

ROBSON EDUARDO VIVAS DOS SANTOS

**AVALIAÇÃO FÍSICA, QUÍMICA, MICROBIOLÓGICA E NUTRICIONAL DE
MORTADELAS FORMULADAS COM MISTURAS DE SANGUE SUÍNO E
CONCENTRADO PROTÉICO DE 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
2007

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

T

S237a
2007

Santos, Robson Eduardo Vivas dos, 1969-
Avaliação física, química, microbiológica e nutricional
de mortadelas formuladas com misturas de sangue suíno
e concentrado protéico de soro de leite / Robson Eduardo
Vivas dos Santos. – Viçosa, MG, 2007.
xvii, 94f. : il. ; 29cm.

Inclui apêndice.

Orientador: Lúcio Alberto de Miranda Gomide.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 76-87.

1. Embutidos (Alimentos) - Composição. 2. Alimentos -
Análise. 3. Alimentos - Microbiologia. 4. Suíno - Sangue.
5. Proteínas. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

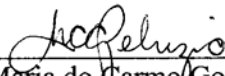
CDD 22.ed. 664.907

ROBSON EDUARDO VIVAS DOS SANTOS

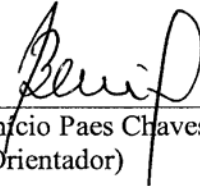
**AVALIAÇÃO FÍSICA, QUÍMICA, MICROBIOLÓGICA E NUTRICIONAL DE
MORTADELAS FORMULADAS COM MISTURAS DE SANGUE SUÍNO E
CONCENTRADO PROTÉICO DE SORO DE LEITE**

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: 23 de julho de 2007.



Prof.^a Maria do Carmo Gouveia Peluzio
(Co-Orientadora)




Prof. José Benício Paes Chaves
(Co-Orientador)



Prof. Marco Túlio Coelho Silva



Prof. Paulo Rogério Fontes



Prof. Lúcio Alberto de Miranda Gomide
(Orientador)

*A Deus,
energia eterna.*

*À memória de meu pai,
Ruy Eduardo dos Santos.*

*À minha mãe guerreira,
Ignez Vivas dos Santos.*

*À minha mulher companheira,
Rosangela Melo da Silva Santos.*

*À minha filha maravilhosa,
Juliana Melo Vivas.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela força e ajuda em mostrar que os desafios devem ser superados a cada dia.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Tecnologia de Alimentos (DTA) e de Nutrição e Saúde (DNS), pela oportunidade de crescimento.

À Rio Branco Alimentos S.A. (PIF PAF), pela concessão de ingredientes e condimentos, pelos aditivos e pelas tripas para formulação de mortadelas utilizadas neste trabalho.

À empresa Tangará, pela concessão do concentrado protéico de soro de leite para formulação de mortadelas utilizadas neste trabalho.

Ao Abatedouro Saudali, pela concessão do sangue suíno para realização deste projeto.

Ao professor Lúcio Alberto de Miranda Gomide, pela orientação, firmeza, exigência, atenção e dedicação, importantíssimas neste trabalho.

Aos professores Maria do Carmo Gouveia Peluzio e José Benício Paes Chaves, pela valiosa co-orientação, pelo estímulo, pelo ensino, pelo apoio e pela dedicação, imprescindíveis na finalização deste trabalho.

Aos professores Nélio José de Andrade, Afonso Mota Ramos, Neuza Maria Brunoro Costa, Marco Túlio Coelho Silva e Regina Célia Santos Mendonça, pelos ensinamentos, pelo auxílio, pela paciência e pelas sugestões, que me fizeram alcançar este objetivo.

Aos meus familiares, que sempre me incentivaram na caminhada da vida.

Aos diversos amigos, que não mediram forças em estimular-me novas conquistas e nunca esmorecer nos vários desafios e obstáculos impostos pela vida.

Aos funcionários do DTA e DNS, em especial ao Sr. Valente, Wandick, Geralda e Cassiano, pela ajuda e companhia.

Aos alunos de graduação da UFV, Weskley da Silva Cotrim e Flávia Xavier Valente.

Aos amigos da Pif Paf, José Maria, Gerson, Fábio, Ruither, Marcílio, Paula, Juninho, Valmir, Marcelo, Edson, Serighelli, Leonardo, Ailto, Salermo, Baptista, Décio, Cinthia, Cléo, Gravina, Mario e outros, que sempre me apoiaram na realização deste projeto.

A todos os professores, funcionários, colegas e amigos da UFV que, direta ou indiretamente, contribuíram para a execução deste trabalho.

BIOGRAFIA

ROBSON EDUARDO VIVAS DOS SANTOS, filho de Ruy Eduardo dos Santos e Ignez Vivas dos Santos, nasceu em Teresópolis, Estado do Rio de Janeiro, em 7 de março de 1969.

Em 1988, ingressou na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ, onde, em 1992, graduou-se em Medicina Veterinária.

Em 2000, iniciou o curso de Mestrado em Higiene, Inspeção e Tecnologia de Carnes e Derivados na Universidade Federal Fluminense, obtendo o título em 2002.

Em 2002, iniciou o Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Viçosa, em nível de Doutorado, submetendo-se à defesa de tese em 23 de julho de 2007.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE FIGURAS	xii
RESUMO	xiv
ABSTRACT	xvi
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. Composição do sangue	4
2.2. Composição do soro de leite	6
2.3. Aproveitamento do sangue	8
2.4. Aproveitamento do soro de leite	11
2.5. Utilização e valor nutricional do sangue em alimentos	13
2.6. Utilização e valor nutricional do soro de leite em alimentos	19
2.7. Utilização do monóxido de carbono em carnes e produtos cárneos	21
2.8. Utilização e consumo da mortadela	23
2.9. Avaliação biológica da qualidade protéica	24
3. MATERIAL E MÉTODOS	26
3.1. Obtenção do sangue desidratado e do concentrado protéico do soro de leite	26
3.2. Formulação e processamento das mortadelas	27

	Página
3.3. Análises físicas das formulações	29
3.3.1. Avaliação da cor das mortadelas	29
3.3.2. Análise da textura	31
3.4. Análises químicas das mortadelas	31
3.4.1. Proteínas totais	31
3.4.2. Lipídio	31
3.4.3. Umidade	32
3.4.4. Resíduo mineral fixo (cinzas)	32
3.4.5. Carboidratos	32
3.4.6. Determinação de ferro	32
3.4.7. Análise dos aminoácidos	32
3.5. Avaliação microbiológica das mortadelas	34
3.6. Avaliação da qualidade protéica da mortadela	34
3.6.1. Preparo das dietas experimentais	34
3.6.2. Ensaio biológico	37
3.6.3. Determinação do ganho de peso (GP), do consumo alimentar (CA), da proteína consumida (PC) e do coeficiente de eficiência alimentar (CEA)	37
3.6.4. Determinação do coeficiente de eficácia protéica (PER), da razão protéica líquida (NPR) e da digestibilidade verdadeira (DV)	38
3.6.5. Determinação do escore químico corrigido pela digestibilidade da proteína (PDCAAS)	39
3.7. Delineamento experimental	40
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
4.1. Análise das coordenadas de cor das mortadelas	42
4.1.1. Avaliação de “L*”	43
4.1.2. Avaliação de “a*”	46
4.1.3. Avaliação de “b*”	49
4.1.4. Avaliação de “h*” e “c*”	52
4.1.5. Avaliação da diferença de cor “ ΔE^* ”	55
4.2. Avaliação química das mortadelas	56
4.3. Avaliação da textura das mortadelas	59
4.4. Avaliação microbiológica das mortadelas	62
4.5. Avaliação da qualidade protéica	63
5. RESUMO E CONCLUSÕES	73
6. RECOMENDAÇÕES FUTURAS	75
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76
APÊNDICE	88

LISTA DE TABELAS

	Página
1 Proporção do plasma e de elementos celulares do sangue em diferentes espécies animais.....	5
2 Composição química comparativa do sangue e do leite de vaca (g/litro).....	5
3 Composição química do sangue integral de diferentes espécies animais.....	6
4 Composição e funções biológicas das proteínas do soro de leite bovino	7
5 Conteúdo dos aminoácidos indispensáveis do concentrado protéico de soro doce (CSD), caseinato de sódio (CasNa) e coágulo de caseína (Co-Cas), comparado aos padrões recomendados pela FAO	8
6 Composição química do sangue em pó, do soro de leite em pó e do concentrado protéico do soro de leite (CPS)	15
7 Conteúdo de aminoácidos indispensáveis da carne, do sangue integral, do plasma e da globina de bovinos (g/100 g de proteína), comparado aos padrões recomendados pela FAO.....	16
8 Composição e teor de proteínas das dietas experimentais utilizadas no ensaio biológico de avaliação da qualidade protéica das mortadelas (g/100 g de mistura).....	35

	Página
9 Mistura de vitaminas utilizada nos experimentos	35
10 Mistura de minerais utilizada nos experimentos	36
11 Médias (\pm desvios-padrão) dos índices de luminosidade (L*), vermelho (a*), amarelo (b*), tonalidade (h*) e saturação (c*) das mortadelas formuladas pela substituição de 10% de carne por diferentes níveis de mistura de sangue (tratado com monóxido de carbono - SCO, ou não – SNT) e concentrado protéico de soro de leite (CPS), comparado com a mortadela-controle (MC).....	42
12 Médias (\pm desvios-padrão) dos índices de luminosidade (L*), vermelho (a*), amarelo (b*), tonalidade (h*) e saturação (c*) das mortadelas formuladas com mesmo nível de mistura de sangue e concentrado protéico de soro de leite (CPS), porém diferentes no tipo de sangue utilizado (tratado com monóxido de carbono - SCO, ou não – SNT)	43
13 Resumo da avaliação de cor para os valores de ΔE^* , ao relacionar as diversas formulações de mortadelas com a mortadela-controle (MC)...	55
14 Composição centesimal de mortadelas formuladas com diferentes combinações de sangue (tratado ou não com CO) e CPS, comparada com a mortadela-controle (MC)	57
15 Teores de ferro de mortadelas formuladas com diferentes combinações de sangue (tratado ou não com CO) e CPS, comparados com o da mortadela-controle (MC)	58
16 Médias (\pm desvios-padrão) dos índices de dureza, elasticidade e coesividade das mortadelas formuladas pela substituição de 10% de carne por diferentes níveis de mistura de sangue e concentrado protéico de soro de leite, comparadas com a da mortadela-controle.....	60
17 Contagens aos 0 e 30 dias de coliformes, estafilococos e clostrídios das mortadelas formuladas com adição de sangue/CPS (M1 a M9), e da mortadela-controle (MC)	62
18 Valores médios (\pm desvios-padrão) das variáveis 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, formuladas com adição de mistura de sangue/CPS (M1 a M6), e a mortadela-controle (MC).....	64
19 Valores médios (e desvios-padrão) referentes ao PER e NPR das dietas à base de mortadelas formuladas com misturas distintas de sangue suíno e concentrado protéico de soro de leite, em substituição a 10% da carne bovina (comparado à mortadela-controle – MC).....	66

20	Composição de aminoácidos (mg/g de proteína) da mortadela-controle e das mortadelas formuladas com adição da mistura sangue/CPS, utilizadas no ensaio biológico com ratos, e os respectivos escores químicos (%).....	69
21	Valores médios (e desvios-padrão) referentes à digestibilidade verdadeira (%) das dietas à base de mortadela-controle (MC) e das mortadelas formuladas com misturas distintas de sangue suíno e concentrado protéico de soro de leite, em substituição a 10% da carne bovina, comparadas aos da dieta à base de caseína.....	71
22	Valores médios (e desvios-padrão) referentes aos PDCAAS das dietas à base de mortadelas formuladas com misturas distintas de sangue suíno e concentrado protéico de soro de leite em substituição a 10% da carne bovina, em relação à mortadela-controle – MC	72
1A	Resumo da análise de regressão dos valores de L* , a* , b* , h* e c* das formulações de mortadelas, com adição de mistura de sangue (não-tratado com CO) + CPS (M1 a M6), em substituição a 10% da carne bovina	89
2A	Resumo da análise de regressão dos valores de L* , a* , b* , h* e c* das formulações de mortadelas com adição de mistura de sangue (tratado com CO) + CPS (M7 a M9), em substituição a 10% da carne bovina ...	89
3A	Resumo da análise de regressão dos valores de dureza, elasticidade e coesividade das formulações de mortadelas com adição de mistura de sangue (não-tratado com CO) + CPS (M1 a M6), em substituição a 10% da carne bovina	90
4A	Resumo da análise de regressão dos valores de dureza, elasticidade e coesividade das formulações de mortadelas com adição de mistura de sangue (tratado com CO) + CPS (M7 a M9), em substituição a 10% da carne bovina.....	90
5A	Resumo da análise de variância dos valores de dureza, elasticidade e coesividade da mortadela-controle (MC) e das formulações de mortadelas com adição de mistura de sangue/CPS (M1 a M9).....	90
6A	Resumo da análise de regressão da composição centesimal das formulações de mortadelas com adição de mistura de sangue (não-tratado com CO) + CPS (M1 a M6), em substituição a 10% da carne bovina	91
7A	Resumo da análise de regressão da composição centesimal das formulações de mortadelas com adição de mistura de sangue (tratado com CO) + CPS (M7 a M9), em substituição a 10% da carne bovina	91

8A	Resumo da análise de variância da composição centesimal da mortadela-controle (MC) e das formulações de mortadelas com adição de mistura de sangue/CPS (M1 a M9)	91
9A	Resumo da análise de regressão do teor de ferro das formulações de mortadelas com adição de mistura de sangue (não-tratado com CO) + CPS (M1 a M6), em substituição a 10% da carne bovina	92
10A	Resumo da análise de regressão do teor de ferro das formulações de mortadelas com adição de mistura de sangue (tratado com CO) + CPS (M7 a M9), em substituição a 10% da carne bovina	92
11A	Resumo da análise de variância dos teores de ferro da mortadela-controle (MC) e das formulações de mortadelas com adição de mistura de sangue/CPS (M1 a M9), em substituição a 10% da carne bovina	92
12A	Resumo da análise de variância dos valores de ganho de peso (GP), consumo alimentar (CA), proteína consumida (PC) e coeficiente de eficiência alimentar (CEA) das dietas à base de caseína da mortadela-controle (MC) e das formulações de mortadelas com adição de mistura de sangue/CPS (M1 a M6), em substituição a 10% da carne bovina	93
13A	Resumo da análise de variância dos valores de ganho de peso (GP), consumo alimentar (CA), proteína consumida (PC) e coeficiente de eficiência alimentar (CEA) da mortadela-controle (MC) e das formulações de mortadelas com adição de mistura de sangue/CPS (M1 a M6) em substituição a 10% da carne bovina	93
14A	Resumo da análise de regressão dos valores de ganho de peso (GP), consumo alimentar (CA), proteína consumida (PC) e coeficiente de eficiência alimentar (CEA) das formulações de mortadelas com adição de mistura de sangue/CPS (M1 a M6), em substituição a 10% da carne bovina	93
15A	Resumo da análise de variância dos valores de PER (coeficiente de eficiência protéica), PERR (PER relativo), NPR (razão protéica líquida), NPRR (NPR relativo), digestibilidade verdadeira e PDCAAS (escore químico corrigido pela digestibilidade) das dietas à base da mortadela-controle (MC) e das formulações de mortadelas com adição de mistura de sangue/CPS (M1 a M6), em substituição a 10% da carne bovina	94
16A	Resumo da análise de regressão dos valores de PER (coeficiente de eficiência protéica), NPR (razão protéica líquida), digestibilidade verdadeira e PDCAAS (escore químico corrigido pela digestibilidade) das dietas à base das formulações de mortadelas com adição de mistura de sangue/CPS (M1 a M6), em substituição a 10% da carne bovina	94

