENDRICKS, D.G.; KANGSADALEMPAI, K. Effect of heat treatment on bioavailability of meat and hemoglobin iron fed to anemic rats. **Journal of Food Science**, v.50, p.407-409, 1985.

JAYASINGH, P.; CORNFORTH, D.P.; CARPENTER, C.E.; WHITTIER, D. Evaluation of carbon monoxide treatment in modified atmosphere packaging or vacuum packaging to increase color stability of fresh beef. **Meat Science**, v.59, p.317-324, 2001.

JEWELL, D.K.; KENDRICK, J.G.; SATTERLEE, L.D. The DC-PER assay: a method for predicting protein quality solely from amino acid compositional data. **Nutrition Reports International**, v.21, p.25-38, 1980.

JOHNSON, E.J.; LUKASKI, H.C.; BOWMAN, T.D. Effects of level and saturation of fat and iron level and type in the diet on iron absorption and utilization by the rat. **Journal of Nutrition**, v.117, p.501-507, 1987.

KAPSOKEFALOU, M.; MILLER, D.D. Iron speciation in intestinal contents of rats fed meals composed of meat and nonmeat sources of protein and fat. **Food Chemistry**, v.52, p.47-56, 1995.

KAPSOKEFALOU, M.; MILLER, D.D. Lean beef and beef fat interact to enhance nonheme iron absorption in rats. **Journal of Nutrition**, v.123, n.3, p.1429-1434, 1993.

KATO, A.; NAKAI, S. Hydrophobicity determined by a fluorescence probe method and its correlation with surface properties of proteins. **Biochemistry Biophysical Acta**, v.624, p.13-20, 1980.

KATO, A.; TAKAHASHI, A.; MATSUDOMI, N.; KOBAYASHI, K. Determination of foam properties of proteins by conductivity measurements. **Journal of Food Science**, v.48, p.62-65, 1983.

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

KNIFE, C.L. Production and use of animal blood and blood protein for human food. In: PEARSON, A.M.; DUTSON, T.R. (Eds.). **Advances in meat research**. New York: Elsevier Applied Science, 1988. v.5, p.147-163.

KOCOVSKI, T.; MATEKALO, S.V.; PETROVIC, L.; MRDANOV, J.; STARCEVIC, G. Possibilities of blood and hemoglobin use in production of dietetic and products enriched with iron. **Technologija Mesa**, v.35, n.3, p.95-100, 1994.

LANDA SARMIENTO, A. M. **Características microbiológicas, físico-químicas e sensoriais de filés de tilápias (*Oreochromis niloticus*) conservados em atmosferas modificadas sob refrigeração**. 2006. 120 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2006.

LANIER, T.C.; CARPENTER, J.A.; TOLEDO, R.T.; REAGAN, J.O. Metmyoglobin reduction in beef systems as affected by aerobic, anaerobic and carbon monoxide-containing environments. **Journal of Food Science**, v.43, n.6, p.1788-1796, 1978.

LEDWARD, D.A. Scanning calorimetric studies of some protein-protein interactions involving myoglobin. **Meat Science**, v.2, p.241-249, 1978.

LEE, C.M.; WHITING, R.C.; JENKINS, R.K. Texture and sensory evaluations of frankfurters made with different formulations and processes. **Journal of Food Science**, v.52, p.896-900, 1987.

LEHNINGER, A.L.; NELSON, D.L.; COX, M.M. **Princípios de Bioquímica**. São Paulo: Sarvier, 1995. p.118-146.

LINDAHL, G.; LUNDSTROM, K.; TORNBERG, E. Contribution of pigment content, myoglobin forms and internal reflectance to the colour of pork loin and ham from pure breed pigs. **Meat Science**, v.59, p.141-151, 2001.

LIU, D-C. **Better utilization of by-products from the meat industry**. [S.l. : s.n.], 2002.

LIVINGSTON, D.J.; BROWN, W.D. The chemistry of myoglobin and its reactions. **Food Technology**, p.244-252, 1981.

LOMBARDI-BOCCIA, G.; MARTINEZ-DOMINGUEZ, B.; AGUZZI, A. Total heme and non-heme iron in raw and cooked meats. **Food Chemistry and Toxicology**, v.67, n.5, p.1738-1741, 2002.

LOVE, J.D.; PEARSON, A.M. Lipid oxidation in meat and meat products – A review. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v.48, n. 10, p.547-549, 1971.

LUKASKI, H.C.; BOLONCHUK, W.W.; KLEVAY, L.M. Interactions among dietary fat, mineral status, and performance of endurance athletes: a case study. **International Journal Sport Nutrition Exercise Metabolism**, v.11, p.186-198, 2001.

LUÑO, M.; RONCALÉS, P.; DJENANE, D.; BELTRÁN, J.A. Beef shelf life in low O₂ and high CO₂ atmospheres containing different low CO concentrations. **Meat Science**, v.55, p.413-419, 2000.

LUVIELMO, M.M.; ANTUNES, A.J. Substituição de proteínas da carne por proteínas do concentrado proteico de soro e adição de cacl2 em sistema cárneo. **Boletim CEPPA**, v.24, n.1, p.25-46, 2006.

LYNCH, S.R. Interaction of iron with other nutrients. **Nutrition Review**, v.55, n.4, p.102-110, 1997.

LYONS, P.H.; KERRY, J.F.; MORRISSEY, P.A.; BUCKLEY, D.J. The influence of added whey protein/carrageenan gels and tapioca starch on the textural properties of low fat pork sausages. **Meat Science**, v.51, p.43-52, 1999.

MAHONEY, A.W.; Van ORDEN, C.C.; HENDRICKS, D.G. Efficiency of converting food iron into hemoglobin by anemic rat. **Nutrition & Metabolism**, v.17, p.223-230, 1974.

MANGINO, M.E. Physicochemical Aspects of Whey Protein Functionality. **Journal of Dairy Science**, v.67, p.2711-2722, 1984.

MANGINO, M.E. Protein interactions in emulsions: protein-lipid interactions. In: HETTIARACHCHY, N.S.; ZIEGLER, G.R. **Protein functionality in food systems**. [S.l. : s.n.], 1994. p.147-180.

MAPA – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Mortadela. **Instrução Normativa** nº 4, de 31 de março de 2000.

MARTÍNEZ, C.; ROS, G.; PERIAGO, M.J.; LÓPEZ, G. Biodisponibilidad del hierro de los alimentos. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, v.49, n.2, p.106-113, 1999.

MATHIAS, J.F.C.M. A clandestinidade na produção de carne bovina no Brasil. **Revista de Política Agrícola**, v.17, n.1, p.63-73, 2008.

MCINTOSH, G.H.; LE LEU, R.K., The influence of dietary proteins on colon cancer risk. **Nutrition Research**, v.21, p.1053-1066, 2001.

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

MELO FILHO, A.B.; GUERRA, N.B. Avaliação da qualidade de produtos cárneos: salsichas e mortadelas comercializadas na Região Metropolitana do Recife. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 1998, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SonoPress, 1998. 1 CD.

MIELNIK, J.; SLINDE, E. Sausage color measured by integrating sphere reflectance spectrophotometry when whole blood or blood cured by nitrite is added to sausages. **Journal of Food Science**, v.48, n.5, p.1723-1725, 1983.

MINIHANE, A.M.; FAIRWEATHER-TAIT, S.J. Effect of calcium supplementation on daily nonheme-iron absorption and long term iron status. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.68, n.1, p.96-102, 1998.

MINOTTI, P.L.; BUCHOWSKI, M.S.; MILLE, D.D. Effects of calcium supplementation, calcium source and lactose on iron absorption in the rat. **Nutrition Research**, v.13, n.10, p.1173-1181, 1993.

MITTAL, G.S.; BARBUT, S. Effects of fat reduction on frankfurters physical and sensory characteristics. **Food Research International**, v.27, p.425-431, 1994.

MORR, C.V.; FOEGEDING, E.A. Composition and functionality of commercial whey and milk protein concentrates: a status report. **Food Technology**, v.44, n.4, p.100-112, 1990.

MOURE, F.; RENDUELES, M.; DÍAZ, M. Aprovechamiento del plasma procedente de sangre de mataderos. **Alimentaria**, n.290, p.41-50, 1998.

MUSCLE pigment-mioglobin, blood pigment-haemoglobin. **Fleischwirtsch**, Frankfurt, v.66, n.3, p.355-358, 1986.

NAKAMURA, R.; HAYAKAWA, S.; YASUDA, K.; SATO, Y. Emulsifying properties of bovine blood globin: a comparison with some proteins and their improvement. **Journal of Food Science**, v.49, n.1, p.102-104, 1984.

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. **Evaluation of protein quality**. Washington DC., 1963. 74 p.

NELSON, D.; MORRIS, M. Exame básico do sangue. In: HENRY, J.B.(Ed.). **Diagnósticos clínicos & tratamento**. Por métodos laboratoriais. 1. ed. São Paulo: Manole, 1995. p.641-699.

O'NEILL, E.; MORRISSEY, P.A.; MULVIHILL, D.M. Heat-induced gelation of actomyosin. **Meat Science**, v.33, p.61-74, 1993.

OCKERMAN, H.W.; HANSEN, C.L. **Industrialización de subproductos de origen animal**. Zaragoza: Acirbia, 1994. 387p.

OELLINGRATH, I.M.; SLINDE, E. Color, pigment and iron content of meat loaves with blood, blood emulsion, or mechanically deboned meat added. **Journal of Food Science**, v.50, n.6, p.1551-1555, 1985.

ORNELLAS, C.B.D.; JUNQUEIRA, R.G.; SILVESTRE, M.P.C. Efeito da hidrólise triptica e do ph sobre as propriedades funcionais do plasma bovino. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.23, n.1, p.16-22, 2003.

ORNELLAS, C.B.D.; SILVA, J.G.; SILVESTRE, M.P.C. Efeito do pH e da hidrólise triptica sobre as propriedades emulsionantes da globina bovina. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.21, n.1, p.51-56, 2001.

PABÓN, M.L.; LÖNNERDAL, B. Effects of tipe of fat in the diet on iron bioavailability assessed in suckling and weanling rats. **Journal of Trace Elements in Medicine and Biology**, v.15, p.18-23, 2001.

PACHECO, M.T.B.; DIAS, N.F.G.; BALDINI, V.L.; TANIKAWA, C.; SGARBIERI, V.C. Propriedades funcionais de hidrolisados obtidos a partir de concentrados proteicos de soro de leite. **Ciência e tecnologia de alimentos**, v.25, n.2, p.333-338, 2005.

PARENTE, A.H.; SILVA, E.A.B. Redução de efluentes líquidos na indústria alimentícia. **Revista Química e Tecnologia**, v.1, n.1, p. 58-67, 2002.

PELLETT, P.L.; YOUNG, V.R. Background paper 4: evaluation of the use of amino acid composition data in assessing the protein quality of meat and poultry products. **Am. J. Clin. Nutr.**, v.40, n.9, p.718-736, 1984.

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

PERIAGO, J.L.; SUAREZ, M.D.; PITA, M.L. Effect of dietary olive oil, corn oil and medium-chain triglycerides on the lipid composition of rat red blood cell membranes. **Journal of Nutrition**, v.120, p.986-994, 1990.

PIETRASIK, Z. Effect of content of protein, fat and modified starch on binding textural characteristics, and colour of comminuted scalded sausages. **Meat Science**, v.51, p.17-25, 1999.

PISKE, D. Aproveitamento de sangue de abate para alimentação humana. **Boletim do Ital.**, v.19, n.3, p.253-308, 1982.

PIZARRO, F.; OLIVARES, M.; HERTRAMPF, E.; MAZARIEGOS, D.I.; ARREDONDO, M. Heme-iron absorptions is saturable by heme-iron dose in women. **Journal of Nutrition**, v.133, p.2214-2217, 2003.

PRATHER, T.A.; MILLER, D.D. Calcium carbonate depresses iron bioavailability in rats more than calcium sulfate or sodium carbonate. **Journal of Nutrition**, v.122, n.2, p. 327-332, 1992.

PURCHAS, R.W.; SIMCOCK, D.C.; KNIGHT, T.W.; WILKINSON, B.H.P. Variation of the form of iron in beef and lamb meat and losses of iron during cooking and storage. **International Journal of Food Science and Technology**, v.38, p.827-837, 2003.

RADMILI, M.; BARAS, J.; MATEKALO, S.V.; RADISIC, D. Assessment of possibilities of powdered hemoglobin use in formed meat products. **Technologija Mesa**, v.36, n.5, p.313-316, 1995.

RAEKER, M.O.; JOHNSON, L.A. Thermal and functional properties of bovine blood plasma and egg white proteins. **Journal of Food Science**, v.60, n.4, p.685-706, 1995.

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

RAMPON, V.; BROSSARD, C.; MOUHOUS-RIOU, N.; BOUSSEAU, B.; LLAMAS, G.; GENOT, C. The nature of the apolar phase influences the structure of the protein emulsifier in oil-in-water emulsions stabilized by bovine serum albumin. A front-surface fluorescence study. **Advances in Colloid and Interface Science**, v.108, n.9, p.87-94, 2004.

REAGAN, J. O.; LIOU, F.H.; REYNOLDS, A.E.; CARPENTER, J.A. Effect of processing variables on the microbial, physical and sensory characteristics of pork sausage. **Journal of Food Science**, v.48, p.146-149, 162, 1983.

REEVES, P. G.; NIELSEN, F. H.; FAHEY, G. C. AIN-93 purified diets for laboratory rodents: final report of the American institute of nutrition ad hoc writing committee on the reformulation of the AIN-76A rodent diet. **Journal Nutrition**, v.123, p. 1939-1951, 1993.

RENNER, E.; EL-SALAM, M.H.A. **Application of ultrafiltration in the dairy industry**. [S.l.]: Elsevier Applied Science, 1991. 371 p.

RITSKES-HOITINGA, M.; CHWALIBOG, A. **Handbook of Laboratory Animal Science**. 2. ed. [S.l.]:CRC Press, 2003. Chapter 12.

ROTRUCK, J.T.; LUHRSEN, KR. A comparative study in rats of iron bioavailability from cooked beef and soybean protein. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.27, n.1, p.27-33, 1979.

RUST, R.E. Formulated meat products using edible meat by-products. In: PEARSON, A.M.; DUTSON, T.R. (Eds.). **Advances in meat research**. New York: Elsevier Applied Science, 1988. v.5, p.341-356.