LISTA DE FIGURAS

	Página
1 Sangue suíno desidratado e sangue suíno tratado com monóxido de carbono e desidratado em <i>spray-dryer</i>	27
2 Cortes transversais das diferentes formulações de mortadelas (MC a M6)	30
3 Cortes transversais das diferentes formulações de mortadelas elaboradas com mistura de sangue desidratado não-tratado e CPS (M1, M3 e M5) e com mistura de sangue desidratado, tratado com CO, e CPS (M7, M8 e M9).....	30
4 <i>Pellets</i> das dietas contendo as respectivas formulações de mortadelas-controle (MC) e com misturas distintas de sangue/CPS (M1, M2, M3, M4, M5 e M6)	36
5 Variação dos valores de L^* de mortadelas formuladas com substituição de 10% de carne por misturas de sangue não-tratado com CO + concentrado protéico de soro de leite (CPS) (—◆—); sangue tratado com CO + concentrado protéico de soro de leite (CPS) (---▲---); e mortadela-controle (■), sem uso de sangue ou CPS.....	44
6 Variação dos valores de a^* de mortadelas formuladas com substituição de 10% de carne por misturas de sangue não-tratado com CO + concentrado protéico de soro de leite (CPS) (—◆—); sangue tratado com CO + concentrado protéico de soro de leite (CPS) (---▲---); e mortadela-controle (■), sem uso de sangue ou CPS.....	47

7	Varição dos valores de b^* de mortadelas formuladas com substituição de 10% de carne por misturas de sangue não-tratado com CO + concentrado protéico de soro de leite (CPS) (—◆—); sangue tratado com CO + concentrado protéico de soro de leite (CPS) (---▲---); e mortadela-controle (■) sem uso de sangue ou CPS.....	51
8	Varição dos valores de h^* de mortadelas formuladas com substituição de 10% de carne por misturas de sangue não-tratado com CO + concentrado protéico de soro de leite (CPS) (—◆—); sangue tratado com CO + concentrado protéico de soro de leite (CPS) (---▲---); e mortadela-controle (■) sem uso de sangue ou CPS.....	53
9	Varição dos valores de c^* de mortadelas formuladas com substituição de 10% de carne por misturas de sangue não-tratado com CO + concentrado protéico de soro de leite (CPS) (—◆—); sangue tratado com CO + concentrado protéico de soro de leite (CPS) (---▲---); e mortadela-controle (■) sem uso de sangue ou CPS.....	54
10	Varição dos teores de ferro (ppm) de mortadelas formuladas com substituição de 10% de carne por misturas de sangue não-tratado com CO + concentrado protéico de soro de leite (CPS) (—◆—); sangue tratado com CO + concentrado protéico de soro de leite (CPS) (---▲---); e mortadela-controle (■) sem uso de sangue ou CPS.....	58

RESUMO

SANTOS, Robson Eduardo Vivas dos, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2007. **Avaliação física, química, microbiológica e nutricional de mortadelas formuladas com misturas de sangue suíno e concentrado protéico de soro de leite.** Orientador: Lúcio Alberto de Miranda Gomide. Co-Orientadores: Maria do Carmo Gouveia Peluzio e José Benício Paes Chaves.

Buscando uma alternativa de utilização do sangue animal e soro de leite para consumo humano, estudou-se o efeito da substituição de 10% de carne bovina em mortadelas, por misturas distintas de sangue suíno (tratado com monóxido de carbono ou não) e concentrado protéico de soro de leite (CPS), sobre a cor (valores de L^* , a^* , b^* , c^* , h^* e ΔE^*), a composição química (teores de umidade, proteína, lipídio, cinzas, carboidratos e ferro), a textura (dureza, elasticidade e coesividade), a microbiológica (contagens de coliformes a 45 °C, *Staphylococcus* coagulase positiva e *Clostridium* sulfito redutores) e a qualidade protéica (valores de PER, NPR e PDCAAS). Relacionaram-se os valores da mortadela-controle (sem adição de sangue e CPS) com outras nove mortadelas, com as respectivas misturas: M1 (100% sangue), M2 (80% sangue e 20% CPS), M3 (60% sangue e 40% CPS), M4 (40% sangue e 60% CPS), M5 (20% sangue e 80% CPS), M6 (100% CPS), M7 (100% sangue tratado com CO), M8 (60% sangue tratado com CO e 40% CPS) e M9 (20% sangue tratado com CO e 80% CPS). Na avaliação da cor os valores de L^* aumentaram com a diminuição da adição de sangue e o aumento de CPS, devendo ser ressaltado que todas as formulações testadas diferiram ($P < 0,05$) da mortadela-controle e que todas as mortadelas que utilizaram sangue tratado com monóxido de carbono apresentaram ($P < 0,05$) valores de L^*

superiores àqueles das respectivas formulações similares que utilizaram sangue não-tratado. Os valores de a^* elevaram-se com o aumento da adição de sangue e a diminuição de CPS. As mortadelas M5, M6 e M9 não diferiram ($P > 0,05$) da mortadela-controle. As mortadelas que utilizaram sangue tratado com monóxido de carbono não apresentaram valores de a^* diferentes ($P > 0,05$) das formulações similares que utilizaram sangue não-tratado. Os valores de b^* aumentaram com a diminuição da adição de sangue e aumento de CPS. Os valores de b^* das mortadelas M4, M5 e M6 não diferiram ($P > 0,05$) daquele da mortadela-controle. As mortadelas M8 e M9, que utilizaram sangue tratado com monóxido de carbono, apresentaram valores de b^* inferiores ($P < 0,05$) aos das mortadelas M3 e M5 que utilizaram sangue não-tratado. Os valores de h^* aumentaram com a diminuição da adição de sangue e o aumento de CPS, devendo ser ressaltado que a mortadela M5 não diferiu ($P > 0,05$) da mortadela-controle. As mortadelas M7 e M8, que utilizaram sangue tratado com monóxido de carbono, apresentaram valores de h^* inferiores ($P < 0,05$) aos das mortadelas M1 e M3, que utilizaram sangue não-tratado. Os valores de c^* das formulações testadas não diferiram ($P > 0,05$) dos da mortadela-controle e não variaram em função do nível de adição de sangue ou CPS ou do tipo de sangue usado, com exceção da mortadela M7, que apresentou o maior valor de c^* e diferiu da MC ($P < 0,05$). A mortadela M6 apresentou menor diferença de cor (ΔE^*), avaliada como “pouco perceptível”, em relação à mortadela-controle (MC). O valor de ΔE^* elevou-se com a adição de sangue, ou diminuição de CPS, na formulação da mortadela, não sendo afetada pelo tipo de sangue utilizado. A composição centesimal das mortadelas não foi afetada ($P > 0,05$) pela substituição de 10% de carne por nenhuma das misturas de sangue e CPS. Nenhuma das formulações testadas diferiu ($P > 0,05$) da mortadela-controle quanto à dureza, elasticidade ou coesividade. A avaliação microbiológica das mortadelas mostrou que todas as formulações testadas apresentaram contagens de coliformes a 45 °C, *Staphylococcus* coagulase positiva e *Clostridium* sulfito redutores abaixo dos limites propostos pela legislação brasileira. O coeficiente de eficiência protéica (PER), a razão protéica líquida (NPR) e o escore químico corrigido pela digestibilidade da proteína (PDCAAS) das formulações testadas não diferiram ($P > 0,05$) daqueles obtidos pela dieta à base de mortadela-controle.

ABSTRACT

SANTOS, Robson Eduardo Vivas dos, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2007. **Physical, chemical, nutritional and microbiology evaluation of mortadelas formulated with mixture of blood and whey protein concentrate.** Adviser: Lúcio Alberto de Miranda Gomide. Co-Advisers: Maria do Carmo Gouveia Peluzio and José Benício Paes Chaves.

Looking for a greater utilization of animal blood and whey for human consumption, it was evaluated the effect of substituting 10% of meat in mortadela for different mixtures of swine blood (treated or not with carbon monoxide) and whey protein concentrate (WPC), on color CIE values (L^* , a^* , b^* , c^* , h^* and ΔE^*), chemical composition (moisture, protein, lipid, ashes, carbohydrate and iron), texture parameters (hardness, springiness and cohesiveness), microbial (Coliformes to 45 °C, *Staphylococcus* positive coagulase and *Clostridium* sulfite reducers) and protein quality (PER, NPR and PDCAAS). Data of nine mortadela's formulations (M1 - 100% blood, M2 - 80% blood and 20% WPC, M3 - 60% blood and 40% WPC, M4 - 40% blood and 60% WPC, M5 - 20% blood and 80% WPC, M6 - 100% WPC, M7 - 100% blood treated with CO, M8 - 60% blood treated with CO and 40% WPC, and M9 - 20% blood treated with CO and 80% WPC) was contrasted against those of the control mortadela (without addition of blood and WPC). Color evaluation showed that L^* values increased with the decrease in blood addition or increase of CPS. L^* value of every mortadela formulation differed ($P < 0.05$) from the control mortadela; and mortadela's formulated with CO treated blood had higher ($P < 0.05$) L^* values than their similar

formulations based on regular untreated blood. a^* values increased by increasing blood or decreasing WPC addition. a^* values of formulations M5, M6 and M9 did not differ ($P > 0.05$) from that of the control. Formulations based on CO-treated blood had similar a^* values ($P > 0.05$) than those of similar formulations using untreated blood. b^* values increased with decrease in blood or increase of WPC addition. Formulations M4, M5 and M6 had similar ($P > 0.05$) b^* values to those of the control. The mortadelas M8 e M9 based on utilization of CO-treated blood had lower b^* values ($P < 0.05$) at the mortadelas M3 e M5 based on utilization of untreated regular blood. Decreasing blood, or increasing WPC, addition in the formulation resulted in an increase in h^* values. Hue (h^*) value of formulation M5 was similar ($P > 0.05$) to those of the control. The mortadelas M7 e M8 based on utilization of CO-treated blood had lower h^* values ($P < 0.05$) at the mortadelas M1 e M3 based on utilization of untreated regular blood. c^* values of the evaluated formulations differed ($P < 0.05$) from that of the control, and was not affected by blood or WPC addition nor by the type of blood used, except for the mortadela M7 that presented the largest value of c^* and it differed of MC ($P < 0.05$). Regarding the control, formulation M6 presented the lowest color difference (ΔE^*), described as "weakly perceived". ΔE^* values increased with the increase in blood, or with the decrease in WPC addition and was not affected by the type of blood used. Mortadela's composition was not affected ($P > 0.05$) by the substitution of 10% meat for any of the blood and WPC mixtures. None of the evaluated formulations differed from the control regarding the texture parameters (hardness, springiness and cohesiveness). Microbial evaluation showed that every formulated mortadela had Coliforme at 45 °C, *Staphylococcus* positive coagulase and sulfite reducing *Clostridium* counts bellow the Brazilian legislation. Protein Efficiency Ratio (PER), Net Protein Ratio (NPR) and Protein Digestibility-Corrected Amino Acid Score (PDCAAS) of the tested formulations were similar ($P > 0.05$) to those of the control mortadela.

1. INTRODUÇÃO

A população do Planeta era 2,5 bilhões em 1950, mas após cinco décadas este número mais que duplicou, ou seja, em 2005 já ultrapassávamos os 6,4 bilhões de habitantes (DESA, 2006).

Dados do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada mostram que cerca de 32 milhões de brasileiros defrontam-se diariamente com o problema da fome e que a desnutrição energético-protéica continua sendo um problema grave de saúde pública no Brasil, onde 31% das crianças menores de 5 anos apresentam desnutrição, independentemente do grau considerado, uma vez que essa desnutrição já é alta (21% dos bebês) nos seis primeiros meses de vida (REBELLO, 1998; VELHO, 2002).

O crescimento contínuo da população mundial e a necessidade de aumento no fornecimento de nutrientes estimulam o estudo e desenvolvimento de novos produtos alimentares, inclusive oriundos de subprodutos das indústrias.

Um dos principais focos das empresas é alcançar a melhor produtividade, e um dos caminhos mais utilizados na área alimentícia é o total aproveitamento dos recursos disponíveis, garantindo maior fonte de divisas, reduzindo perdas e diminuindo impactos ambientais.

Nas indústrias de processamento de carne, ou de leite, são obtidos diversos subprodutos, sendo importante, na maioria dessas empresas, a máxima transformação e aproveitamento desses materiais. Dessa forma, o sangue e o soro de leite podem ser utilizados como fonte de nutrientes, em vez de serem normalmente direcionados para o meio ambiente, sem prévio tratamento, constituindo-se em significativa fonte de poluição.

No Brasil, em 2005, foram abatidos cerca de 34 milhões de suínos (ANUALPEC, 2006), que forneceram, aproximadamente, 102 milhões de litros de sangue. Até o momento este volume de sangue é mal aproveitado, sendo usado em rações para animais e em fertilizantes ou lançado diretamente no meio ambiente.

Estima-se que a produção mundial de soro de leite é de 100 bilhões de litros por ano (SGARBIERI, 2002). No Brasil, em 2005, a produção de queijo chegou a 480 mil toneladas (ANUALPEC, 2006), o que, considerando que na produção de cada quilo de queijo obtêm-se 9 litros de soro (SGARBIERI, 2002), leva à geração de 4,32 bilhões de litros de soro de leite.

Tanto o sangue quanto o soro de leite são fontes alternativas de proteína que podem ser utilizadas na alimentação humana.

Com conteúdo protéico elevado, similar ao da carne, o sangue animal pode ter um aproveitamento muito mais intensivo e racional no Brasil, como se faz em alguns países da Europa.

Muitos países já utilizam a proteína do soro de leite em larga escala. Porém os laticínios brasileiros ainda não fizeram um investimento no sentido de aproveitar melhor esse subproduto. No Brasil, normalmente utiliza-se o tratamento térmico para promover a coagulação do leite. Este procedimento praticamente elimina as propriedades funcionais da proteína do soro do leite. Porém, utilizando a ultrafiltração, seguida de diafiltração, podem ser obtidos o permeado (basicamente lactose) e o retentado (85% de proteínas). Este último produto, quando desidratado, pode ser acrescentado em diversos produtos alimentares (SGARBIERI, 2002).

As proteínas do sangue apresentam excelentes propriedades emulsificantes e gelatinizantes (KNIPE, 1988), e a composição de aminoácidos indispensáveis é semelhante ao da carne, sendo deficiente em metionina e isoleucina (GORBATOV, 1988). No entanto, o soro de leite é rico nos aminoácidos deficientes no sangue e, desta forma, poderia ser o complemento ideal para uma adequada composição de aminoácidos indispensáveis. Além disso, as proteínas do soro de leite possuem várias propriedades funcionais, como as atividades imunomoduladora, antimicrobiana e antiviral, anticâncer, antiúlcera e protetora do sistema cardiovascular (SGARBIERI, 2004).

De qualquer forma, as proteínas de origem animal, em razão de sua composição em aminoácidos, são de 1,5 a 2,0 vezes mais eficientes que as de origem vegetal (GORBATOV, 1988).

O ferro é um outro componente importante no sangue, pois sua concentração é dez vezes maior (0,3 mg/g) do que a da carne (GORBATOV, 1988). O ferro heme presente no sangue, por sua elevada proporção e sua excelente biodisponibilidade, quando comparado com o ferro não-heme, pode ser um recurso a ser utilizado na prevenção de anemias, quando feita inclusão do sangue na alimentação humana. No Brasil, onde a deficiência protéica e de ferro constitui sério problema de alimentação, é muito importante que se desenvolva uma tecnologia apropriada para o aproveitamento do sangue animal que permita à indústria incorporá-lo na alimentação humana (FONTES, 2006).

A utilização de sangue para consumo humano tem como obstáculo a formação de coloração escura nos produtos em que é usado como matéria-prima. No entanto, há métodos para evitar a coloração escura, como o uso de plasma e globina descolorida. Também existem pesquisas, realizadas no Departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Viçosa, com utilização de sangue tratado com monóxido de carbono, que gera um produto de cor agradável e estável, com potencial para permitir tanto a produção de produtos estritamente à base de sangue como a incorporação de níveis elevados de sangue em produtos cárneos processados (FONTES, 1999; TORRES *et al.*, 1999; PEREIRA, 2000; FONTES, 2006). O uso concomitante do sangue com soro de leite pode ser mais uma alternativa para redução desse inconveniente na cor dos produtos.

A utilização do sangue em produtos cárneos pode levar à redução no teor de nitrito residual, com conseqüentes riscos ao desenvolvimento de *C. botulinum* (TOMPKIN *et al.*, 1979), ou à maior oxidação da gordura destes produtos em função do aumento de heme proteínas ou ferro livre (OELLINGRATH e SLINDE, 1988). Porém, em pesquisa conduzida por Pereira (2000) constatou-se que mortadelas sem adição de sangue não diferiram, no teor de nitrito residual, daquelas formuladas com adição de diferentes níveis (5, 10, 15 e 20%) e tipos de sangue tratado com monóxido de carbono ou não.