SAMMEL, L.M.; CLAUS, J.R. Whey protein concentrates effects on pink color development in a cooked ground turkey breast model system. **Meat Science**, v.65, p.1293-1299, 2003.

SAMMEL, L.M.; CLAUS, J.R.; GREASER, M.L.; LUCEY, J.A. Identifying constituents of whey protein concentrates that reduce the pink color defect in cooked ground turkey. **Meat Science**, v.77, p. 529-539, 2007.

SANTOS, R.E.V. **Avaliação física, química, microbiológica e nutricional de mortadelas formuladas com misturas de sangue suíno e concentrado proteico de soro de leite**. 2007. 94 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2007.

SARWAR, G.; PEACE, R.W.; BOTTING, H.G.; BRULE, D. Digestibility of protein and amino acids in selected foods as determined by a rat balance method. **Plant Foods Human Nutrition**, v.1, p.23-32, 1989.

SAS. **User's guide**: basic and statistic. Cary: 1995. 1686 p.

SATTERLEE, L.D. Improving utilization of animal by-products for human foods – A review. **Journal of Animal Science**, v.41, n.2, p.687-697, 1975.

SATTERLEE, L.D.; FREE, B.; LEVIN, E. Utilization of high protein tissue powders as a binder/extender in meat emulsions. **Journal of Food Science**, v.38, n.2, p.306-309, 1973.

SCHAAFSMA, G. The protein digestibility-corrected amino acid score. **Journal of Nutrition**, v.130, p.1865S-1867S, 2000.

SCHMIDT, R.H. Effect of processing on whey protein functionality. **Journal of Dairy Science**, v.67, p.2723-2733, 1983.

SCHRICKER, B.R.; MILLER, D.D.; STAUFFER, J.R. Measurement and content of nonheme and total iron in muscle. **Journal Food Science**, v.47, p.740-, 1982.

SCHUT, J. Meat emulsions. In: FRIBERG, S. **Food emulsions**. New York: Marcel Dekker, 1976. p.385-459,

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

SERDAROGLU, M. Improving low fat meatball characteristics by adding whey powder. **Meat Science**, v.72, 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, p.291-296, 2004.

SGARBIERI, V.C. A nata do soro. **Jornal da Unicamp**, Campinas, n.194, p.2, 2002.

SGARBIERI, V.C. Propriedades estruturais e físico-químicas das proteínas do leite. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.8, n.1, p.43-56, 2005.

SGARBIERI, V.C. Propriedades fisiológicas-funcionais das proteínas do soro de leite. **Revista de Nutrição**, Campinas, v.17, n.4, p.397-409, 2004.

SGARBIERI, V.C. **Proteínas em alimentos proteicos**. São Paulo: Varela, 1996. 517 p.

SGARBIERI, V.C. **Proteínas em alimentos proteicos**. São Paulo: Varela, 1996. 517 p.

SHAHIDI, F.; NACZK, M.; RUBIN, L.J.; DIOSADY, L.L. Functional properties of blood globin. **Journal of Food Science**, v.49, n.2, p.370-372, 1984.

SILVA, V.D.M.; SILVESTRE, M.P.C. Functional properties of bovine blood plasma intended for use as a functional ingredient in human food. **Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie**, v.36, p. 709-718, 2003.

SISO, M.I.G. The biotechnological utilization of cheese whey: A review. **Bioresource Technology**, v.57, p.1-11, 1996.

SLINDE, E.; MARTENS, M. Changes in sensory properties of sausages when small amounts of blood replace meat. **Journal of Science of Food and Agricultural**, v.33, p.760-762, 1982.

SMITHERS, G.W. Whey and whey proteins – From “gutter-to-gold”. **International Dairy Journal**, v.18, p.695-704, 2008.

SMITHERS, G.W.; BALLARD, F.J.; ADAM, D.C.; SILVA, K.J.; DIONYSIUS, D.A.; FRANCIS, G.L.; GODDARD, C.; GRIEVE, P.A.; McINTOSH, G.H.; MITCHELL, I.R.; PERCE, R.J.; REGESTER, G.O. New opportunities from the isolation and utilization of whey proteins. In: Symposium: Advances in Dairy Foods Processing and Engeneering, **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.79, p.1454-1459, 1996.

SØRHEIM, O.; AUNE, T.; NESBAKKEN, T. Technological, hygienic and toxicological aspects of carbon monoxide used in modified-atmosphere packaging of meat. **Trends in Food Science & Technology**, v.8, p.307-312, 1997.

SØRHEIM, O.; NISSEN, H.; NESBAKKEN, T. The storage life of beef and pork packaged in an atmosphere with low carbon monoxide and high carbon dioxide. **Meat Science**, v.52, p.157-164, 1999.

ST. JOHN, L.C.; BUYCK, M.J.; KEETON, J.T.; LEU, R.; SMITH, S.B. Sensory and physical attributes of frankfurters with reduced fat and elevated monounsaturated fats. **Journal of Food Science**, v.51, p.1144-1146; 1179, 1986.

STEKEL, A.; AMAR, R.M.; PIZARRO, F.; CALVO, E.; CHADUD, P.; HERTRAMPF, E.; LLAGUNO, S.; OLIVARES, M. Nutritional sgnficance of interactions between iron and food components. **Arch. Latinoam. Nutr.**, v.33, p.33-41, 1983.

STIEBING, A. Blood sausage technology. **Fleischwirtsch International**, v.3, p.34-40, 1990.

SURH, J.; WARD, L.S.; MCCLEMENTS, D.J. Ability of conventional and nutritionally-modified whey protein concentrates to stabilize oil-in-water emulsions. **Food Research International**, v.39, p.71-771, 2006.

SZERMAN, N.; GONZALEZ, C.B.; SANCHO, A.M.; GRIGIONI, G.; CARDUZA, F.; VAUDAGNA, S.R. Optimization of whey protein concentrate and sodium chloride concentrations and cooking temperature of sous vide cooked whole-muscle beef from Argentina. **Meat Science**, v.79, p.557-567, 2008.

TERRA, N.N.; FRIES, L.L.M.; MILANI, L.I.G.; RICHARDS, N.S.P.S.; REZER, A.P.S.; BACKES, A.M.; DOS SANTOS, S.B.; ALVES, B. Emprego de soro de leite líquido na elaboração de mortadela. **Ciência Rural**, v.39, n.3, p.885-890, 2009.

TOLDRÀ, M.; DÀVILA, E.; SAGUER, E.; FORT, N.; SALVADOR, P.; PARÉS, D.; CARRETERO, C. Functional and quality characteristics of the red blood cell fraction from biopreserved porcine blood as influenced by high pressure processing.. **Meat Science**, v.80, p.380-388, 2008.

TORRES, M.C.L.; VALENTE, G.F.S.; COSTA, N.M.B.; PEREIRA, A.D.; GOMIDE, L.A.M. Avaliação do efeito da adição de sangue suíno na qualidade proteica da mortadela. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DE ALIMENTOS, 3., 1999, Campinas. **Resumos...** Campinas, SP: Unicamp, 16 a 19 nov. 1999.

TYBOR, P.T.; DILL, C.W.; LANDMANN, W.A. Effect of decolorization and lactose incorporation on the emulsification capacity of spray-dried blood protein concentrates. **Journal of Food Science**, v.38, p.4-6, 1973.