O presente trabalho teve por objetivo avaliar diferentes formulações de mortadelas com adição de níveis distintos de misturas de sangue suíno e CPS (concentrado protéico de soro de leite), avaliando, nestes produtos: a cor, a textura, a composição centesimal, a qualidade microbiológica e a qualidade protéica, por meio de perfil de aminoácidos e ensaio biológico com ratos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Composição do sangue

O sangue é constituído de uma fase líquida, denominada plasma, e de componentes celulares: eritrócitos (células vermelhas), plaquetas, granulócitos (neutrófilos, eosinófilos e basófilos), monócitos/macrófagos e linfócitos (MERCK, 1991).

A função do eritrócito é transportar oxigênio para os tecidos a uma determinada pressão que permita sua rápida difusão para as células em metabolismo. Tudo isso é feito por uma molécula transportadora (hemoglobina), um veículo (eritrócito ou hemácia) e um metabolismo gerado para proteção tanto do veículo quanto da molécula transportadora. A hemoglobina (Hb) é uma molécula complexa, cujos principais componentes são porfirina, heme, e a proteína globular, globina. Cada molécula é composta por quatro unidades heme ligadas a quatro globinas (2α e 2β -globinas). Uma vez que cada heme possui um átomo de ferro transportador de oxigênio, cada molécula de hemoglobina pode transportar quatro moléculas de oxigênio para os tecidos (MERCK, 1991). As células brancas fazem parte do mecanismo de defesa do organismo, protegendo os tecidos contra a invasão de bactérias. As plaquetas têm participação no mecanismo de coagulação do sangue, liberando enzimas que reagem com o fibrinogênio para formar a fibrina, quando o sangue é exteriorizado. A fibrina se precipita sob a forma de uma fina rede que retém os elementos celulares, formando o coágulo. O líquido remanescente, de coloração clara, é o soro. Para preservar o sangue

integral e impedir a sua coagulação, a fibrina pode ser removida mediante a rápida agitação mecânica ou ser tratada com anticoagulante (PISKE, 1982). Por meio de fracionamento do sangue obtém-se, em volume, cerca de 65 a 70% de plasma e 35 a 40% de massa celular (Tabela 1).

Tabela 1 – Proporção do plasma e de elementos celulares do sangue em diferentes espécies animais

Espécies Animais	Conteúdo de Sangue (%)	
	Plasma	Elementos Celulares
Bovino	67,45	32,55
Suíno	56,49	43,51
Ovino	72,00	23,00
Eqüino	60,23	39,77

Fonte: Gorbatov (1988).

O sangue contém maior porcentagem de proteínas e menor de lipídios que o leite (Tabela 2). O sangue suíno possui composição semelhante à de sua carne e, segundo Gorbatov (1988), contém cerca de 79% de água, 18,5% de proteína (Tabela 3), 0,15% de gordura, 0,07% de carboidratos e 0,86% de minerais, em que se destaca o ferro (0,3 mg/g), cuja concentração é cerca de dez vezes maior que aquela encontrada na carne. Todos esses componentes justificam e contribuem para as características nutricionais e funcionais do sangue como alimento (PISKE, 1982).

Tabela 2 – Composição química comparativa do sangue e do leite de vaca (g/litro)

	Sangue	Leite
Resíduo seco	203	127
Proteínas	194	34
Lipídios	18	35
Glicídios	1	49
Minerais	9	9

Fonte: Piske (1982).

Tabela 3 – Composição química do sangue integral de diferentes espécies animais

Componentes	Componentes (g/100 g de sangue integral)				
	Bovino	Eqüino	Ovino	Caprino	Suíno
Água	80,89	74,90	82,17	80,39	79,06
Sólidos secos	19,11	25,10	17,83	19,61	20,94
Hemoglobina	10,31	16,69	9,29	11,26	14,22
Outras proteínas	6,98	6,97	7,08	6,97	4,26
Açúcar	0,0700	0,0526	0,0733	0,0829	0,0686
Colesterol	0,1935	0,0346	0,1339	0,1299	0,0444
Lecitina	0,2349	0,2913	0,2220	0,2460	0,2309
Gordura	0,0567	0,0611	0,0937	0,0525	0,1095
Ácidos graxos	-	-	0,0488	0,0395	0,0475
Ácido fosfórico	0,0027	0,0060	0,0285	0,0395	0,0058
Sódio	0,3636	0,2691	0,3638	0,3579	0,2406
Potássio	0,0407	0,2758	0,0405	0,0396	0,2309
Óxido fêrrico	0,0544	0,0828	0,0492	0,0577	0,0696
Cálcio	0,0069	0,0051	0,0070	0,0060	0,0068
Magnésio	0,0036	0,0064	0,0030	0,0040	0,0089
Cloreto	0,3079	0,2785	0,3080	0,2923	0,2690
Fósforo total	0,0404	0,0392	0,0412	0,0307	0,1007
Fósforo inorgânico	0,0171	0,0174	0,0190	0,0143	0,0740

Fonte: Gorbatov (1988).

2.2. Composição do soro de leite

O leite é uma emulsão líquida em que a fase contínua é formada de água e substâncias hidrossolúveis, ao passo que a fase interna ou descontínua é formada, principalmente, de micelas de caseínas e de glóbulos de gordura.

Segundo Sgarbieri (2005), o leite de vaca é composto de 87,3% de água, e 12,7% de sólidos totais (3,3 a 3,5% de proteínas totais, 3,5 a 3,85% de gordura, 4,9% de lactose e 0,7% de minerais e vitaminas).

O soro é um subproduto do leite que pode ser obtido em laboratório ou na indústria por três processos principais: a) pelo processo de coagulação enzimática (enzima quimosina), resultando no coágulo de caseínas, matéria-prima para produção de queijos, e no soro “doce”; b) precipitação ácida no ponto isoeletrico (pI), resultando na caseína isoeletrica, que é transformada em caseinatos e no soro ácido; e c) 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 protéico (SGARBIERI, 2004).

As proteínas do leite podem ser classificadas em quatro grupos, de acordo com suas propriedades físico-químicas e estruturais: a) caseínas, b) proteínas do soro, c) proteínas das membranas dos glóbulos de gordura e d) enzimas e fatores de crescimento. As caseínas são classificadas em quatro subgrupos: caseínas α , β , κ e γ (SGARBIERI, 2005).

De 1.000 litros de soro doce podem ser obtidos, por ultrafiltração e diafiltração, 7,95 kg de concentrado protéico de soro de leite com teor de proteína de 72% (RENNER e EL-SALAM, 1991).

As proteínas do soro de leite incluem a β -lactoglobulina (β -Lg), a α -lactoalbumina (α -La), as imunoglobulinas (Ig), a albumina de soro bovino (BSA), a lactoferrina, a lactoperoxidase e os polipeptídeos de baixo peso molecular, derivados da proteólise de algumas caseínas (Tabela 4). A β -Lg e a α -La representam as principais proteínas do soro, que somadas representam 80% das proteínas, sendo 55% a β -Lg e 25% a α -La (HORNE, 1990, citado por BORGES, 2000).

Nutricionalmente, o soro de leite possui todos os aminoácidos indispensáveis nos níveis recomendados pela FAO para crianças de 2 a 5 anos (Tabela 5). Por serem ricas em triptofano, cisteína, leucina, isoleucina e lisina (SGARBIERI, 2004), as proteínas do soro de leite podem complementar, do ponto de vista nutricional, as proteínas de diversos tipos de alimentos, como cereais, e até mesmo as proteínas do sangue (OCKERMAN e HANSEN, 1984).

Tabela 4 – Composição e funções biológicas das proteínas do soro de leite bovino

Proteínas de Soro	Quantidade (g/L de soro)	Função Biológica
β -lactoglobulina	3,2	Transporte de pró-vitamina A
α -lactoalbumina	1,2	Síntese de lactose nas glândulas mamárias
Albumina de soro bovino (BSA)	0,4	Transporte de ácidos graxos
Imunoglobulina G (IgG)	0,8	Imunidade passiva no recém-nascido
Lactoferrina	0,2	Agente bacteriostático
Lactoperoxidase	0,03	Agente bactericida
Enzimas	0,03	Indicador de saúde
Proteose-peptonas	≥ 1	Atividade opióide

Fonte: Borges (2000).

Tabela 5 – Conteúdo dos aminoácidos indispensáveis do concentrado protéico de soro doce (CSD), caseinato de sódio (CasNa) e coágulo de caseína (Co-Cas), comparado aos padrões recomendados pela FAO

Aminoácidos Indispensáveis (g/100 g proteína)	CSD	Cas Na	Co-Cas	Exigências de Aminoácidos Essenciais para Crianças de 2 a 5 anos (FAO)
Treonina	7,63	4,69	3,75	3,40
Metionina + cisteína	5,44	3,94	3,71	2,50
Valina	5,04	6,94	6,31	3,50
Leucina	11,70	10,37	9,80	6,60
Isoleucina	6,30	5,20	4,61	2,80
Fenilalanina + tirosina	7,24	11,51	11,38	6,30
Lisina	11,05	6,61	6,88	5,80
Histidina	5,15	5,95	6,37	1,90
Triptofano	1,12	0,92	0,87	1,10

Fonte: FAO/WHO/UNU (1985) e Borges (2000).

2.3. Aproveitamento do sangue

As indústrias produtoras de carne sempre devem procurar o máximo do aproveitamento das matérias-primas obtidas no abate dos animais, ou seja, garantir o melhor rendimento possível durante o abate e processamento das carnes. Os subprodutos, como sangue ou soro de leite, são materiais com oportunidades para aumentar o aproveitamento industrial do que se julga não-aproveitável, além de seu potencial como fonte nutricional alternativa que pode ser adicionada a produtos (na maioria industrializados). Além disto, este aproveitamento minimiza impactos ambientais ao diminuir a quantidade de poluentes, muitas vezes não tratados devidamente.

Segundo Pardi *et al.* (1994), o sangue recolhido por ocasião do abate dos animais nos matadouros constitui um resíduo de elevado valor nutricional, sobretudo em virtude de suas proteínas, ricas em aminoácidos indispensáveis e de alta digestibilidade, suas vitaminas e seus sais minerais. Além disto, o aproveitamento do sangue permite sua utilização para fins de alimentação animal e para numerosas aplicações industriais.

Um dos caminhos obrigatórios do seu aproveitamento, em um futuro não distante, dada a crescente carência de proteínas nobres, é o da alimentação humana. Impõe-se a necessidade de pesquisas, como também a atenção das autoridades, para a considerável produção de sangue generalizadamente desperdiçada (PARDI et al., 1994). O crescimento da população mundial e a diminuição *per capita* de suprimentos de alta qualidade protéica levam à recomendação de pesquisa de novas fontes de proteína (GUZMAÑ *et al.*, 1995).

De acordo com Gorbатов (1988), a FAO estima o déficit mundial de proteína animal em aproximadamente 70% da produção corrente ou 5 milhões de toneladas por ano, considerando a necessidade diária de ingestão de 90 g *per capita*, das quais 50,6 g devem ser proteína animal.

As dietas da população de países em desenvolvimento e subdesenvolvidos são de elevado teor calórico, mas deficientes em proteínas, o que originou problemas de desnutrição associados, quase sempre, a problemas de anemia, em função do baixo consumo de ferro (WISMER-PEDERSEN, 1979).

Não só a quantidade, mas a qualidade da proteína deve ser considerada. Dessa forma, as proteínas de origem animal, que possuem composição de aminoácidos 1,5 a 2,0 vezes mais eficientes do que as proteínas de origem vegetal, devem ser mais bem aproveitadas (GORBATOV, 1988).

O aproveitamento do sangue nos matadouros poderia representar um aumento no rendimento da carcaça de bovinos e suínos, além de diminuir a poluição ambiental. Entretanto, seu aproveitamento em alimentos tem sido negligenciado (WISMER-PEDERSEN, 1979).

Em pequenos matadouros, o sangue normalmente não é aproveitado, sendo descartado nos mananciais hídricos, causando contaminação e elevando, em até três vezes, a concentração de sólidos suspensos (OCKERMAN e HANSEN, 1994).

A grande quantidade de sangue oriundo de matadouros, o elevado custo no tratamento dos efluentes e o alto poder contaminante (DQO de 500.000 mg/L) fazem deste resíduo um dos principais agentes poluidores obtidos durante o abate de animais (MOURE *et al.*, 1998).

São poucas as aplicações de sangue na indústria de alimentos, e apenas alguns países fazem uso de quantidades expressivas na elaboração de alimentos (DILL e LANDMAN, 1988). Na Suécia, por exemplo, 80% do sangue é destinado, direta ou indiretamente, à alimentação humana (PISKE, 1982).

No Brasil o aproveitamento do sangue como alimento é mínimo, sendo feito em pequena escala, especialmente em nível rural, para consumo próprio, como a elaboração de chouriços e molhos. Segundo dados do ANUALPEC (2006), em 2005 foram abatidos no País 42,7 milhões de bovinos e 34 milhões de suínos, dos quais poderiam ser obtidos cerca de 613.000.000 de litros de sangue, considerando-se o fato que se obtêm de 10 a 12 litros de sangue a partir de bovinos e de 2,5 a 3 litros a partir de suínos (WISMER-PEDERSEN, 1979; KNIPE, 1988; OCKERMAN e HANSEN, 1994). Levando em consideração que a partir de 100 kg de sangue obtêm-se entre 60 e 70 kg de plasma, com 7 a 8% de proteína, e 30 a 40% de eritrócitos, com 30 a 40% de proteína (WISMER-PEDERSEN, 1979; GORBATOV, 1988; YANG e LIN, 1996), esse total representaria, aproximadamente, 130.000 toneladas de proteína concentrada. Este número poderia ser substancialmente aumentado caso se considere que cerca de 50% dos abates efetuados no País são clandestinos (MEIRELLES, 1992).

O fracionamento por centrifugação do sangue produz plasma e um concentrado de células vermelhas. Frequentemente, o plasma é adicionado a produtos cárneos, por apresentar formação de gel. Já as células vermelhas são pouco utilizadas devido a forte coloração e sabor, apesar de conter 80% de toda a proteína do sangue (OCKERMAN e HANSEN, 1994).

As proteínas do sangue apresentam excelentes propriedades funcionais, como capacidade emulsificante, formação de espuma, retenção de água e gelatinização, o que permite a sua incorporação em produtos cárneos, massas e panificação (TYBOR *et al.*, 1975; WISMER-PEDERSEN, 1979; NAKAMURA *et al.*, 1984; SHAHIDI *et al.*, 1984; HAAST *et al.*, 1987; RAEKER e JOHNSON, 1995; ORNELLAS *et al.*, 2001).

Dentro do corpo o sangue de animais sadios é um fluido estéril. Devido à sua composição química e ao seu pH e teor de água elevados, o sangue constitui um bom meio de cultura para microrganismos, deteriorando-se rapidamente (PISKE, 1982). Assim, a utilização do sangue para fins alimentícios exige precauções durante a coleta e o processamento, para garantia de baixos níveis de contaminação microbiológica (GILL, 1988; KNIPE, 1988; OCKERMAN e HANSEN, 1994). Desta forma, uma coleta higiênica, proveniente de animais sadios e devidamente inspecionados, é requisito fundamental, devendo o sangue de animais condenados ser rejeitado. Isso se consegue mediante a identificação e inspeção dos animais, com coleta de sangue individual ou por lotes na linha de abate (OCKERMAN e HANSEN, 1994).

Quando coletado assepticamente, os sangues bovino e suíno apresentam contagens de 200-300 e 2000-3000 UFC/mL, respectivamente. As contagens para o sangue suíno são geralmente maiores do que para bovinos, pois a coleta asséptica em carcaças suínas é mais complexa (KNIPE, 1988).

A obtenção do sangue pode variar, dependendo do sistema de coleta (aberto ou fechado) e da posição do animal (em decúbito ou pendurado pelos pés). Deve-se ter o máximo de cuidado no processo de sangria, pois este momento é crítico para garantia da qualidade microbiológica e do rendimento.

Na utilização da faca, durante a sangria, pode ocorrer contaminação na passagem pela pele, ou por coleta com saliva, conteúdo estomacal, ou até mesmo por meio da água utilizada na lavagem do animal.

Segundo Gill (1988), o nível de contaminação no sistema aberto é variável e pode atingir altos valores com a contagem de microrganismos acima de 10^6 UFC/mL. Porém, os níveis de contaminação microbiológica do sangue podem ser mantidos baixos, desde que cuidados sejam tomados no momento da coleta no sistema aberto, evitando o contato da vasilha coletora com a pele do animal (PISKE, 1982).

Rossi Junior *et al.* (1994), em estudo microbiológico do sangue e plasma bovino, verificaram contagens de $2,5 \times 10^2$ UFC/mL de mesófilos, $1,0 \times 10^1$ UFC/mL de psicotróficos, $0,4 \times 10^1$ UFC/mL de *Staphylococcus* coagulase positivo e $0,7 \times 10^1$ UFC/mL de bolores e leveduras, para o sangue imediatamente coletado durante o abate dos animais.

Para Stiebing (1990), a melhor maneira de obter o sangue com baixa contaminação é a utilização de sistemas fechados de coleta, que devem ser regularmente limpos, uma vez que o conteúdo de bactérias deve ser mantido abaixo de 10^4 UFC/mL.

A utilização do processo de desidratação aumenta o tempo de estocagem do sangue, utilizando tecnologia apropriada como *spray-dryers* (GORBATOV, 1988), que faz com que a vida útil seja superior a três meses (PISKE, 1982).

2.4. Aproveitamento do soro de leite

A produção mundial de leite, em 2005, foi de aproximadamente 420 milhões de toneladas, sendo a União Européia e os Estados Unidos os maiores produtores. O setor de laticínios brasileiro, de 1996 até 2004, cresceu 27%, sendo o País o sexto maior

produtor mundial de leite, com produção de 24 milhões de toneladas em 2005. A produção atual de leite atende ao consumo e produz excedente para a exportação, gerando superávit na balança comercial. Recente pesquisa do Centro de Estudos Avançados de Economia Aplicada (CEPEA), da ESALQ/USP, projetou o futuro do mercado de leite. A pesquisa considerou o crescimento da produção e do consumo interno, e concluiu que, em poucos anos, é muito provável que o Brasil tenha um excedente de produção superior a 1 milhão de toneladas por ano (ANUALPEC, 2006).

O soro de leite é um subproduto obtido durante a produção de queijo ou caseína, sendo tradicionalmente classificado como resíduo e utilizado, principalmente, na incorporação de bebidas lácteas e na alimentação animal (HAUPTLI *et al.*, 2005), na irrigação do solo, tratado como efluente ou comumente despejado nos rios, em que 100 g de soro tem o mesmo valor poluente que os de resíduos produzidos por 45 pessoas (UNOPAR, 2007). Países com maior disponibilidade de recursos econômicos e tecnologias mais avançadas têm investido na recuperação desse subproduto.

A produção mundial de soro de leite é estimada em 100 milhões de toneladas por ano (SGARBIERI, 2002), sendo os Estados Unidos os maiores fornecedores com aproveitamento de 95% da produção. Na Europa aproveita-se cerca de 75%, sendo aproximadamente 45% do soro gerado utilizado na forma líquida, 30% na forma de soro em pó, 15% como derivados e 10% na produção de proteína concentrada. Na América Latina, o maior complexo para aproveitamento das proteínas do soro de leite encontra-se na Argentina (ANUALPEC, 2006).

A produção mundial de queijo, em 2005, foi de 13,8 milhões de toneladas. No Brasil, em 2005, esta produção chegou a 0,48 milhão de toneladas (ANUALPEC, 2006), o que gera cerca de 4,32 milhões de toneladas de soro de leite (SGARBIERI, 2002).

Em 2005, o Brasil importou 31,7 mil toneladas de soro de leite em pó e produtos concentrados, sendo os principais fornecedores, respectivamente, a Argentina, os Estados Unidos e a França, que juntos somam 75% do total importado (ANUALPEC, 2006).

Com o surgimento de novas tecnologias, o soro e suas frações tornaram-se ingredientes alimentares muito versáteis e valorizados (BORGES *et al.*, 2000).

O soro de leite constitui uma fonte potencial e volumosa de alimento, e caso não seja utilizado completamente na alimentação de homens ou animais passa a ser uma tragédia em um mundo preocupado com a escassez de comida (YETIM *et al.*, 2001).

Kinsella (1976) relatou que a indústria de alimentos tem buscado proteínas de custo menos elevado para uso na fabricação de novos alimentos e que estas novas proteínas devem possuir propriedades funcionais e características de sabor.

O soro é uma fonte econômica de proteínas que oferece uma série de benefícios funcionais em suas aplicações alimentícias, como melhora na textura, realce do sabor e cor, além de excelentes propriedades, como capacidade emulsificante e estabilizante (SMITHERS *et al.*, 1996). Porém, Pacheco *et al.* (2005) citam que durante a preparação de concentrados protéicos de soro de leite e seus hidrolisados alguns cuidados são necessários para diminuir a desnaturação das proteínas durante as diversas etapas do processamento como pré-aquecimento, evaporação e secagem.

Segundo Yetim *et al.* (2001), a indústria de carne usa, atualmente, concentrado protéico de soro de leite ou soro de leite em pó, mas não soro de leite líquido em produtos cárneos. Porém, os autores utilizaram soro de leite líquido em substituição a 100% do gelo na formulação de salsichas tipo *Frankfurter* e obtiveram valores iguais, ou mais desejáveis, na estabilidade de emulsões e nas propriedades químicas e sensoriais, em comparação com salsichas sem adição do soro.

Renner e El-Salam (1991) constataram que o alto preço das carnes e a grande variação na qualidade das proteínas cárneas são importantes estímulos para o uso de outras proteínas em produtos cárneos inteiros ou cominuídos e que os concentrados protéicos de soro de leite, com teor de proteína acima de 75%, estão ganhando maior interesse na aplicação em produtos cárneos, como salsichas Frankfurter, salsichas Viena, mortadelas, salames, bolos de carne, presuntos etc. Porém, sem o desenvolvimento de membranas eficientes e satisfatórias no uso da ultrafiltração, o baixo custo deste processo estará longe de ser uma realidade.

2.5. Utilização e valor nutricional do sangue em alimentos

O sangue animal tem sido objeto de vários estudos nos últimos anos (WISMER-PEDERSEN, 1979; ANSEJO *et al.*, 1985; DOMENE, 1988; PEREIRA, 2000; FONTES *et al.*, 2004), por ser uma fonte não-tradicional de nutrientes, assim como uma excelente fonte de ferro heme, de baixo custo, com propriedades sensoriais e funcionais adequadas ao consumo humano.

A utilização de grandes quantidades de sangue na indústria acontecerá quando as propriedades sensoriais dos produtos finais permanecerem inalteradas (WISMER-

PEDERSEN, 1979). Porém, um dos principais problemas encontrados no aproveitamento do sangue integral na indústria alimentícia, em especial na indústria de produtos cárneos, está relacionado com a cor marrom-escura apresentada pelos produtos elaborados (CALDIRONI e OCKERMAN, 1982; MIELNIK e SLINDE, 1983; KNIPE, 1988; YANG e LIN, 1996), em razão da quantidade do pigmento hemoglobina presente no sangue.

A cor de produtos cárneos é criticamente avaliada pelo consumidor, que freqüentemente a utiliza como base para seleção ou rejeição destes produtos (AMS, 1991). Assim, a utilização do sangue integral em alimentos está restrita a produtos de cor tradicionalmente escura, como alguns embutidos, sopas, pães e biscoitos. No entanto, como a demanda destes produtos é limitada, apenas uma porcentagem de sangue pode ser aproveitada (OCKERMAN e HANSEN, 1994).

A adição de sangue em produtos cárneos resulta no escurecimento da cor do produto, até mesmo quando curados com nitrito de sódio ou adicionado em emulsões. Assim, as quantidades adicionadas devem ser controladas de modo a não prejudicar a aceitabilidade do produto final com relação à cor, ao sabor e ao odor (FERREIRA *et al*, 1994).

Segundo Wismer-Pedersen (1979), a adição de 10% de sangue na formulação de embutidos emulsionados não afetou negativamente a cor destes produtos. Entretanto, há relatos de que a impressão sensorial de cor começa a ficar prejudicada com níveis de adição de sangue acima de 3 a 3,5%, produzindo, em embutidos cárneos, tonalidade escura indesejável, em oposição à cor rósea ou vermelha desejável (SLINDE e MARTENS, 1982; RUST, 1988).

A incorporação do plasma, líquido ou concentrado e desidratado, em produtos alimentícios tem sido utilizada por evitar problemas de cor nos produtos (TYBOR *et al.*, 1975). A utilização do plasma significa não-aproveitamento de cerca de 30% das proteínas do sangue, além de não incorporar ferro à dieta, fundamental para o combate a anemias (WISMER-PEDERSEN, 1979; OCKERMAN e HANSEN, 1994). Além disso, a adição de mais de 12% de plasma sangüíneo em embutidos cárneos gera produtos de cor pálida (CALDIRONI e OCKERMAN, 1982).

A adição de sangue (ou globina) descolorido pela eliminação do grupo heme da hemoglobina seria uma alternativa para solução do excesso de cor nos produtos, mas as técnicas de descoloração levam à diminuição do valor biológico e funcional das

proteínas do sangue, além de produzirem sabor desagradável (TYBOR *et al.*, 1973; WISMER-PEDERSEN, 1979; OCKERMAN e HANSEN, 1994).

O sangue, concentrado e desidratado (Tabela 6), pode ser utilizado em várias formulações de embutidos de carne, cozidos ou defumados e em produtos cárneos enlatados, como o patê. Possui duas vezes mais proteína que o leite em pó desnatado, três vezes mais que o leite em pó integral e sete vezes mais que o soro de leite em pó (GORBATOV, 1988).

Tabela 6 – Composição química do sangue em pó, do soro de leite em pó e do concentrado protéico do soro de leite (CPS)

Produto em Pó	Conteúdo (%)					Minerais (mg%)					
	Água	Proteína	Gordura	Carboidrato	Cinzas	Na	K	Mg	P	Ca	Fe
Sangue	8,1	83,7	-	-	8,2	-	400	24	18	46	30
Soro de leite	4,0	12,9	1,1	73,3	6,0	300	1400	150	700	1100	1,5
Concentrado protéico de soro de leite*	1,36	82,72	6,24	6,54	3,04						

Fonte: Gorbatov (1988) e * Pacheco *et al.* (2005).

Nutricionalmente, o sangue possui quase todos os aminoácidos indispensáveis (Tabela 7) nos níveis recomendados pela FAO (1985), no entanto é deficiente em metionina e, especialmente, em isoleucina (WISMER-PEDERSEN, 1979; KNIPE, 1988; OCKERMAN e HANSEN, 1994).

Belkot (2001) verificou que a isoleucina é o aminoácido limitante no plasma e na globina bovina. Entretanto, o plasma apresentou PER (2,53) um pouco maior que o PER da caseína (2,50).

Duarte *et al.* (1999), em estudo com plasma bovino, encontraram resultados para os valores de PER e de NPU equivalentes a 95% dos obtidos pela caseína. Neste mesmo estudo, a globina isolada mostrou-se deficiente em isoleucina e em aminoácidos sulfurados, além de não permitir o crescimento dos ratos quando presente em uma concentração de 10% na dieta.

Avaliando o valor protéico do sangue, Young *et al.* (1973) verificaram que o PER do plasma (1,94) é bastante similar ao da globina (1,93).

Tabela 7 – Conteúdo de aminoácidos indispensáveis da carne, do sangue integral, do plasma e da globina de bovinos (g/100 g de proteína), comparado aos padrões recomendados pela FAO

Aminoácidos Indispensáveis	Carne Bovina	Sangue Bovino	Plasma Bovino	Globina Bovina	Exigências de Aminoácidos Indispensáveis para Crianças de 2 a 5 anos (FAO)
					g/100 g de proteína
Isoleucina	5,1	0,4	3,4	0,3	2,8
Leucina	8,4	13,6	10,1	13,8	6,6
Lisina	8,4	9,4	8,3	10,5	5,8
Metionina + cisteína	2,3	1,8	1,3	1,7	2,5
Fenilalanina	4,0	8,0	5,7	8,0	6,3
Treonina	4,0	4,7	7,1	4,1	3,4
Triptofano	1,1	1,4	1,7	2,0	1,1
Valina	5,7	8,0	7,4	9,6	3,5
Histidina	-	5,6	3,5	7,8	1,9

Fonte: FAO (1985) e Ockerman e Hansen (1994).

O ensaio biológico realizado com dietas de caseína, mortadela-padrão e adicionada de 10% de sangue tratado com monóxido de carbono e desidratado, não mostrou diferenças significativas entre a caseína e a mortadela-padrão, em relação ao PER. No entanto, o PER da mortadela adicionada de 10% de sangue tratado com monóxido de carbono foi significativamente menor ($P < 0,01$) que o da caseína. Para a razão protéica líquida (NPR), a diferença não foi significativa entre as dietas de mortadelas ($P < 0,01$), mas diferiram da dieta de caseína (TORRES *et al.*, 1999).

Nilsson (1975), citado por Knipe (1988), concluiu que a suplementação de formulações de pão com 1,5% de hemoglobina aumentou em 50% o valor biológico do pão. Ockerman e Hansen (1994) também relataram que a incorporação de 2% de plasma sangüíneo ao pão aumentou o seu teor de proteína em 15% e o nível de lisina em 75%.

Da Silva e Mellado (1994) elaboraram um biscoito tipo amanteigado com sabor de chocolate, contendo 6% de sangue seco. O produto obtido apresentou 60% mais proteína e seis vezes mais ferro que um biscoito semelhante, sem sangue, com valor energético (524,4 kcal/100g) e qualidade de sua proteína (NPU: 48,4) satisfatórios. A aceitação do produto (escala hedônica) foi avaliada por 156 estudantes, com um resultado “gostei muito” em 90% das respostas.

Landmann *et al.* (1980) mostraram que a combinação de globina (sendo 13% da proteína total) com glúten de trigo e, ou, milho produziu aumentos no PER desses produtos de 0,40 e 0,53, respectivamente, para 1,50. Esses autores acrescentaram que as

diferentes combinações percentuais da hemoglobina com esses dois cereais podem produzir mudança no aminoácido limitante.

As proteínas de cereais possuem os aminoácidos lisina, triptofano e treonina como limitantes (GORBATOV, 1988). O sangue contém teor elevado de lisina e pode ser usado para aumentar o valor biológico desses cereais. Como os cereais são ricos em isoleucina, a deficiência do sangue em relação a esse aminoácido seria diminuída.

Bates *et al.* (1974) testaram, em formulações de pães, a adição de mistura de sangue e soro de leite nas proporções de 1:1, 3:1 e 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. Em relação ao PER da caseína (2,50), o pão tradicional apresentou PER de 0,83, ao passo que as formulações supracitadas apresentaram PER de 1,82, 1,85, 1,38, 1,52 e 0,90, respectivamente, confirmando o ganho nutricional da adição do sangue e soro de leite.

Edmondson e Graham (1975) afirmaram que proteínas podem ser utilizadas isoladamente ou combinadas com outras diferentes proteínas para melhor complementação nutricional. O soro desidratado do leite contém 8,8 a 13,4% de proteína (SATTERLEE, 1975), com baixos teores de fenilalanina e tirosina. Os níveis desses aminoácidos podem ser aumentados pelas combinações adequadas com o sangue. Reciprocamente, o soro pode contribuir para melhorar os níveis de isoleucina e metionina do sangue.

A composição do perfil de aminoácidos indispensáveis da mistura de 47% de proteínas do sangue e 53% de caseinato, apresentada por Wismer-Pedersen (1979), mostrou um equilíbrio nutricional ideal.

Tendo em vista que a ocorrência da anemia se traduz na incapacidade do tecido eritropoiético manter uma concentração normal de hemoglobina no organismo humano, devido ao suprimento inadequado de ferro, considera-se que a anemia, representada pela baixa concentração de hemoglobina é, no entanto, a manifestação última de uma carência prévia que provavelmente provocou a exaustão das reservas de ferro no organismo (MARTINS *et al.*, 1987). A fortificação de alimentos com ferro visa prevenir o desenvolvimento da deficiência de ferro e seu estágio mais avançado, a anemia ferropriva. Porém, fatores como o consumo médio diário do alimento, a quantidade de nutriente presente na porção consumida e a biodisponibilidade do composto de ferro devem ser considerados, evitando conseqüências individuais e sociais como apatia,

diminuição da aprendizagem, diminuição do desenvolvimento mental e motor das crianças e aumento da mortalidade infantil, do número de gravidez de risco e de partos prematuros (NAME *et al.*, 2002).