TYBOR, P.T.; DILL, C.W.; LANDMANN, W.A. Functional properties of proteins isolated from bovine blood by a continuous pilot process. **Journal of Food Science**, v.40, p.155-159, 1975.

UES, I.; PIZATTO, E.; BEUX, S.; ALFARO, A.T. Otimização do processo de fabricação da ricota. **Synergismus scyentifica UTFPR**, v.1, p.382-392, 2006.

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, p.523-529, 2004.

VAN DE VIJVER, L.P.L.; KARDINAAL, A.F.M.; CHARZEWESKA, J.; ROTILY, M.; CHARLES, P.; MAGGIOLINI, M.; ANDO, S.; VAAMAMEN, K.; WAJSZCZYK, B.; JEIKKINEN, J.; DELORAINE, A.; SCHAFSMA, G. Calcium intake weakly but consistently negatively associated with iron status in girls and women in six european countries. **Journal of Nutrition**, v.129, n.5, p.963-68, 1999.

VAN DOKKUM, W.; CLOUGHLEY, F.A.; HULSOF, K.F.A.M. Effect of variations in fat and linoleic acid intake on the calcium, magnesium and iron balance of young men. **Annual Nutrition Metabolism**, v. 27, p.361, 1983.

VIANA, E. S.; GOMIDE, L. A. M.; VANETTI, M. C. D. Effect of modified atmospheres on microbiological, color and sensory properties of refrigerated pork. **Meat Science**, v.71 n.4, p. 696-705, 2005.

VIANA, F.R.; SILVA, V.D.M.; CARVALHO, M.G.; OLIVEIRA, A.L.; SILVESTRE, M.P.C. Efeito da substituição parcial da gordura pela globina e plasma bovinos em patê de presunto. **Acta Scientiarum: Biological Sciences**, v.25, n.1, p.233-240, 2003.

VIANA, F.R.; SILVA, V.D.M.; DELVIVO, F.M.; BIZZOTTO, C.S.; SILVESTRE, M.P.C. Quality of ham pâté containing bovine globin and plasma as fat replacers. **Meat Science**, v.70, p.153-160, 2005.

WANG, F.S.; LIN, C.W. The effects of heating and chemical treatment on the haem and non-heme iron content of heat-induced porcine blood curd. **Journal of Science of Food and Agricultural**, v.65, n.2, p.209-213, 1994.

WEISS, R. **FDA Is Urged to Ban Carbon-Monoxide-Treated Meat**. Washington, 2006. Disponível em: <<http://www.washingtonpost.com/wp-dyn/content/article/2006/02/19/AR2006021901101.html>>. Acesso em: 13 Set. 2007.

WIENK, K.; MARX, J.; BEYNEN, A. The concept of iron bioavailability and its assessment. **European Journal of Nutrition**, v.38, p.51-75, 1999.

WILKINSON, B. H. P.; JANZ, J. A. M.; MOREL, P. C. H.; PURCHAS, R. W.; HENDRIKS, W. H. The effect of modified atmosphere packaging with carbon monoxide on the storage quality of master-packaged fresh pork. **Meat Science**, Barking, v. 73, n. 4, p. 605-610, 2006.

WISMER-PEDERSEN, J. Utilization of animal blood in meat products. **Food Technology**, v.38, n.8, p.76-80, 1979.

WOLFE, S.K. Use of CO- and CO₂- enriched atmospheres for meats, fish, and produce. **Food Technology**, v.34, n.3, p.55-58, 1980.

WONG, D.W.S.; CAMIRANT, W.M.; PAVLATH, A.E. Structures and functionalities of milk proteins. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.36, n.8, p.807-844, 1996.

YANG, H.-S.; CHOI, S.-G.; JEON, J.-T.; PARK, G.-B.; JOO, S.-T. Textural and sensory properties of low fat pork sausages with added hydrated oatmeal and tofu as texture-modifying agents. **Meat Science**, v.75, p.283-289, 2007.

YANG, J-H.; LIN, C-W. Effects of various viscosity enhancers and pH on separating haem from porcine red blood cells. **Journal of Science of Food and Agricultural**, v.70, n.3, p.364-368, 1996.

YBARRA, L.M.; COSTA, N.M.B.; FERRREIRA, C.L.L.F. Interação cálcio e ferro. **Nutrire: Revista Brasileira de Alimentação e Nutrição**, v.22, p.85-107, 2001.

YETIM, H.; MÜLLER, W.D.; DOGAN, M.; KLETTNER, P.G. Using fluid whey in comminuted meat products: effects on textural properties of Frankfurters-type sausages. **Journal of Muscle Food**, v.17, p.354-366, 2006.

YETIM, H.; MÜLLER, W.D.; EBER, M. Using fluid whey in comminuted meat products: effects on technological, chemical and sensory properties of frankfurter-type sausages. **Food Research International**, v.34, p.97-101, 2001.

YOUNG, C.R.; LEWIS, W.; LANDMANN, W.A.; DILL, C.W. Nutritive value of globin and plasma protein fractions from bovine blood. **Nutrition Reports International**, v.8, n.4, p.211-217, 1973.

ZEMEL, M.A. Role of calcium and dairy products in energy partitioning and weight management. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.79, n.5, p.907S-912S, 2004.

ZIJP, I.M.; KORVER, O.; TIJBURG, L.B.M. Effect of tea and other dietary factors on iron absorption. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.40, n.5, p.371-398, 2000.

ZIMMERMANN, M.B.; HURRELL, R.F. Nutritional iron deficiency. **The Lancet**, v.370, n.9586, p.511-520, 2007.

ZINSLY, P.F.; SGARBIEIRI, V.C.; DIAS, N.F.G.P.; JACOBUCCI, H.B.; PACHECO, M.T.B.; BALDINI, V.L.S. Produção piloto de concentrados de proteínas de leite bovino: composição e valor nutritivo. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.4, p.1-8, 2001.

APÊNDICES

APÊNDICE A

Tabela 1A – Resumo da análise de variância dos teores de água, proteína e gordura das mortadelas-controle e das adicionadas de distintas combinações de SLT e CPS, nos três níveis de gordura

F.V.	G.L.	Quadrado médio		
		Teor de água	Teor de proteína	Teor de gordura
Formulação	5	15,0878 ^{ns}	1,1698 ^{ns}	4,3598 ^{ns}
Gordura	2	289,7856*	59,2222*	847,6961*
Form*Gord	10	53,3421 ^{ns}	0,6756 ^{ns}	15,1001 ^{ns}
Resíduo	36	359,1803	9,6228	287,0461

^{ns} Não significativo a 5% de probabilidade.

* Significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 2A – Resumo da análise de regressão dos teores de água, proteína e gordura das mortadelas adicionadas de distintas combinações de SLT e CPS, nos três níveis de gordura

F.V.	G.L.	Quadrado médio		
		Teor de água	Teor de proteína	Teor de gordura
Formulação	1	1,091224703 ^{ns}	0,060216161 ^{ns}	0,020457878 ^{ns}
Gordura	1	16,62819536*	261,7040659*	77,33686704*
Form*Gord	1	0,06211484 ^{ns}	0,02367473 ^{ns}	0,476361791 ^{ns}
FAJ	11	0,71575075 ^{ns}	0,555841482 ^{ns}	0,148810195 ^{ns}
Erro puro	30	10,6287	0,1943	8,8670

^{ns} Não significativo a 5% de probabilidade.

* Significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 3A – Resumo da análise de variância do teor de ferro das mortadelas-controle e das adicionadas de distintas combinações de SLT e CPS, nos três níveis de gordura

F.V.	G.L.	Quadrado médio
		Teor de ferro
Formulação	5	3588,18738*
Gordura	2	96,8490 ^{ns}
Form*Gord	10	28,2532 ^{ns}
Resíduo	18	1289,5116

^{ns} Não significativo a 5% de probabilidade.

* Significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 4A – Resumo da análise de regressão do teor de ferro das mortadelas adicionadas de distintas combinações de SLT e CPS, nos três níveis de gordura

F.V.	G.L.	Quadrado médio
		Teor de ferro
Formulação	1	172,4369763*
Gordura	1	0,212304472 ^{ns}
Form*Gord	1	0,303680453 ^{ns}
FAJ	11	0,525242366 ^{ns}
Erro puro	15	83,0251

^{ns} Não significativo a 5% de probabilidade.

* Significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 5A – Resumo da análise de variância da estabilidade de emulsão das massas cruas das mortadelas-controle e das adicionadas de distintas combinações de SLT e CPS, nos três níveis de gordura

F.V.	G.L.	Quadrado médio	
		ESXUD	GDESXUD
Formulação	5	73,017 ^{ns}	554,8743 ^{ns}
Gordura	2	64,3173 ^{ns}	736,1314 ^{ns}
Form*Gord	10	6,8885 ^{ns}	167,4224 ^{ns}
Resíduo	18	42,9739	477,2720

^{ns} Não significativo a 5% de probabilidade.

* Significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 6A – Resumo da análise de regressão da estabilidade de emulsão das massas cruas das mortadelas adicionadas de distintas combinações de SLT e CPS, nos três níveis de gordura

F.V.	G.L.	Quadrado médio	
		ESXUD	GDESXUD
Formulação	1	7,949709714*	5,374253796*
Gordura	1	2,220397086 ^{ns}	1,743933855 ^{ns}
Form*Gord	1	1,033807139 ^{ns}	2,246840909 ^{ns}
FAJ	11	0,049646069 ^{ns}	0,198422351 ^{ns}
Erro puro	15	38,6516	471,9554

^{ns} Não significativo a 5% de probabilidade.

* Significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 7A – Resumo da análise de variância da estabilidade de emulsão das mortadelas cozidas, controle e as adicionadas de distintas combinações de SLT e CPS, nos três níveis de gordura

F.V.	G.L.	Quadrado médio
		GDESXUD
Formulação	5	2,9505 ^{ns}
Gordura	2	121,4144*
Form*Gord	10	2,7683 ^{ns}
Resíduo	18	75,6331

^{ns} Não significativo a 5% de probabilidade.

* Significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 8A – Resumo da análise de regressão da estabilidade de emulsão das mortadelas cozidas, adicionadas de distintas combinações de SLT e CPS, nos três níveis de gordura

F.V.	G.L.	Quadrado médio
		GDESXUD
Formulação	1	0,042844989 ^{ns}
Gordura	1	76,9031819*
Form*Gord	1	0,203096818 ^{ns}
FAJ	11	0,978526459 ^{ns}
Erro puro	15	2,9385

^{ns} Não significativo a 5% de probabilidade.

* Significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 9A – Resumo da análise de variância dos valores de L*, a*, b* e escurecimento das mortadelas-controle e das adicionadas de distintas combinações de SLT e CPS, nos três níveis de gordura

F.V.	G.L.	Quadrado médio			
		L*	a*	b*	Escurecimento
Formulação	5	355,7759*	16,3385*	16,4662*	0,0397*
Gordura	2	0,4338 ^{ns}	0,1087 ^{ns}	1,0824*	0,0002 ^{ns}
Form*Gord	10	1,0770 ^{ns}	0,2388 ^{ns}	0,0989 ^{ns}	0,0003 ^{ns}
Resíduo	18	2,7828	0,4825	0,1526	0,0005

^{ns} Não significativo a 5% de probabilidade.

* Significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 10A – Resumo da análise de regressão dos valores de **L***, **a***, **b*** e escurecimento das mortadelas adicionadas de distintas combinações de SLT e CPS, nos três níveis de gordura (Modelo Linear)

F.V.	G.L.	Quadrado médio			
		L*	a*	b*	Escurecimento
Formulação	1	745,1198*	61,7705*	317,5517*	307,6667*
Gordura	1	1,7230 ^{ns}	0,0641 ^{ns}	12,4324*	1,0000 ^{ns}
Form*Gord	1	0,5268 ^{ns}	3,6970 ^{ns}	0,0175 ^{ns}	6,0000
FAJ	11	9,0590*	6,5641*	1,3421 ^{ns}	13,3333*
Erro puro	15	1,3736	0,4274	0,1827	0,0003

^{ns} Não significativo a 5% de probabilidade.

* Significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 11A – Resumo da análise de regressão dos valores de **L***, **a***, **b*** e escurecimento das mortadelas adicionadas de distintas combinações de SLT e CPS, nos três níveis de gordura (Modelo Quadrático)

F.V.	G.L.	Quadrado médio		
		L*	a*	Escurecimento
Formulação	1	745,1199*	61,7705*	0,5052*
Formulação ²	1	85,8901*	54,9102*	0,2031*
Gordura	1	1,7230 ^{ns}	0,0641 ^{ns}	0,0016 ^{ns}
Form*Gord	1	0,5268 ^{ns}	3,6970 ^{ns}	0,0099 ^{ns}
FAJ	10	1,3759 ^{ns}	1,7295 ^{ns}	0,0038 ^{ns}
Erro puro	15	1,3736	0,4274	0,0003

^{ns} Não significativo a 5% de probabilidade.

* Significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 12A – Resumo da análise de variância dos valores de dureza, elasticidade coesividade e mastigabilidade das mortadelas-controle e das adicionadas de distintas combinações de SLT e CPS, nos três níveis de gordura

F.V.	G.L.	Quadrado médio			
		Dureza	Elasticidade	Coesividade	Mastigabilidade
Formulação	5	3225057,02*	0,1737 ^{ns}	0,0052 ^{ns}	83410869,4*
Gordura	2	12148852,99*	0,8932*	0,0449*	374550687,0*
Form*Gord	10	34673,15 ^{ns}	0,0583 ^{ns}	0,0006 ^{ns}	601881,2 ^{ns}
Resíduo	18	35514312,70	0,1609	0,0046	30344311,0

^{ns} Não significativo a 5% de probabilidade.

* Significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 13A – Resumo da análise de regressão dos valores de dureza, elasticidade coesividade e mastigabilidade das mortadelas adicionadas de distintas combinações de SLT e CPS, nos três níveis de gordura

F.V.	G.L.	Quadrado médio			
		Dureza	Elasticidade	Coesividade	Mastigabilidade
Formulação	1	14161,6132 ^{ns}	3,5062 ^{ns}	0,5714 ^{ns}	0,8774 ^{ns}
Gordura	1	242301,3034*	8,1875*	16,673 *	24,8510*
Form*Gord	1	42,9531 ^{ns}	1,8036 ^{ns}	0,3061 ^{ns}	0,0511 ^{ns}
FAJ	11	1198,0546 ^{ns}	0,2113 ^{ns}	0,0816 ^{ns}	0,0568 ^{ns}
Erro puro	30	83,0446,12	0,1685	0,0049	24465341,0000

^{ns} Não significativo a 5% de probabilidade.

* Significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 14A – Resumo da análise de variância dos atributos sensoriais sabor, cor e impressão das mortadelas-controle e das adicionadas de distintas combinações de SLT e CPS, nos três níveis de gordura

F.V.	G.L.	Quadrado médio		
		Sabor	Cor	Impressão geral
Provador	49	0,9849 ^{ns}	4,2976 ^{ns}	2,7151 ^{ns}
Formulação	5	2,9191*	149,9558*	27,6844*
Gordura	2	5,1144 ^{ns}	3,0011 ^{ns}	2,1744 ^{ns}
Form*Gord	10	0,5718 ^{ns}	7,4224*	1,7104 ^{ns}
Resíduo	833	1,2418	3,3441	1,9840

^{ns} Não significativo a 5% de probabilidade.

* Significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 15A – Resumo da análise de regressão dos atributos sensoriais sabor, cor e impressão das mortadelas adicionadas de distintas combinações de SLT e CPS, nos três níveis de gordura

F.V.	G.L.	Quadrado médio		
		Sabor	Cor	Impressão geral
Formulação	1	9,1295*	105,2066*	35,3917*
Gordura	1	4,3821*	0,0048 ^{ns}	0,9038 ^{ns}
Form*Gord	1	0,6815 ^{ns}	1,1624 ^{ns}	0,2939 ^{ns}
FAJ	11	0,4616 ^{ns}	2,7121 ^{ns}	1,4623 ^{ns}
Erro puro	30	1,2341	3,7473	2,1266

^{ns} Não significativo a 5% de probabilidade.

* Significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 16A – Resumo da análise de variância do Consumo Alimentar (CA), Proteína Consumida (PC), Ganho de Peso (GP) e Coeficiente de Eficiência Alimentar (CEA) das mortadelas-controle e das adicionadas de distintas combinações de SLT e CPS, nos três níveis de gordura

F.V.	G.L.	Quadrado médio			
		CA	PC	GP	CEA
Ratos	5	885,1462*	8,3147*	254,4358*	0,0105*
Formulação	6	12723,6881*	137,7384*	301,2096*	0,0157*
Gordura	2	2,7089 ^{ns}	1,1890 ^{ns}	625,6363*	0,0152*
Form*Gord	12	362,395*	3,7227*	88,3135*	0,0012*
Resíduo	100	104,2407	0,9792	35,7974	0,0006

^{ns} Não significativo a 5% de probabilidade.

* Significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 17A – Resumo da análise de regressão do Consumo Alimentar (CA), Proteína Consumida (PC), Ganho de Peso (GP) e Coeficiente de Eficiência Alimentar (CEA) das mortadelas adicionadas de distintas combinações de SLT e CPS, nos três níveis de gordura

F.V.	G.L.	Quadrado médio			
		CA	PC	GP	CEA
Formulação	1	0,4906 ^{ns}	0,4259 ^{ns}	0,1332 ^{ns}	0,0027 ^{ns}
Gordura	1	4,0487 ^{ns}	2,7788 ^{ns}	8,9945*	14,4545*
Form*Gord	1	2,4153 ^{ns}	5,0152 ^{ns}	4,1759 ^{ns}	8,0909 ^{ns}
FAJ	11	0,7304 ^{ns}	0,9211 ^{ns}	1,0440 ^{ns}	0,6364 ^{ns}
Erro puro	75	133,1000	1,2588	47,0813	0,0011

^{ns} Não significativo a 5% de probabilidade.

* Significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 18A – Resumo da análise de variância dos valores de PER, PERR, NPR, NPRR, digestibilidade e digestibilidade das mortadelas-controle e das adicionadas de distintas combinações de SLT e CPS, nos três níveis de gordura

F.V	G.L	Quadrado médio					
		PER	PERR	NPR	NPRR	DIGEST (%)	DIGESTR (%)
Ratos	5	1,1156*	651,7840*	1,2829*	479,2366*	3,7822*	3,7670*
Formulação	6	2,2172*	1415,6290*	3,9944*	1704,5773*	4,6812*	5,1382*
Gordura	2	1,4758*	151,9702*	1,4046*	4,5654 ^{ns}	1,7987 ^{ns}	20,9944*
Form*Gord	12	0,1806*	109,3428*	0,1869*	78,7947*	1,2927 ^{ns}	1,4080*
Resíduo	100	0,0599	34,1178	0,0600	22,5798	0,8253	0,6963

^{ns} Não significativo a 5% de probabilidade.

* Significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 19A – Resumo da análise de regressão dos valores de PER, NPR e digestibilidade das mortadelas adicionadas de distintas combinações de SLT e CPS, nos três níveis de gordura

F.V	G.L	Quadrado médio		
		PER	NPR	Digestibilidade
Formulação	1	0,0007 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	0,0016 ^{ns}
Gordura	1	12,9217*	12,9246*	1,3152 ^{ns}
Form*Gord	1	9,9750*	10,7185*	2,9388 ^{ns}
FAJ	11	0,8115 ^{ns}	0,7755 ^{ns}	1,4489 ^{ns}
Erro puro	75	0,1162	0,1247	0,8860

^{ns} Não significativo a 5% de probabilidade.

* Significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 20A – Resumo da análise de variância dos valores de Ganho de Hemoglobina (Ganho Hb), Hematócrito e Eficiência na Recuperação da Hemoglobina (HRE) das mortadelas-controle e das adicionadas de distintas combinações de SLT e CPS, nos três níveis de gordura

F.V	G.L	Quadrado Médio		
		Ganho Hb	Hematócrito (%)	HRE
Ratos	7	3,6518*	79,1153 ^{ns}	1273,8160 ^{ns}
Formulação	4	6,0425*	224,7217 ^{ns}	3401,1130*
Gordura	2	1,2843 ^{ns}	34,8534 ^{ns}	4093,6025*
Form*Gord	6	3,5671 ^{ns}	171,5634 ^{ns}	4021,8803*
Resíduo	84	1,5564	98,5895	1066,1031

^{ns} Não significativo a 5% de probabilidade.

* Significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 21A – Resumo da análise de regressão dos valores de Ganho de Hemoglobina (Ganho Hb), Hematócrito e Eficiência na Recuperação da Hemoglobina (HRE) das mortadelas adicionadas de distintas combinações de SLT e CPS, nos três níveis de gordura

F.V	G.L	QM		
		Ganho Hb	Hematócrito (%)	HRE
Formulação	1	8,4785*	6,5500*	2,932540897*
Gordura	1	0,0006 ^{ns}	0,5464 ^{ns}	11,63999215*
Form*Gord	1	2,8309 ^{ns}	4,2236 ^{ns}	6,38645092*
FAJ	11	0,4811 ^{ns}	0,7146 ^{ns}	0,570739926 ^{ns}
Erro puro	75	1,5859	131,4413	967,5314

^{ns} Não significativo a 5% de probabilidade.

* Significativo a 5% de probabilidade.