O sangue bovino contém, aproximadamente, 150 mg/g de hemoglobina e 0,2-2,0 mg/g desta molécula no músculo. A molécula de hemoglobina possui quatro grupos heme, e este pigmento contribui, em dietas, com fornecimento de ferro, que é absorvido seletivamente por receptores heme do intestino, de acordo com as necessidades do organismo (FERREIRA *et al.*, 1994).

O sangue contém 0,3 mg/g de ferro, comparado a 0,026, 0,03 e 0,016 mg/g, respectivamente, existentes nas carnes bovina, ovina e suína (OELLINGRATH e SLINDE, 1985; GORBATOV, 1988). O elevado teor de ferro heme presente no sangue, associado à sua excelente biodisponibilidade, quando comparado com o de ferro não-heme (WISMER-PEDERSEN, 1979; MIELNIK e SLINDE, 1983), pode ajudar na prevenção de anemias, sendo uma alternativa para a correção deste problema de saúde pública.

O maior problema nutricional dos países de Terceiro Mundo é a alta incidência de anemia por deficiência de ferro. As dietas são pobres em proteína animal e são propensas a ter mais produtos vegetais. Fatores que inibem a biodisponibilidade do ferro, inerentes a dietas ricas em vegetais, geralmente com baixa porção do ferro heme, aumentam significativamente a incidência de anemia ferropriva nesses países (OLOGUNDE *et al.*, 1994).

Ansejo *et al.* (1985) fortificaram biscoitos com 4, 6 e 8% de concentrado de ferro heme, obtido de sangue bovino. O conteúdo protéico e o teor de ferro foram de uma, seis e oito vezes, respectivamente, maiores que o do controle não-fortificado. Esses resultados, segundo os autores, conferem ao concentrado de ferro um uso promissor na fortificação de biscoitos para prevenção de deficiência de ferro, uma vez que a absorção de ferro heme, por humanos, é duas a seis vezes maior que a do ferro inorgânico, normalmente usado para esse fim.

O ferro heme, proveniente da hemoglobina e da mioglobina (presentes no sangue e músculo, respectivamente), apresenta taxa de absorção muito maior do que o ferro não-heme, constituindo-se, assim, em uma excelente fonte de ferro para a utilização como suplemento nutricional (WALKER, 1998). Segundo Higgs (2000), a absorção de ferro heme é normalmente de 15 a 25%, enquanto o ferro não-heme de fontes vegetais é de 1 a 7%.

Radmili *et al.* (1995) avaliaram o uso de hemoglobina em pó como suplemento de ferro em produtos cárneos e verificaram que a adição de 0,5% desse pigmento aumentou em 77% o conteúdo de ferro, quando comparado a amostras-controle não suplementadas de hemoglobina.

Fontes (2006), ao avaliar (pelo método de repleção da hemoglobina) a biodisponibilidade de ferro em mortadelas adicionadas de níveis crescentes de sangue, observou que as dietas de mortadelas tiveram eficiência na recuperação de hemoglobina comparável à dieta-padrão e também foram semelhantes entre si. Em nível teórico, a combinação de sangue com carne (presenças de ferro heme e do “fator carne”) deveria ser melhor do que o sulfato ferroso, no entanto este fato não foi comprovado no ensaio biológico. Em alguns casos, como em nível de 24 ppm, as dietas formuladas com mortadelas com níveis de sangue de 0 a 15% mostraram ganho de hemoglobina inferior ao das dietas elaboradas com sulfato ferroso.

2.6. Utilização e valor nutricional do soro de leite em alimentos

As proteínas do soro de leite possuem propriedades nutritivas e funcionais bem superiores às de outras proteínas de origem animal e vegetal. Dessa forma, essas proteínas estão sendo mais utilizadas em nutrição humana pelo seu elevado valor nutritivo, superior ao das proteínas do ovo integral ou do leite humano, além de apresentarem propriedades fisiológicas especiais (RENNER e EL-SALAM, 1991).

As propriedades funcionais importantes são as que melhoram as características sensoriais do produto e a sua aceitação pelo consumidor. Dentre elas têm-se: propriedades emulsificantes, formação de biofilmes e de micropartículas, solubilidade, capacidade de geleificação e capacidade de formação de espuma (MORR e FOEGEDIND, 1990).

O concentrado protéico de soro de leite apresenta a vantagem protéica por conter menos lactose (3%) e mais proteína (85%) (RENNER e EL-SALAM, 1991), quando comparado ao do soro de leite em pó, que contém cerca 12% de proteína e 66% de lactose (GLASS e HEDRICK, 1977).

As proteínas do soro de leite apresentam maior valor biológico do que as da carne, do leite ou do frango (EDMONDSON e GRAHAM, 1975). Pacheco *et al.* (2005), ao comparar a atividade funcional de hidrolisados obtidos por diferentes sistemas enzimáticos, verificaram que o tratamento com a caseína produz estímulo

imunológico inferior ao dos preparados de proteína de soro de leite, utilizados em indivíduos com baixa imunidade.

Do ponto de vista nutritivo e industrial, as proteínas do leite de mais ampla aplicação e valor econômico são as caseínas e as proteínas do soro. No leite de vaca a relação é de aproximadamente 80% para caseína e 20% para as proteínas do soro (SGARBIERI, 2005).

As proteínas remanescentes do soro de leite apresentam excelente composição em aminoácidos, alta digestibilidade e biodisponibilidade de aminoácidos indispensáveis (ZINSLY *et al.*, 2001), além de excepcionais propriedades funcionais, como solubilidade, formação e estabilidade de espuma, aumento da emulsão, geleificação, formação de filmes e cápsulas protetoras (SGARBIERI, 2005).

Pacheco *et al.* (2005) verificaram que as proteínas do soro de leite apresentam elevado conteúdo de aminoácidos de cadeia ramificada, particularmente leucina e isoleucina, e de aminoácidos sulfurados, como metionina e cisteína.

Segundo Borges (2000), as proteínas de soro podem se tornar ingredientes-chave para o desenvolvimento de novos produtos, como bebidas para esportistas, por conter alto teor protéico e baixas quantidades de lipídios e lactose; e substitutos de dietas enterais e produtos médicos nutricionais com baixa concentração lipídica e de lactose (efeito indesejado em alimentos, pela possível ocorrência de reação de Maillard e pela intolerância de certos indivíduos à lactose).

As proteínas do soro de leite parecem ser as únicas capazes de aumentar a resposta imune e os níveis de glutathione celular (tripeptídeo de ação oxidante, composto por três aminoácidos: cisteína, ácido glutâmico e glicina, encontrado em quase todas as células animais) e prolongar a vida de animais de experimentação (BRINK, 1996, citado por PACHECO, 2005).

Os concentrados protéicos de soro de leite (CPS) 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).

Giese (1994) afirma que o uso de concentrado protéico de soro de leite em produtos cárneos previne ou minimiza o encurtamento pelo cozimento, age como emulsificante e mantém a suculência.

Uma das propriedades funcionais do concentrado protéico de soro de leite é sua capacidade, após aquecimento, de formar estrutura gel tridimensional, com aumento da

capacidade de retenção de água e modificação na textura (MORR, 1979, citado por LYONS *et al.*, 1999). Porém, as propriedades dos géis de CPS, induzidos termicamente, são influenciadas por muitos fatores, como concentração de proteína, pH, temperatura e duração do tratamento térmico. Os géis de CPS com concentração protéica entre 11 e 12% são mais firmes, elásticos e capazes de reter maiores quantidades de água que aqueles que contêm de 8 a 10% de proteína (ANTUNES *et al.*, 2003). Segundo os autores, quando a temperatura de desnaturação utilizada estiver entre 87 e 89 °C os géis de CPS apresentarão maior dureza, coesividade e capacidade de retenção de água; para obter géis mais elásticos a faixa ideal de temperatura de desnaturação é de 85 a 87°C.

El-Magoli *et al.* (1996) reportam que a adição de 4% de CPS em combinação com 10% de água produz substancial aumento no rendimento em carnes cozidas.

Segundo Boirie *et al.* (1997), as proteínas do soro de leite apresentam algumas vantagens em relação à caseína. As diferenças fundamentais no metabolismo e na ação fisiológica das caseínas e das proteínas de soro de leite baseiam-se na propriedade das proteínas do soro não sofrerem alterações conformacionais pelos ácidos estomacais. Ao atingirem o intestino delgado são automaticamente digeridas e seus aminoácidos absorvidos, elevando rapidamente a concentração aminoacídica do plasma e estimulando a síntese de proteínas nos tecidos.

2.7. Utilização do monóxido de carbono em carnes e produtos cárneos

Uma forma de resolver o problema da cor escura dos produtos formulados com sangue seria a reação entre a hemoglobina (Hb) e o monóxido de carbono (CO). A estabilidade do pigmento COHb (carboxiemoglobina) se deve à alta afinidade da Hb pelo CO (200 vezes superior à afinidade do oxigênio *in vivo*) e à baixa constante de dissociação, especialmente na ausência de O₂, o que, segundo Antonini e Brunori (1971), poderia garantir uma ligação forte durante a formação do pigmento. Além disso, o CO se dissocia da Hb mais devagar do que o O₂ (cerca de 1.000 vezes) e confere estabilidade para o ferro se manter no estado de oxidação Fe⁺⁺ (LIVINGSTON e BROWN, 1981).

Fontes *et al.* (2004) testaram a estabilização da hemoglobina pela saturação do sangue com monóxido de carbono e verificaram que este sangue líquido apresenta coloração mais agradável e estável do que o sangue não-tratado.

Pereira (2000) avaliou a coloração de mortadelas formuladas com substituição de carne por diferentes concentrações de sangue fresco, ou tratado com monóxido de carbono (CO). Os resultados mostraram que as alterações de cor das mortadelas formuladas com CO, ainda que inferiores às provocadas pela adição de sangue fresco (não-tratado com CO), poderiam causar restrição do produto ao consumidor, se as mortadelas fossem apresentadas com denominação semelhante à das existentes no mercado.

Segundo Wolfe (1980), o pigmento carboximioglobina (COMb) é mais resistente à oxidação do que a oximioglobina (O₂Mb), devido à forte ligação do CO ao núcleo porfirínico da molécula de mioglobina.

O efeito positivo do CO na cor da carne foi conhecido e patenteado há mais de 100 anos. Entretanto, o CO tem sido aplicado comercialmente de forma muito tímida, sendo a indústria de carnes da Noruega pioneira no uso do CO para embalagens de carnes frescas (SØRHEIM *et al.*, 1997).

Em fevereiro de 2002, a USDA e o FDA aprovaram o uso de 0,4% de monóxido de carbono em embalagens com atmosfera modificada sem oxigênio, contendo 30% de CO₂ e N₂ como gás de preenchimento (JOHN *et al.*, 2005).

Luño *et al.* (2000) avaliaram o efeito de concentrações de CO na armazenagem de carne vermelha fresca, e relataram que o uso de 0,5 a 0,75% de CO é necessário para estabilizar a cor. Os autores verificaram que durante o tempo de armazenagem a porcentagem de pigmento metamioglobina diminuía, em carne vermelha embalada em atmosfera modificada, com o aumento da concentração de CO.

Sørheim *et al.* (1999) reportaram que as indústrias de carne da Noruega utilizam uma mistura de gases de, aproximadamente, 0,3 a 0,5% CO, 60 a 70% de CO₂ e de 30 a 40% de N₂ e que este tipo de mistura faz parte de 50 a 60% do mercado de carne vermelha embalada com atmosfera modificada.

Segundo Sørheim *et al.* (1997), o monóxido de carbono é um gás tóxico, conseqüentemente seu uso como atmosfera modificada para embalar alimentos não é permitido na maioria de países. Entretanto, a indústria norueguesa de carne tem usado uma mistura do gás que contém 0,3 a 0,4% CO em atmosfera modificada. Os autores, ao estudarem os aspectos toxicológicos do CO, utilizado para embalar carne em atmosfera modificada, concluíram que as misturas de gases com uma concentração baixa do CO, até aproximadamente 0,5%, não apresentam nenhuma ameaça tóxica aos consumidores.

Fontes (2006) avaliou parâmetros bioquímicos séricos e histológicos de ratos alimentados com mortadelas adicionadas de sangue tratado com CO e constatou 100% de sobrevivência dos animais, e por meio da observação dos animais durante os 14 dias experimentais verificou que eles não apresentaram desvio de comportamento.

2.8. Utilização e consumo da mortadela

Em 2003, o mercado de mortadelas no Brasil registrou vendas de 120 mil toneladas, resultando em um faturamento de R\$500 milhões (REVISTA NACIONAL DA CARNE, 2004).

Segundo o Regulamento Técnico do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento do Brasil, entende-se por mortadela o produto cárneo industrializado, obtido de uma emulsão das carnes de animais de açougue, acrescido ou não de toucinho, adicionado de ingredientes, embutido em envoltório natural ou artificial, em diferentes formas, e submetido ao tratamento térmico adequado (MAPA, 2000).

A mortadela é um embutido que demonstra, claramente, como o advento da tecnologia dos produtos cárneos possibilitou o acesso à proteína cárnea a um contingente populacional que não tinha condições de suprir a quantidade mínima diária recomendada de proteína, consumindo carne *in natura*. Ao longo dos anos a tecnologia aliou a essa funcionalidade da proteína cárnea propriedades sensoriais, que fizeram da mortadela um produto apreciado por todas as classes sociais, a ponto de em alguns lugares serem realizadas confrarias para a degustação deste embutido (YUNES e BORON, 2006).

A mortadela é um dos embutidos mais antigos. Há quem garanta que ela tem mais de 2 mil anos de idade. Sua origem ainda é duvidosa. Muitos a atribuem ao Império Romano, devendo ser ressaltado que há registros de que alguns imperadores não passavam um dia sequer sem mortadela. Não é à toa que os italianos são os principais consumidores do embutido no mundo, estando a “iguarria” presente em muitos pratos típicos como antepastos, recheios de massas e até em molhos (FRIGORÍFICO, 2004).

Ao avaliar o consumo alimentar de 244 crianças nos Centros Integrados de Educação Pública no município de Americana – SP, verificou-se que a mortadela estava em 11,1% das ceias, sendo o embutido mais citado na pesquisa (SILVA, 1998).

A mortadela está em franca ascensão social. A demanda pela mortadela cresceu tanto que o embutido vem roubando espaço de outros, ditos mais nobres, como frios à base de peru e presunto, nos lanches consumidos pelas classes A e B (FRIGORÍFICO, 2004).

2.9. Avaliação biológica da qualidade protéica

A função primordial das proteínas nos alimentos é fornecer os aminoácidos necessários para o anabolismo dos tecidos. As proteínas orgânicas são matérias-primas de constante renovação e, ou, catabolismo, fornecendo os aminoácidos que as constituem. Se os aminoácidos liberados com o catabolismo fossem integralmente reutilizados para a síntese protéica, o organismo não precisaria recorrer às proteínas adquiridas dos alimentos (exógenas). Porém, sabe-se que sua reciclagem é parcial e que uma parte dos aminoácidos liberados pelo catabolismo é oxidada e excretada (GROFF *et al.*, 1995).

O conceito de utilidade protéica faz referência à eficácia com que as proteínas dos alimentos são utilizadas para a síntese e manutenção das proteínas corporais. A avaliação da qualidade protéica dos alimentos é essencial para as ciências da nutrição e para as indústrias alimentícias. Esta avaliação pode ser realizada a partir da quantidade de aminoácidos no alimento, da digestibilidade ou da biodisponibilidade das proteínas (HERNÁNDEZ *et al.*, 1996a) no organismo humano.

As necessidades protéicas de um indivíduo definem-se como as doses de proteínas ingeridas na dieta que compensam as perdas orgânicas de nitrogênio em pessoas que mantêm um balanço energético em níveis moderados de atividade física. Nas crianças e gestantes, considera-se que as necessidades protéicas compreendem àquelas associadas com a formação de tecidos ou a secreção de leite a um ritmo compatível com uma boa saúde (FAO, 1985). Assim, os métodos de avaliação da qualidade protéica determinam, direta ou indiretamente, a eficiência relativa com que aquela proteína-teste satisfará as necessidades de aminoácidos indispensáveis ao organismo.

Segundo Ribeiro *et al.* (1995), o desenvolvimento do conhecimento científico nas áreas médicas e correlatas, há muito tempo, utiliza-se da experimentação com animais. Mesmo com o progresso de métodos alternativos (estudos *in vitro*, culturas de células etc.), os modelos animais ainda oferecem, como principal vantagem, o fornecimento de informações do organismo como um todo.

Os estudos para avaliar a qualidade de novas fontes de proteínas são geralmente realizados com ratos jovens ou outros mamíferos de laboratório. Os ratos, por inúmeras razões, como a necessidade de animais econômicos, com alta taxa de reprodução, dieta variada e adaptação à grande variedade de habitats, acabaram sendo os mais empregados (ROGERS, 1979).

Nos métodos com base no ganho de peso corporal, são dignos de menção o quociente de eficiência protéica (PER) e o quociente de retenção líquida protéica (NPR). O PER verifica o efeito da qualidade da proteína para o crescimento dos animais, enquanto o NPR considera, além do crescimento, a quantidade de proteína utilizada na manutenção dos animais. Os ensaios fundamentados na retenção de nitrogênio, pela determinação do nitrogênio fecal e do nitrogênio urinário excretado, permitem determinar a digestibilidade (D), a utilização líquida da proteína (NPU) e o valor biológico (VB). As dietas são padronizadas com uma concentração de 10% de proteína, quantidade esta que satisfaz as necessidades mínimas dos animais experimentais em fase de crescimento.

3. MATERIAL E MÉTODOS

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

3.1. Obtenção do sangue desidratado e do concentrado protéico do soro de leite

O sangue utilizado no experimento foi obtido do abate de suínos no abatedouro Saudali, Ponte Nova-MG. Após o atordoamento dos animais, o sangue foi assepticamente coletado, em um sistema fechado, para evitar a possível contaminação proveniente de narinas, trato gastrintestinal, pele e água de lavagem. O animal foi submetido à sangria na região do pescoço, com faca comum de aço inoxidável, e em seguida foi introduzida uma faca côncava ("faca vampiro") até atingir a veia jugular. A faca é ligada a um recipiente coletor inoxidável por meio de uma mangueira plástica atóxica e higienizável. Logo após, foi adicionado anticoagulante (citrato de sódio 50%, 5 g/L de sangue), que foi homogeneizado com o sangue por um sistema de agitação acoplado ao recipiente coletor (FONTES *et al.*, 2004).

O recipiente com sangue foi mantido em caixa de isopor com gelo, por aproximadamente duas horas, enquanto era conduzido aos laboratórios do Departamento de Tecnologia de Alimentos (DTA) da UFV.

O monóxido de carbono (grau de pureza de 99,0%, da White Martins) foi borbulhado (16 minutos, a um fluxo de 1 L/min, para 4 L de sangue) diretamente no

sangue armazenado em tanque de preparo de aço inoxidável, com a ajuda de um sistema provido de agitação mecânica, até que o gás saturasse totalmente a hemoglobina (100% de carboxiemoglobina), conforme estabelecido por Fontes *et al.* (2004).

O sangue foi separado em duas frações, sendo uma parte borbulhada com monóxido de carbono em tanque de preparo fechado de aço inoxidável (Biasinox, capacidade de 5 litros), com a ajuda de um sistema de agitação mecânica. Tanto o sangue tratado com CO como o não-tratado foram desidratados até cerca de 5% de umidade (Figura 1), em *spray-dryer* (Niro Atomizer, Copenhagen-Denmark). A seguir, foram armazenados a vácuo em embalagem de nylon-PE com espessura de 180 μ e mantidos sob refrigeração (3 a 4 °C) até sua utilização no preparo das formulações de mortadelas.



Figura 1 – Sangue suíno desidratado e sangue suíno tratado com monóxido de carbono e desidratado em *spray-dryer*.

O concentrado protéico de soro de leite, com 80% de proteína (Lacprodan p80), foi fornecido pela Empresa Tangará – ES.

3.2. Formulação e processamento das mortadelas

A partir do aminograma do sangue suíno em pó e do CPS, estes ingredientes foram diluídos para que alcançassem o teor de 20% de proteína, que é o semelhante ao da carne magra.

As mortadelas foram formuladas, substituindo-se 10% de carne por misturas distintas de sangue suíno em pó e concentrado protéico de soro de leite (100/0, 80/20, 60/40, 40/60, 20/80 e 0/100) já reconstituídos.

Foram feitas dez formulações no total, sendo três com sangue tratado com CO e seis com sangue não-tratado (de acordo com as misturas anteriormente citadas), além da formulação sem sangue e sem CPS (mortadela-controle - MC).

Na técnica de elaboração dos embutidos foram tomados cuidados na adição de gelo, no uso de matéria-prima resfriada etc., para não exceder a temperatura crítica (16°C) no preparo da massa de emulsão. As mortadelas foram formuladas com carne de 2ª (dianteiro bovino - paleta, acém e, ou, músculo), toucinho e mistura de sangue/CPS como 100% da formulação; os demais ingredientes foram adicionados em relação ao peso destes, nas mesmas proporções para o controle (sem adição da mistura) e os tratamentos, como pode ser constatado a seguir:

- MC** controle: 90% de carne bovina, sem adição de mistura sangue/CPS;
- M1** 80% de carne bovina, mais 10% de mistura reconstituída de sangue/CPS (100/0);
- M2** 80% de carne bovina, mais 10% de mistura reconstituída de sangue/CPS (80/20);
- M3** 80% de carne bovina, mais 10% de mistura reconstituída de sangue/CPS (60/40);
- M4** 80% de carne bovina, mais 10% de mistura reconstituída de sangue/CPS (40/60);
- M5** 80% de carne bovina, mais 10% de mistura reconstituída de sangue/CPS (20/80);
- M6** 80% de carne bovina, mais 10% de mistura reconstituída de sangue/CPS (0/100);
- M7** 80% de carne bovina, mais 10% de mistura reconstituída de sangue + CO/CPS (100/0);
- M8** 80% de carne bovina, mais 10% de mistura reconstituída de sangue + CO/CPS (60/40); e
- M9** 80% de carne bovina, mais 10% de mistura reconstituída de sangue + CO/CPS (20/80).

Toucinho na massa - 10%.

Em relação aos ingredientes cárneos:

Sal refinado: 2,3%;

Proteína texturizada de soja (PTS): 4,0%;

Fécula de mandioca (amido): 5,0%;

Água/gelo: 20%;

Temperex SPF (Adicon): 0,3%;

Sal de cura (Exato): 0,35%;

Eritorbato (Cape Food): 0,25%; e

Fosfato (Griffith): 0,25%.

No preparo das mortadelas, a carne previamente moída em disco de 12 mm e resfriada (2 °C) foi colocada no *cutter* (Mainca, MD-40 BL) e, em seguida, o gelo foi adicionado. Iniciou-se a homogeneização, acrescentando, o mais rápido possível, o fosfato, e bateu-se por cerca de 30 segundos, para a sua incorporação. Em intervalos aproximados de 15 segundos, foram adicionados, respectivamente, sal, sal de cura, eritorbato, PTS e temperos. A seguir, foram acrescentados o toucinho e as diferentes misturas de sangue/CPS, e, logo após, o amido. Procedeu-se à homogeneização até que a temperatura da massa atingisse 16 °C. Em seguida, retirou-se a massa do *cutter*. Após o preparo das massas de mortadela, esta foi embutida em tripa artificial de 67 mm de diâmetro (Startripz 67 branca, marca Spel), utilizando uma embutideira hidráulica (Mainca EM – 25) acoplada de um funil de calibre de 28 mm, de forma a obter mortadelas de 500-600 g. As mortadelas foram, então, cozidas em estufa, de acordo com a seguinte programação: 1º estágio de uma hora a 67 °C, seguido de um segundo estágio de meia hora a 86 °C; ambos os processos com calor úmido, até que a temperatura da massa atingisse 76°C (medida pela inserção de um termopar no centro da massa embutida de mortadela). Logo após, aplicou-se o choque térmico, pela aspersão de água gelada nas mortadelas, com três intervalos intercalados de 10 minutos de chuva e 10 minutos de parada. Finalmente, as mortadelas foram acondicionadas sob refrigeração (1 °C), para posterior análise.

3.3. Análises físicas das formulações

3.3.1. Avaliação da cor das mortadelas

A avaliação da cor das mortadelas foi realizada com o aparelho *ColorQuest II Sphere* (HunterLab, Reston, VA), conectado a um computador provido do sistema *software* Universal.

As diversas mortadelas foram cortadas transversalmente (Figuras 2 e 3), com espessura de aproximadamente 2 cm, colocadas entre moldes de vidro, para fixação, e levadas à porta de reflectância do aparelho, para as leituras.

O instrumento foi antecipadamente ligado por 30 minutos e padronizado para o modo de reflectância especular incluída (RSIN), sem o filtro ultravioleta. Então, o aparelho foi calibrado com a colocação, na porta de reflectância, dos azulejos de calibração, branco e cinza. Para o cálculo das coordenadas de cor foram estabelecidos o iluminante D₆₅ (luz do dia, 6.500K), o ângulo de 10° para o observador e o sistema de cor CIELAB.

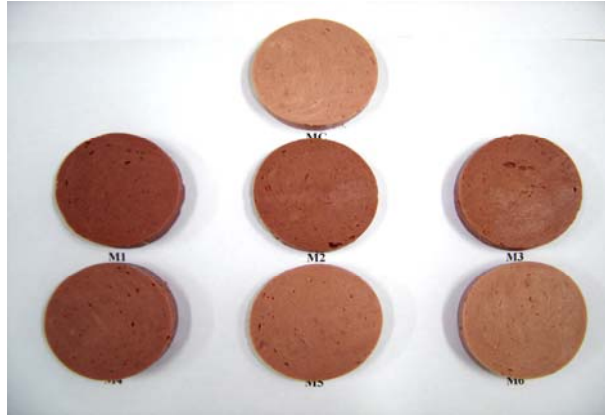


Figura 2 – Cortes transversais das diferentes formulações de mortadelas (MC a M6).

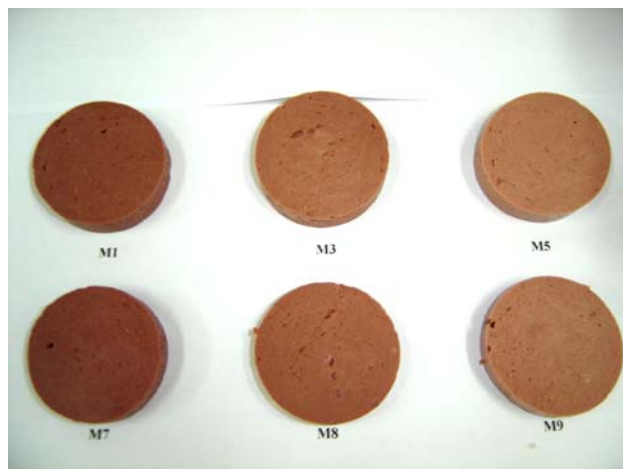


Figura 3 – Cortes transversais das diferentes formulações de mortadelas elaboradas com mistura de sangue desidratado não-tratado e CPS (M1, M3 e M5) e com mistura de sangue desidratado, tratado com CO, e CPS (M7, M8 e M9).

Para cada repetição dos tratamentos, a média de cada coordenada de cor: L^* (claro/escuro), a^* (vermelho/verde) e b^* (amarelo/azul), foi calculada a partir de médias de cinco leituras, obtidas pela movimentação da amostra (permitindo leituras em posições distintas) na porta de reflectância.

Calcularam-se o ângulo de tonalidade (h^*), pela equação $h^* = \arctang(b^*/a^*)$, e a saturação, a partir da equação $c^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$.

As diferenças de cor (ΔE^*) entre os tratamentos e o padrão (mortadela-controle) foram calculadas pela fórmula $\Delta E^* = (\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2})^{1/2}$.

3.3.2. Análise da textura

A análise do perfil de textura instrumental foi realizada com o uso de texturômetro TA-XT (*Texture Technologies Corp./Stable Micro Systems*).

As amostras foram cortadas, com sonda metálica, em forma de cilindros com 20 mm de diâmetro e 20 mm de altura.

Na obtenção dos resultados de textura foi utilizada sonda de compressão cilíndrica de 25 mm de diâmetro (*Aluminium Cylinder Probe SMS, P/25*). As amostras de mortadelas foram comprimidas em 45% da altura original, em dois ciclos de compressão, a uma velocidade de 5 mm/s e 100 g de força por área.

As curvas características do perfil de textura foram geradas no programa *Texture Expert Stable Micro Systems*, em que se obtiveram os dados necessários para cálculo dos índices de dureza, elasticidade e coesividade.

O índice de dureza mede a força de resistência à compressão, sendo obtido no pico do primeiro ciclo de compressão (considerado como a primeira mordida). A elasticidade é a capacidade da amostra retornar à forma original após a remoção da primeira força de compressão. A coesividade é obtida na segunda compressão da amostra e mede a quantidade de força intrínseca que mantém a estrutura matricial do produto.

3.4. Análises químicas das mortadelas

3.4.1. Proteínas totais

O teor de proteína foi determinado pela quantificação do nitrogênio total da amostra, utilizando-se o destilador semimicro Kjeldahl, de acordo com o método AOAC (1996). O teor de proteína foi obtido ao multiplicar o teor de N pelo fator 6,25.

3.4.2. Lipídio

O teor de lipídio foi determinado pelo método intermitente de Soxhlet modificado, de acordo com a AOAC (1996), utilizando éter de petróleo como solvente.

3.4.3. Umidade

O teor de água, ou umidade, foi determinado por dessecação, até peso constante, em estufa a 105 °C (AOAC, 1996).

3.4.4. Resíduo mineral fixo (cinzas)

O teor de cinzas foi obtido após carbonização, e incineração em mufla, das amostras de mortadelas, até obtenção de cinzas claras (AOAC, 1996).

3.4.5. Carboidratos

O teor de carboidratos foi obtido pela diferença entre o total da amostra (100%) e os teores de proteína, lipídio, umidade e cinzas.

3.4.6. Determinação de ferro

Para a análise de ferro, as mortadelas foram preparadas pela técnica de cinzas úmidas (FERREIRA, 1999), e analisadas pelo método de espectrometria de emissão com fonte de plasma – indutivamente acoplado (ICP-OES) no aparelho marca Jobin Yvon modelo Última 2, amostrador automático AS 500 e *software* Analyst 5.2, no Laboratório da Nutron Alimentos Ltda. (Labtron) em Itapira – SP.

3.4.7. Análise dos aminoácidos

Todas as determinações das amostras das formulações de mortadelas (MC, M1, M2, M3, M4, M5, M6 e M7) foram realizadas no Centro de Química de Proteínas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo.

As amostras (5 a 10 mg de sólidos), previamente desengorduradas com éter de petróleo e secas, foram colocadas em ampolas de borossilicato de 10 x 150 mm, previamente pirolisadas a 400 °C, por 8 horas. A seguir, foram adicionados 500 µL de HCl 6N, bidestilados em vidro a 104 °C. As ampolas foram submetidas a vácuo, seladas e mantidas a 110 °C, por 22 horas. Após este período, o HCl foi evaporado em concentrador rotatório SpeedVac AS160 e as amostras hidrolisadas foram ressuspensas

em tampão citrato de sódio 0,17M, pH 2,2, contendo polietilenoglicol 400 a 15% (v/v) e tioglicol 0,4% (v/v).

O triptofano, nessas amostras, foi determinado separadamente após hidrólise alcalina com hidróxido de lítio 4N, de acordo com método descrito por Lucas e Sotelo (1980). As amostras (10 a 20 mg de sólidos) foram colocadas em ampolas de borossilicato de 10 x 150 mm. Então, foram adicionados 500 µL de hidróxido de lítio 4N. As ampolas foram seladas sob vácuo, como descrito anteriormente, e mantidas a 110 °C, por 24 horas. A seguir, o conteúdo das ampolas foi neutralizado com 120 µL de ácido ortofosfórico 85% e a solução foi centrifugada e filtrada em membrana Millipore de 0,45 µm. O filtrado foi transferido para um balão volumétrico de 5 mL, e foram adicionados polietilenoglicol a 15% (v/v) e uma solução-tampão de citrato de sódio 0,17 M, pH 2,2, contendo tioglicol 0,4% (v/v), para completar o volume.

Todas as hidrólises foram realizadas em duplicata.