APÊNDICE B

Tabela 1B – Valores médios (e desvios-padrão) da composição centesimal de mortadelas formuladas em diferentes combinações de SLT e CPS e sua comparação com a mortadela-controle

Combinação SLT/CPS	Água	Proteínas	Gordura	Cinzas	Carboidratos
Controle	63,42 ± 3,74	15,07 ± 1,18	13,71 ± 5,20	2,88 ± 0,09	4,91 ± 1,19
100/0	63,49 ± 3,24 ^{ns}	14,71 ± 1,33 ^{ns}	13,69 ± 5,34 ^{ns}	2,82 ± 0,06 ^{ns}	5,29 ± 1,49 ^{ns}
75/25	63,69 ± 2,90 ^{ns}	14,72 ± 1,25 ^{ns}	13,50 ± 4,68 ^{ns}	2,72 ± 0,08 ^{ns}	5,37 ± 1,95 ^{ns}
50/50	62,78 ± 2,81 ^{ns}	14,96 ± 1,27 ^{ns}	13,85 ± 4,99 ^{ns}	2,56 ± 0,26 ^{ns}	5,85 ± 2,43 ^{ns}
25/75	62,70 ± 2,26 ^{ns}	14,67 ± 1,44 ^{ns}	14,01 ± 5,14 ^{ns}	2,75 ± 0,18 ^{ns}	5,80 ± 2,82 ^{ns}
0/100	62,19 ± 3,36 ^{ns}	14,80 ± 1,26 ^{ns}	13,17 ± 3,85 ^{ns}	2,58 ± 0,09 ^{ns}	7,26 ± 2,70 ^{ns}

* Diferença do controle significativa a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.

^{ns} Diferença do controle não significativa a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.

Tabela 2B – Valores médios (e desvios-padrão) dos teores de ferro das mortadelas formuladas com combinações de SLT e CPS e sua comparação com os teores da mortadela-controle

Combinação SLT/CPS	Teor de ferro (mg.kg ⁻¹)
Controle	17,79 ± 1,28
100/0	75,50 ± 4,78*
75/25	61,36 ± 6,56*
50/50	42,97 ± 3,37*
25/75	27,60 ± 6,01 ^{ns}
0/100	15,14 ± 2,01 ^{ns}

* Diferença do controle significativa a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.

^{ns} Diferença do controle não significativa a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.

Tabela 3B – Valores médios (e desvios-padrão) dos atributos de cor luminosidade (L*), vermelho (a*), amarelo (b*) e escurecimento (relação 570/650)

Combinação SLT/CPS	L*	a*	b*	Escurecimento
Controle	56,16 ± 0,95	7,72 ± 0,18	9,73 ± 0,07	0,51 ± 0,01
100/0	38,69* ± 0,39	10,54* ± 0,43	5,94* ± 0,44	0,35* ± 0,01
75/25	40,40* ± 0,80	10,61* ± 0,26	6,49* ± 0,39	0,35* ± 0,01
50/50	42,92* ± 0,37	10,88* ± 0,09	7,30* ± 0,34	0,36* ± 0,01
25/75	46,81* ± 0,39	10,58* ± 0,02	8,46* ± 0,54	0,39* ± 0,01
0/100	56,13 ^{ns} ± 0,96	7,24 ^{ns} ± 0,60	9,87 ^{ns} ± 0,20	0,53 ^{ns} ± 0,01

^{ns} Diferença do controle não significativa a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.

* Diferença do controle significativa a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.

Tabela 4B – Médias (e desvios-padrão) dos índices de dureza, elasticidade, coesividade e mastigabilidade das mortadelas formuladas pela substituição de 20% de carne por diferentes níveis de mistura de sangue e concentrado proteico de soro de leite, comparado com a mortadela-controle

Combinação SLT/CPS	Dureza (N)	Elasticidade (mm)	Coesividade	Mastigabilidade (N.mm)
Controle	4842,39 ± 1316,95	8,76 ± 0,30	0,42 ± 0,07	18832,15 ± 7683,70
100/0	3769,00 ± 878,11 ^{ns}	8,78 ± 0,17 ^{ns}	0,38 ± 0,03 ^{ns}	13071,21 ± 3762,48 ^{ns}
75/25	3627,76 ± 883,41 ^{ns}	8,80 ± 0,22 ^{ns}	0,37 ± 0,04 ^{ns}	12208,19 ± 3364,02 ^{ns}
50/50	3294,27 ± 535,29*	8,58 ± 0,33 ^{ns}	0,36 ± 0,07 ^{ns}	10916,09 ± 3915,36*
25/75	3231,27 ± 851,87*	8,66 ± 0,31 ^{ns}	0,36 ± 0,07 ^{ns}	10859,33 ± 5099,02*
0/100	3395,68 ± 1142,87*	8,44 ± 0,51 ^{ns}	0,36 ± 0,09 ^{ns}	11303,73 ± 6500,55*

* Diferença do controle significativa a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.

^{ns} Diferença do controle não significativa a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.

Tabela 5B – Médias (e desvios-padrão) dos atributos sensoriais sabor e impressão geral das mortadelas formuladas pela substituição de 20% de carne por diferentes níveis de mistura de SLT e CPS e sua comparação com a mortadela-controle

Combinação SLT/CPS	Sabor	Impressão geral
Controle	7,55 ± 0,2579	7,63 ± 0,2139
100/0	7,41 ^{ns} ± 0,1848	6,85* ± 0,2309
75/25	7,42 ^{ns} ± 0,1588	6,59* ± 0,0306
50/50	7,57 ^{ns} ± 0,1501	6,99* ± 0,2203
25/75	7,77 ^{ns} ± 0,0231	7,22 ^{ns} ± 0,2163
0/100	7,67 ^{ns} ± 0,1026	7,66 ^{ns} ± 0,1386

* Diferença do controle significativa a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.

^{ns} Diferença do controle não significativa a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.

Tabela 6B – Médias (e desvios-padrão) da cor sensorial das mortadelas formuladas pela substituição de 20% de carne por diferentes níveis de mistura de SLT e CPS e sua comparação com a mortadela-controle, nos três níveis de gordura avaliados

Combinação SLT/CPS	10% Gordura	20% Gordura	30% Gordura
Controle	7,16 ± 1,43	7,48 ± 1,22	7,50 ± 1,20
100/0	5,06* ± 1,83	4,94* ± 2,38	5,34* ± 1,85
75/25	4,96* ± 2,11	4,58* ± 2,05	5,72* ± 2,08
50/50	5,94* ± 1,83	5,62* ± 2,10	4,84* ± 2,20
25/75	6,20* ± 1,82	6,36* ± 1,84	6,44* ± 1,93
0/100	7,24 ^{ns} ± 1,39	6,80 ^{ns} ± 1,75	7,12 ^{ns} ± 1,66

* Diferença do controle significativa a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.

^{ns} Diferença do controle não significativa a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.