A análise de aminoácidos das amostras hidrolisadas com HCl e com LiOH foi realizada por cromatografia de troca iônica com derivação pós-cromatográfica por ninidrina, como descrito por Spackman *et al.* (1963), utilizando um analisador automatizado (ALONZO e HIRS, 1968) construído no Centro de Química de Proteínas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo. Este analisador de aminoácidos consiste basicamente de duas colunas de troca iônica, uma longa que separa aminoácidos ácidos e neutros e outra curta, que separa aminoácidos básicos e triptofano. As alíquotas dos hidrolisados (100 a 900 µL) foram aplicadas nas colunas. Após a separação cromatográfica, que ocorre por diferenças de pH e força iônica, os aminoácidos presentes no eluato da coluna reagem com ninidrina a aproximadamente 100 °C, por 15 minutos. Os produtos dessa reação são detectados colorimetricamente em dois comprimentos de onda: 440 nm para prolina e 570 nm para os demais aminoácidos, sendo registrados graficamente. A identificação dos aminoácidos é realizada com base no volume de eluição de cada resíduo, comparado à solução-padrão de aminoácidos (Pierce H) contendo 5 nmoles de cada aminoácido, cromatografada nas mesmas condições. A altura de pico do aminoácido-padrão é utilizada para determinar o fator de cálculo (concentração/altura do pico), assumindo-se que cada pico apresenta uma forma gaussiana. O aparelho foi padronizado para operar em uma faixa linear de 10-40 nmols, dependendo do resíduo considerado, e para cálculos realizados com base na altura total dos picos.

3.5. Avaliação microbiológica das mortadelas

As análises microbiológicas foram realizadas conforme metodologias descritas na Instrução Normativa nº 62 de 26 de agosto de 2003 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento do Brasil (MAPA, 2003). Foram realizadas análises de coliformes a 45 °C, *Staphylococcus* coagulase positiva e *Clostridium* sulfito redutores.

Como parâmetro de limite máximo de unidades formadoras de colônias (UFC), foi utilizada a Resolução – RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 2001), para embutidos como mortadela.

3.6. Avaliação da qualidade protéica da mortadela

Para avaliação da qualidade protéica, foram utilizadas somente as mortadelas-controle (MC) e aquelas formuladas com mistura de diferentes concentrações de sangue não-tratado e CPS (M1 a M6).

3.6.1. Preparo das dietas experimentais

As dietas experimentais (Tabela 8) 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).

Determinou-se o teor de proteína de cada dieta, utilizando a mesma técnica citada no item 3.4.1., para confirmação de seu teor. As composições das misturas de vitaminas e de minerais usadas estão nas Tabelas 9 e 10, respectivamente.

Após o preparo, as dietas foram identificadas e armazenadas sob refrigeração (5°C), até o momento do consumo dos animais.

Foram feitos, manualmente, *pellets* de cada dieta, antes de ser oferecida aos ratos durante o experimento (Figura 4).

Tabela 8 – Composição e teor de proteínas das dietas experimentais utilizadas no ensaio biológico de avaliação da qualidade protéica das mortadelas (g/100 g de mistura)

Ingredientes	Dietas								
	Aprotéica	Caseína	MC	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Fonte protéica	-	11,76	62,84	65,71	64,58	62,58	63,53	59,01	62,83
Amido dextrinizado	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2
Sacarose	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Óleo de soja	7	7	-	-	-	-	-	-	-
Fibra (celulose)	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Mistura mineral	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
Mistura vitamínica	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L-cistina	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Bitartarato de colina	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Amido de milho	59,75	47,99	3,91	1,04	2,17	4,17	3,22	7,74	3,92

Adaptação da AIN-93G (REEVES *et al.*, 1993).

MC: dieta de mortadela-controle; M1: dieta de mortadela, com mistura sangue/CPS (100/0); M2: dieta de mortadela, com mistura sangue/CPS (80/20); M3: dieta de mortadela, com mistura sangue/CPS (60/40); M4: dieta de mortadela, com mistura sangue/CPS (40/60); M5: dieta de mortadela, com mistura sangue/CPS (20/80); e M6: dieta de mortadela, com mistura sangue/CPS (0/100).

Tabela 9 – Mistura de vitaminas utilizada nos experimentos

Vitaminas	g/kg de Mistura
Ácido nicotínico	3,0
Pantotenato de cálcio	1,6
Piridoxina HCl (B6)	0,7
Tiamina HCl (B1)	0,6
Riboflavina (B2)	0,6
Ácido fólico	0,2
D-biotina	0,02
Cianocobalamina (B12)	2,5
DL-alfa tocoferol acetato (E)	15,0
Retinil palmitato (A)	0,8
Colecalciferol (D)	0,25
Menaquinona (K)	0,075
Sacarose	q.s.p.

Fonte: Reeves *et al.* (1993).



Figura 4 – *Pellets* das dietas contendo as respectivas formulações de mortadela-control (MC) e com misturas distintas de sangue/CPS (M1, M2, M3, M4, M5 e M6).

Tabela 10 – Mistura de minerais utilizada nos experimentos

Sais Minerais	g/kg de Mistura
Elementos minerais essenciais	
Carbonato de cálcio anidro (40,04% Ca)	357,0
Fosfato de potássio monobásico (22,76% P; 23,73% K)	196,0
Citrato de potássio, tri-potássio, (36,16% K)	70,78
Cloreto de sódio (39,34% Na; 60,66% Cl)	74,0
Sulfato de potássio (44,87% K; 18,39% S)	46,6
Óxido de magnésio (60,32% Mg)	24,0
Citrato férrico (16,5% Fe)	6,06
Carbonato de zinco (52,14% Zn)	1,65
Carbonato de manganês (47,79% Mn)	0,63
Carbonato cúprico (57,47% Cu)	0,3
Iodato de potássio (59,35 I)	0,01
Selenato de sódio anidro (41,79% Se)	0,01
Paramolibdato de amônio (54,34% Mo)	0,01
Elementos minerais potencialmente benéficos	
Meta silicato de sódio 9 hidrato (9,88% Si)	1,45
Sulfato de cromo e potássio (10,42% Cr)	0,27
Cloreto de lítio (16,38% Li)	0,02
Ácido bórico (17,5% B)	0,08
Fluoreto de sódio (45,24% F)	0,06
Carbonato de níquel (45% Ni)	0,03
Vanadato de amônio (43,55% V)	0,01
Sacarose	q.s.p.

Fonte: Reeves *et al.* (1993).

3.6.2. Ensaio biológico

A avaliação da qualidade protéica das dietas experimentais foi conduzida por meio de ensaios biológicos com ratos machos, da raça Wistar, recém-desmamados, com 28 dias de idade, e provenientes do Biotério Central do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde da Universidade Federal de Viçosa.

Cinqüenta e quatro animais foram divididos em nove grupos de seis, de modo que a variação média dos pesos entre os grupos fosse a menor possível. Os animais foram distribuídos em gaiolas individuais, em ambiente de temperatura controlada a 22 ± 3 °C e ciclo de claro e escuro de 12 horas, por 14 dias, durante os quais receberam água destilada e suas respectivas dietas experimentais *ad libitum*.

Os grupos foram compostos de dieta-padrão com caseína; dieta com mortadela-controle (sem adição de sangue e sem CPS); dieta à base de mortadela com adição de 10% de sangue; dieta à base de mortadela com adição de 10% de mistura de sangue e CPS na proporção 80/20; dieta à base de mortadela com adição de 10% de mistura de sangue e CPS na proporção 60/40; dieta à base de mortadela, com adição de 10% de mistura de sangue e CPS na proporção 40/60; dieta à base de mortadela, com adição de 10% de mistura de sangue e CPS na proporção 20/80, e dieta à base de mortadela, com adição de 10% de CPS. Um grupo recebeu dieta isenta de caseína (aprotéica), para estimativa do nitrogênio endógeno excretado. O peso dos animais e o consumo alimentar foram monitorados a cada dois dias, durante o período experimental.

Foram determinados os seguintes índices nutricionais: ganho de peso (GP), consumo alimentar (CA), proteína consumida (PC), coeficiente de eficiência alimentar (CEA), coeficiente de eficácia protéica (PER); razão protéica líquida (NPR), digestibilidade verdadeira (DV) e escore químico corrigido pela digestibilidade da proteína (PDCAAS).

3.6.3. Determinação do ganho de peso (GP), do consumo alimentar (CA), da proteína consumida (PC) e do coeficiente de eficiência alimentar (CEA)

O ganho de peso foi determinado no 14^o dia do experimento, considerando a diferença do peso final com o peso inicial de cada animal, utilizando a seguinte fórmula:

$$GP = \text{peso do animal no final do experimento} - \text{peso do animal no início do experimento}$$

O consumo alimentar foi determinado no 14^o dia do experimento, considerando o somatório em grama (g) da dieta consumida durante os 14 dias de experimento, utilizando a seguinte fórmula:

$$CA = \sum \text{do consumo da dieta(g) do grupo-teste}$$

A proteína consumida foi determinada no 14^o dia do experimento, considerando o consumo da dieta de cada animal multiplicado pela porcentagem de proteína da respectiva dieta, utilizando a seguinte fórmula:

$$PC = \text{dieta consumida(g) grupo-teste} \times \% \text{ de proteína da dieta do grupo teste}$$

O coeficiente de eficiência alimentar foi determinado no 14^o dia do experimento, considerando a relação entre ganho de peso total dos animais e consumo alimentar total de dieta, utilizando a seguinte fórmula:

$$CEA = \frac{\text{ganho de peso(g) do grupo - teste}}{\text{dieta consumida(g) pelo grupo - teste}}$$

3.6.4. Determinação do coeficiente de eficácia protéica (PER), da razão protéica líquida (NPR) e da digestibilidade verdadeira (DV)

O PER foi determinado no 14^o dia do experimento, considerando o ganho de peso do grupo-teste em relação à proteína ingerida por este. Para o cálculo do PER, foi utilizada a seguinte fórmula (BENDER e DOELL, 1957):

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

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

O NPR foi determinado no 14^o dia do experimento, levando em consideração o ganho de peso do grupo-teste mais a perda de peso do grupo de dieta aprotéica, em

relação ao consumo de proteína do grupo-teste (BENDER e DOELL, 1957), de acordo com a fórmula:

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

Calculou-se o NPR relativo (NPRR) ao valor da caseína, dividindo o valor de NPR de cada animal pelo valor médio de NPR do grupo com a dieta de caseína.

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

A totalidade das fezes foi coletada do 8º ao 14º dia do experimento, em recipiente individual para cada animal, e mantida sob refrigeração, sendo posteriormente secas em estufa a 105 °C, por 24 horas. Elas foram resfriadas, pesadas e trituradas em multiprocessador, para determinação do teor de nitrogênio (AOAC, 1996).

A digestibilidade verdadeira (DV) foi calculada ao medir a quantidade de nitrogênio ingerido na dieta, a quantidade excretada nas fezes e a perda metabólica nas fezes. Esta última foi estimada pela quantidade de nitrogênio excretada pelos ratos alimentados com a dieta livre de nitrogênio. O cálculo da digestibilidade verdadeira foi feito de acordo com a seguinte fórmula:

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

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.

3.6.5. Determinação do escore químico corrigido pela digestibilidade da proteína (PDCAAS)

Para o cálculo do PDCAAS da proteína foi utilizado o procedimento (HENLEY e KUSTER, 1994) descrito a seguir:

- determinou-se o teor de nitrogênio das amostras de mortadela;
- calculou-se o conteúdo protéico ($N \times 6,25$);
- determinou-se o perfil de aminoácidos, conforme descrito no item 3.4.7; e
- determinou-se o escore de aminoácidos, como se segue:

$$\text{Escore de a min oácido} = \frac{\text{mg do a min oácido indispensável por g de proteína - teste}}{\text{mg de a min oácido indispensável por g da proteína de referência}}$$

- Determinou-se a digestibilidade por ensaio biológico, conforme descrito no item 3.6.2.; e

- calculou-se o PDCAAS, multiplicando o escore mais baixo de aminoácido indispensável, em relação à referência-padrão (FAO, 1990), pela digestibilidade da proteína.

3.7. Delineamento experimental

Os tratamentos, para as análises físicas e químicas, foram constituídos por uma mortadela-controle (sem adição de sangue e sem concentrado protéico de soro de leite); seis mortadelas formuladas pela substituição de 10% de carne por seis misturas (M1 = 100/0, M2 = 80/20, M3 = 60/40, M4 = 40/60, M5 = 20/80 e M6 = 0/100), com níveis variados de sangue em pó e concentrado protéico de soro de leite (CPS); e três mortadelas formuladas pela substituição de 10% de carne por três misturas (M7=100/0; M8 = 60/40 e M9 = 20/80), com níveis variados de sangue tratado com CO e concentrado protéico de soro de leite (CPS).

Os dados das análises físicas e químicas foram analisados segundo o delineamento inteiramente casualizado, com dez tratamentos e três repetições, de acordo com o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$$

em que

Y_{ij} = valor observado do i -ésimo tratamento da j -ésima repetição;

μ = média geral;

T_i = efeito do i -ésimo tratamento; e

e_{ij} = erro associado à j -ésima repetição do i -ésimo tratamento, pressuposto normal e independentemente distribuído, com média zero e variância δ^2 .

Os efeitos de sangue e CPS, para análises físicas e químicas, foram avaliados por meio da análise de regressão, em nível de 10% de probabilidade, nos grupos com e sem monóxido de carbono, testando modelos lineares. Além da análise de variância, em nível de 5% de probabilidade, foram comparadas as formulações de mortadelas com mistura de sangue/CPS (M1 a M9) com a mortadela-controle (MC), pelo teste de Dunnett, e realizado contraste, a 5% de probabilidade, na avaliação de cor das mortadelas formuladas com mesma proporção de sangue e CPS, porém com diferença no tratamento do sangue (tratado ou não-tratado com CO).

Os índices dos ensaios biológicos de avaliação da qualidade protéica foram analisados, segundo o delineamento inteiramente casualizado, com oito tratamentos e seis repetições (ratos), de acordo com o modelo matemático utilizado nas análises físicas e químicas.

Os tratamentos foram constituídos por uma dieta-controle (à base de mortadela-controle), outra à base de caseína e seis dietas de mortadelas formuladas pela substituição de 10% de carne por seis misturas (M1 = 100/0, M2 = 80/20, M3 = 60/40, M4 = 40/60, M5 = 20/80 e M6 = 0/100) com níveis variados de sangue em pó e concentrado protéico de soro de leite (CPS) reconstituídos de forma a apresentarem 20% de proteína. Os ratos foram distribuídos entre os tratamentos, de modo que a média de peso entre os grupos fosse a mais homogênea possível.

Os dados foram analisados a 5% de probabilidade, por meio da análise de variância e da comparação das dietas à base de carne apenas, ou de caseína, com as misturas, por meio de teste de Dunnett.

As análises estatísticas foram realizadas, utilizando procedimentos do ambiente estatístico SAS, versão 9.1 (*Statistical Analysis System - SAS Institute Inc., Cary, NC, USA*), licenciado para a UFV (2007).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Análise das coordenadas de cor das mortadelas

A Tabela 11 apresenta as médias e os desvios-padrão dos índices de cor e sua comparação com os índices da mortadela-controle.

Tabela 11 – Médias (\pm desvios-padrão) dos índices de luminosidade (**L***), vermelho (**a***), amarelo (**b***), tonalidade (**h***) e saturação (**c***) das mortadelas formuladas pela substituição de 10% de carne por diferentes níveis de mistura de sangue (tratado com monóxido de carbono - SCO, ou não – SNT) e concentrado protéico de soro de leite (CPS), comparado com a mortadela-controle (MC)

Mortadela	L*	a*	b*	h*	c*
MC (mortadela-controle)	54,87 \pm 1,07	9,33 \pm 1,06	10,29 \pm 0,36	47,96 \pm 3,38	13,91 \pm 0,77
M1 (100% SNT + 0% CPS)	45,02 \pm 0,38*	10,86 \pm 0,96*	9,23 \pm 0,58*	40,45 \pm 3,54*	14,29 \pm 0,70 ^{ns}
M2 (80% SNT + 20% CPS)	45,80 \pm 0,50*	10,71 \pm 1,08*	9,37 \pm 0,33*	41,33 \pm 2,68*	14,25 \pm 0,92 ^{ns}
M3 (60% SNT + 40% CPS)	47,82 \pm 0,62*	10,53 \pm 1,09*	9,78 \pm 0,41*	43,01 \pm 2,80*	14,39 \pm 0,93 ^{ns}
M4 (40% SNT + 60% CPS)	49,46 \pm 0,27*	10,23 \pm 1,00*	10,03 \pm 0,47 ^{ns}	44,54 \pm 2,57*	14,34 \pm 0,91 ^{ns}
M5 (20% SNT + 80% CPS)	52,43 \pm 0,39*	9,54 \pm 1,13 ^{ns}	10,16 \pm 0,29 ^{ns}	46,97 \pm 3,01 ^{ns}	13,96 \pm 0,91 ^{ns}
M6 (0% SNT + 100% CPS)	55,99 \pm 0,53*	8,74 \pm 1,09 ^{ns}	10,55 \pm 0,54 ^{ns}	50,52 \pm 3,35*	13,72 \pm 0,91 ^{ns}
M7 (100% SCO + 0% CPS)	45,60 \pm 0,32*	11,35 \pm 1,15*	9,05 \pm 0,29*	38,73 \pm 2,98*	14,54 \pm 0,92*
M8 (60% SCO + 40% CPS)	48,60 \pm 0,75*	10,83 \pm 1,09*	9,41 \pm 0,39*	41,12 \pm 2,57*	14,36 \pm 0,96 ^{ns}
M9 (20% SCO + 80% CPS)	52,75 \pm 0,49*	9,68 \pm 1,01 ^{ns}	9,82 \pm 0,57*	45,51 \pm 3,67*	13,81 \pm 0,77 ^{ns}

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.