Tabela 7B – Médias (e desvios-padrão) de ganho de peso (GP), consumo alimentar (CA), proteína consumida (PC) e coeficiente de eficiência alimentar (CEA) dos animais alimentados com dietas à base de mortadelas, nos três níveis de gordura, e sua comparação com os valores da dieta à base de caseína, após 14 dias de experimento

Formulação	GP (g)	CA (g)	PC (g)	CEA
10% Gordura				
Caseína	49,17±7,49	139,35±15,64	13,27±1,49	0,35±0,03
Controle	54,4±7,23 ^{ns}	202,21±18,18*	19,50±1,75*	0,27±0,02*
100/0	60,8±4,79*	205,96±26,12*	19,99±2,54*	0,30±0,03*
75/25	62,00±6,13*	218,88±8,12*	21,48±0,80*	0,28±0,03*
50/50	59,83±4,22*	212,85±7,75*	20,89±0,76*	0,28±0,02*
25/75	60,67±6,92*	215,62±14,02*	20,73±1,35*	0,28±0,04*
0/100	52,83±7,39 ^{ns}	210,16±13,63*	20,91±1,36*	0,25±0,04*
20% Gordura				
Caseína	45,75±3,12	127,24±9,42	11,91±0,88	0,36±0,04
Controle	61,83±9,20*	211,01±8,93*	20,92±0,88*	0,29±0,04*
100/0	58±7,13*	209,80±10,22*	19,93±0,97*	0,28±0,03*
75/25	65,17±7,83*	214,87±10,79*	20,87±1,05*	0,30±0,04*
50/50	66,67±8,60*	215,24±10,26*	20,33±0,97*	0,31±0,03*
25/75	61,83±4,92*	213,85±7,29*	20,52±0,70*	0,29±0,02*
0/100	61,33±9,18*	212,52±4,60*	20,49±0,44*	0,29±0,05*
30% Gordura				
Caseína	62,00±5,25	154,61±9,16	14,48±0,86	0,40±0,02
Controle	68,6±5,82 ^{ns}	213,66±12,09*	21,12±1,20*	0,32±0,02*
100/0	61±6,00 ^{ns}	213,34±12,54*	20,97±1,23*	0,29±0,03*
75/25	65±3,16 ^{ns}	207,70±5,44*	20,38±0,53*	0,31±0,02*
50/50	67,20±8,68 ^{ns}	207,53±10,37*	20,75±1,04*	0,32±0,03*
25/75	63,67±6,35 ^{ns}	203,09±5,44*	20,15±0,54*	0,31±0,02*
0/100	65,83±8,33 ^{ns}	201,84±9,06*	19,33±0,87*	0,33 ±0,03*

* Diferença da caseína significativa a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.

^{ns} Diferença da caseína não significativa a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.

Tabela 8B – Valores médios (e desvios-padrão) de PER, PERR, NPR e NPRR das dietas à base de mortadelas formuladas com SLT e CPS, nos três níveis de gordura, e sua comparação com os valores da dieta à base de caseína, após 14 dias de experimento

Formulação	PER	PERR ^a (%)	NPR	NPRR ^b (%)
10% Gordura				
Caseína	3,70±0,32	100,00	4,59±0,33	100,00
Controle	2,78±0,23*	75,24±6,34*	3,39±0,22*	73,81±4,86*
100/0	3,07±0,34*	83,00±9,15*	3,67±0,42*	79,87±9,16*
75/25	2,89±0,35*	78,19±9,33*	3,44±0,36*	74,92±7,84*
50/50	2,87±0,20*	77,43±5,46*	3,42±0,21*	74,63±4,54*
25/75	2,94±0,39*	79,36±10,65*	3,50±0,41*	76,31±9,04*
0/100	2,54±0,40*	68,56±10,84*	3,10±0,42*	67,50±9,17*
20% Gordura				
Caseína	3,86±0,40	100	4,84±0,45	100
Controle	2,95±0,39*	76,53±10,16*	3,51±0,39*	72,51±8,04*
100/0	2,91±0,35*	75,46±8,95*	3,50±0,35*	72,24±7,25*
75/25	3,13±0,43*	81,18±11,19*	3,69±0,45*	76,26±9,26*
50/50	3,27±0,35*	84,86±8,96*	3,85±0,34*	79,49±7,00*
25/75	3,02±0,31*	78,28±8,09*	3,59±0,33*	74,13±6,78*
0/100	3,00±0,50*	77,74±12,92*	3,57±0,51*	73,70±10,50*
30% Gordura				
Caseína	4,28±0,19	100	5,09±0,18	100
Controle	3,25±0,25*	75,99±5,75*	3,80±0,26*	74,81±5,05*
100/0	2,91±0,25*	68,05±5,95*	3,47±0,26*	68,21±5,19*
75/25	3,19±0,21*	74,64±4,82*	3,77±0,22*	74,04±4,30*
50/50	3,23±0,30*	75,51±7,07*	3,79±0,28*	74,59±5,57*
25/75	3,15±0,24*	73,75±5,57*	3,73±0,23*	73,42±4,44*
0/100	3,40±0,35*	79,50±8,24*	4,00±0,34*	78,75±6,76*

* Diferença da caseína significativa a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.

^a PER relativo.

^b NPR relativo

Tabela 9B – Valores médios (e desvios-padrão) da digestibilidade verdadeira das dietas à base de mortadelas formuladas com SLT e CPS e sua comparação com os valores da dieta à base de caseína, após 14 dias de experimento

Formulação	Digestibilidade (%)	Digestibilidade de R (%)
Caseína	95,19 ± 1,10	100
Controle	94,59 ± 0,94 ^{ns}	99,37 ± 0,99 ^{ns}
100/0	93,66 ± 0,98*	98,39 ± 1,03*
75/25	94,52 ± 0,65 ^{ns}	99,30 ± 0,68 ^{ns}
50/50	94,28 ± 0,57*	99,04 ± 0,60*
25/75	94,12 ± 1,09*	98,88 ± 1,15*
0/100	93,85 ± 1,15*	98,59 ± 1,21*

* Diferença da caseína significativa a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.

^{ns} Diferença da caseína não significativa a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.

Tabela 10B – Valores médios (e desvios-padrão) do ganho de hemoglobina e do valor de hematócrito dos ratos alimentados com dietas contendo sulfato ferroso (padrão) e mortadelas adicionadas de combinações distintas de 12 mg de ferro/kg na dieta

Formulação	Ganho de Hb (g/dL)	Hematócrito (%)
Sulfato ferroso	1,75 ± 0,90	34,29 ± 2,56
Controle	2,26 ^{ns} ± 0,78	40,10 ^{ns} ± 1,08
100/0	3,26* ± 0,57	38,19 ^{ns} ± 0,81
50/50	2,63 ^{ns} ± 0,13	35,56 ^{ns} ± 0,87
0/100	2,20 ^{ns} ± 0,63	35,03 ^{ns} ± 1,86

* Diferença do sulfato ferroso significativa a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.

^{ns} Diferença do sulfato ferroso não significativa a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.

Tabela 11B – Valores médios (e desvios-padrão) da eficiência na recuperação de hemoglobina (HRE) dos ratos anêmicos no nível de ferro de 12 mg.kg⁻¹, nas dietas experimentais

Combinação SLT/CPS	10% Gordura	20% Gordura	30% Gordura
Controle	116,04±44,51	63,05±12,87	102,55±53,74
100/0	115,26 ^{ns} ±29,91	101,57*±17,19	116,94 ^{ns} ±32,19
50/50	80,58 ^{ns} ±17,27	113,49*±27,66	113,55 ^{ns} ±15,87
0/100	65,49*±5,35	99,38*±34,48	122,76 ^{ns} ±62,84

* Diferença do sulfato ferroso significativa a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.

^{ns} Diferença do sulfato ferroso não significativa a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.