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

SNT = sangue não-tratado com CO; SCO = sangue tratado com CO; e CPS = concentrado protéico de soro de leite.

A Tabela 12 apresenta as médias e os desvios-padrão dos índices de cor e o contraste feito entre as mortadelas formuladas com misturas idênticas na proporção sangue/CPS, porém diferentes no tipo de sangue (tratado e não-tratado com CO).

Tabela 12 – Médias (\pm desvios-padrão) dos índices de luminosidade (L^*), vermelho (a^*), amarelo (b^*), tonalidade (h^*) e saturação (c^*) das mortadelas formuladas com mesmo nível de mistura de sangue e concentrado protéico de soro de leite (CPS), porém diferentes no tipo de sangue utilizado (tratado com monóxido de carbono - SCO, ou não – SNT)

Mortadela	L^*	a^*	b^*	h^*	c^*
M1 (100% SNT + 0% CPS)	45,02 \pm 0,38 ^a	10,86 \pm 0,96 ^a	9,23 \pm 0,58 ^a	40,45 \pm 3,54 ^a	14,29 \pm 0,70 ^a
M7 (100% SCO + 0% CPS)	45,60 \pm 0,32 ^b	11,35 \pm 1,15 ^a	9,05 \pm 0,29 ^a	38,73 \pm 2,98 ^b	14,54 \pm 0,92 ^a
M3 (60% SNT + 40% CPS)	47,82 \pm 0,62 ^a	10,53 \pm 1,09 ^a	9,78 \pm 0,41 ^a	43,01 \pm 2,80 ^a	14,39 \pm 0,93 ^a
M8 (60% SCO + 40% CPS)	48,60 \pm 0,75 ^b	10,83 \pm 1,09 ^a	9,41 \pm 0,39 ^b	41,12 \pm 2,57 ^b	14,36 \pm 0,96 ^a
M5 (20% SNT + 80% CPS)	52,43 \pm 0,39 ^a	9,54 \pm 1,13 ^a	10,16 \pm 0,29 ^a	46,97 \pm 3,01 ^a	13,96 \pm 0,91 ^a
M9 (20% SCO + 80% CPS)	52,75 \pm 0,49 ^b	9,68 \pm 1,01 ^a	9,82 \pm 0,57 ^b	45,51 \pm 3,67 ^a	13,81 \pm 0,77 ^a

Letras diferentes = significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

SNT = sangue não-tratado com CO; SCO = sangue tratado com CO; e CPS = concentrado protéico de soro de leite.

4.1.1. Avaliação de “ L^* ”

A luminosidade (L^*) caracteriza o grau de claridade da cor, variando de preto a branco, indicando se as cores são claras ou escuras. Avaliando a cor de produtos cárneos elaborados com, ou sem, adição de diferentes níveis de sangue, Mielnik e Slinde (1983) e Ferreira *et al.* (1994) concluíram que a coordenada luminosidade foi o índice mais informativo com relação à cor da superfície das amostras.

Verifica-se pela Tabela 11 que, exceto pela formulação com 100% de CPS (M6), todas as demais formulações de mortadelas apresentaram ($P < 0,05$) valores de L^* menores que o da mortadela-controle (MC). A formulação M6 foi a única a apresentar luminosidade (L^*) superior ($P < 0,05$) à da mortadela-controle.

Os resultados mostraram que as mortadelas que apresentaram maior valor de L^* foram as que tiveram aumento da quantidade de CPS, ou decréscimo da adição de sangue, em substituição à carne bovina (Figura 5). Em outras palavras, a diminuição nos valores de L^* se deve ($P < 0,05$) ao aumento da concentração de pigmentos (hemoglobina e seus derivados) em mortadelas formuladas com maior proporção de sangue (SLINDE e MARTENS, 1982; MIELINK e SLINDE, 1983; OELLINGRATH e SLINDE, 1985; FERREIRA *et al.*, 1994; GUZMAÑ *et al.*, 1995; PEREIRA, 2000).

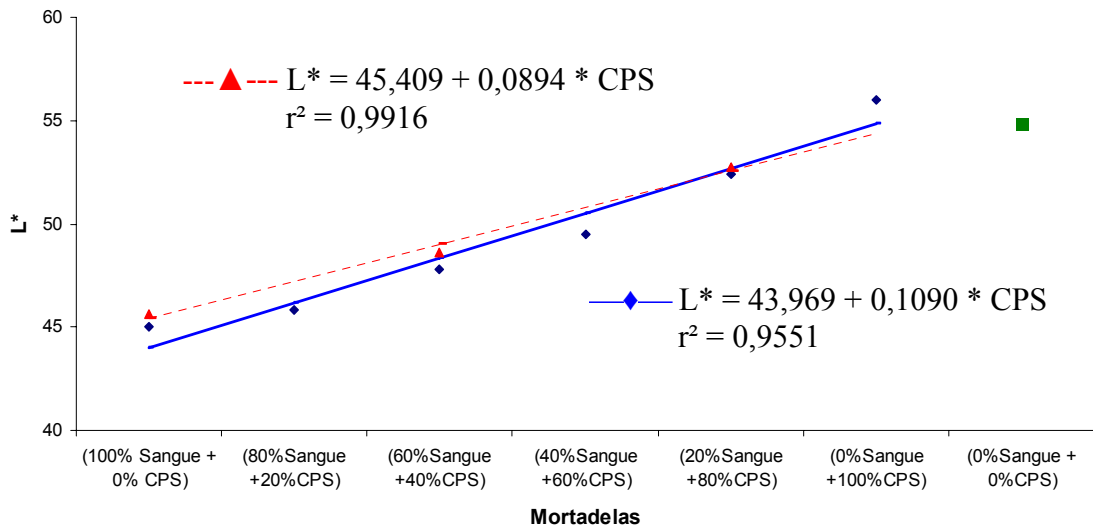


Figura 5 – Variação dos valores de L^* de mortadelas formuladas com substituição de 10% de carne por misturas de sangue não-tratado com CO + concentrado protéico de soro de leite (CPS) (—◆—); sangue tratado com CO + concentrado protéico de soro de leite (CPS) (---▲---); e mortadela-controle (■), sem uso de sangue ou CPS.

Hughes *et al.* (1998), ao avaliarem salsichas formuladas com 12% de gordura, cerca de 50% de água e gelo em relação à carne, e adicionadas de 3% de CPS com 35% de proteína (de modo a manter o mesmo nível de proteína animal em todas as formulações), não constataram ($P > 0,05$) efeito da adição de CPS sobre a luminosidade (L^*) de salsichas tipo *Frankfurter*. Entretanto, o fato de esses autores, ao contrário da presente pesquisa, não terem verificado efeito da adição de CPS sobre a luminosidade pode ser devido à maior adição de água e gelo (50%) nas salsichas por eles avaliadas do que nas mortadelas em análise (20% de água e gelo), já que a formulação da salsicha já era bem mais diluída que a mortadela da presente pesquisa.

Cofrades *et al.* (2000), ao avaliarem o efeito da adição de proteína de plasma de sangue em mortadelas Bologna, verificaram, por meio de modelos de regressão, que o valor de L^* aumentava ($P < 0,001$) com a adição da proteína do plasma, observando relação direta entre a luminosidade (L^*) e os níveis de proteína de plasma e de gordura.

Freitas *et al.* (2004) também verificaram, em estudo com mortadelas formuladas com diferentes porcentagens de CMS de frango que possuíam alto teor de pigmentos heme, que o valor de L^* diminuía com o aumento da adição de CMS.

Ao contrário dos resultados aqui apresentados, Yetim *et al.* (2006), 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 100% de gelo foi substituído por soro de leite. Essa diferença de resultados em relação ao efeito da adição de soro de leite sobre os valores de L^* , entre a presente pesquisa e a de Yetim *et al.* (2006), se deve ao fato de estes autores terem utilizado, na sua formulação, menor proporção de carne (50% contra 65%) e de proteína de soro (0,162% contra 1,63%) e maior teor de gordura (20% contra 8,2%).

Andrès *et al.* (2006), formulando salsicha de frango com baixo teor de gordura (0 a 6%) e elevada concentração de umidade (74 a 80%), verificaram que os valores de luminosidade (L^*) aumentaram ($P < 0,05$) quando se aumentou a adição de CPS, contendo 40% de proteína, de 0,64% para 1,94%. Entretanto, a variação no teor de CPS explicou apenas 2,3% da variação na luminosidade (L^*) das salsichas, enquanto a variação no teor de gordura explicou 33,6% da variação de luminosidade (L^*) das salsichas.

Barbut (2006), elaborando massa emulsificada de carne de frango mecanicamente separada, não verificou diferença de luminosidade (L^*) entre a massa-controle (sem adição de CPS) e aquela com 2% de adição de CPS (com 35% de proteína).

Comparando formulações de mortadelas elaboradas com sangue tratado com CO com as de mortadelas formuladas com sangue não-tratado, verifica-se (Tabela 12) que, para misturas com maior proporção de sangue e menor proporção de CPS, as mortadelas formuladas com sangue tratado com monóxido de carbono apresentaram ($P < 0,05$) maior valor de L^* que as respectivas formulações que usaram sangue não-tratado com CO. Entretanto, essa diferença tende a desaparecer quando se diminui a proporção de sangue (para valores próximos de 20%) e aumenta-se a proporção de CPS na mistura. Esta tendência é explicada pelo fato de o monóxido de carbono estabilizar o pigmento hemoglobina, gerando carboxiemoglobina, apresentando cor vermelho-cereja, mais clara que a cor vermelho-púrpura da hemoglobina ou a cor marrom da metahemoglobina. Isto está em consonância com Fontes *et al.* (2004), que verificaram maiores valores de L^* em sangue tratado com CO do que em sangue fresco (não-tratado com CO). Assim, quanto maior o teor de pigmentos heme, maior será a proporção de pigmentos vermelhos mais claros (cereja) em formulações que utilizam sangue tratado com CO, o que deixa a mortadela formulada com maior luminosidade (mais clara). Em outras palavras, ao diminuir a proporção de sangue na mistura, a ser adicionada nas formulações de mortadela, diminui-se também o efeito das diversas formas químicas dos pigmentos heme sobre a luminosidade das mortadelas.

Ao contrário dos resultados encontrados, Pereira (2000) verificou, no mesmo nível (10%) de substituição de carne por sangue, não haver ($P > 0,05$) efeito do tratamento de sangue com CO sobre o valor de L^* nas mortadelas formuladas. Entretanto, a autora utilizou maior quantidade de gordura (20%) na formulação das suas mortadelas. Como a gordura apresenta cor mais clara que o sangue, isto pode ter contribuído para que, no caso da sua pesquisa, a diferença de luminosidade entre as mortadelas desaparecesse, ou seja, a gordura passaria a funcionar como o CPS do presente experimento. Esta hipótese encontra suporte no fato de que bovinos que apresentam maior teor de gordura intramuscular apresentam ($r = 0,69$; $P < 0,01$) maior valor de luminosidade (NAKAI, 1991) e também no fato de que o aumento no teor de gordura aumenta a luminosidade de salsichas (HUGHES *et al.*, 1998; ANDRÈS *et al.*, 2006).

4.1.2. Avaliação de “ a^* ”

As mortadelas M1, M2, M3, M4, M7 e M8 apresentaram ($P < 0,05$) índice de vermelho (a^*) maior que o da mortadela-controle (Tabela 11). Isto se deve ao fato de estas formulações apresentarem maior proporção de sangue na mistura com CPS e, conseqüentemente, maior proporção de pigmentos heme, que aumentam a cor vermelha. Os valores de a^* das demais formulações não variaram ($P > 0,05$), ainda que a mortadela M6 (100% de CPS, 0% de sangue), na qual foi adicionado 100% de CPS em substituição a 10% da carne utilizada na formulação, tenha apresentado ($P > 0,05$) valor de a^* menor do que a mortadela-controle. Estes dados indicam, ao contrário do que se esperava, que em nível de substituição de 10% de carne apenas a adição de CPS não interfere significativamente no valor de a^* . Como o CPS não apresenta pigmentos de cor vermelha, esperava-se redução significativa no índice de vermelho (a^*) das mortadelas nas formulações em que as concentrações de CPS fossem mais elevadas.

Trabalhando com salsichas formuladas com 12% de gordura, cerca de 50% de água e gelo em relação à carne, e adicionadas de 3% de CPS com 35% de proteína (de modo a manter o mesmo nível de proteína animal em todas as formulações), Hughes *et al.* (1998) também não constataram ($P > 0,05$) efeito da adição de CPS sobre o índice de vermelho (a^*) de salsichas tipo Frankfurter.

Andrès *et al.* (2006), formulando salsicha de frango com baixo teor de gordura (0 a 6%) e elevada concentração de umidade (74 a 80%), também verificaram que os

índices de vermelho (a^*) não variaram ($P > 0,05$) quando aumentou-se a adição de CPS, contendo 40% de proteína, de 0,64% para 1,94%.

Barbut (2006), elaborando massa emulsificada de carne de frango mecanicamente separada, não verificou diferença no índice de vermelho (a^*) entre a massa-controle (sem adição de CPS) e aquela com 2% de adição de CPS (com 35% de proteína).

Verificou-se (Figura 6) que o aumento na concentração de soro, ou a diminuição na adição de sangue, na formulação da mortadela reduz o valor de a^* .

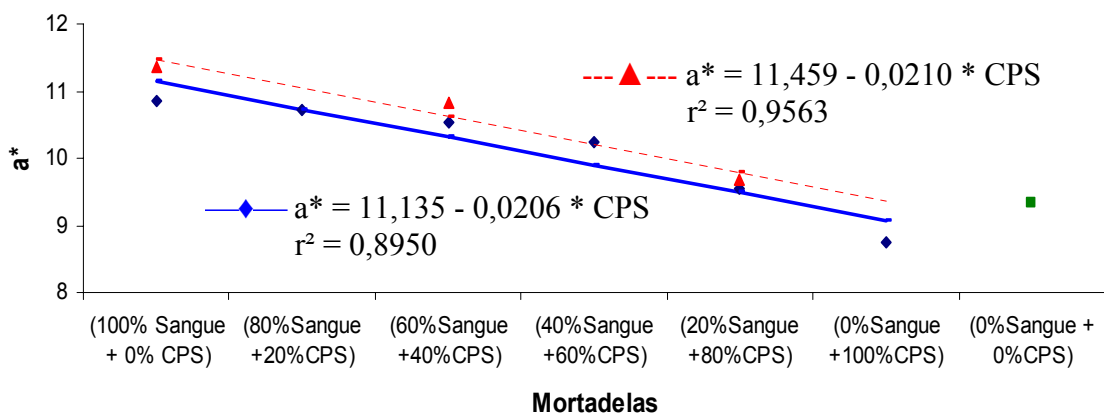


Figura 6 – Variação dos valores de a^* de mortadelas formuladas com substituição de 10% de carne por misturas de sangue não-tratado com CO + concentrado protéico de soro de leite (CPS) (—◆—); sangue tratado com CO + concentrado protéico de soro de leite (CPS) (---▲---); e mortadela-controle (■), sem uso de sangue ou CPS.

Esses dados são discordantes dos encontrados por Pereira (2000), que verificou, ao trabalhar com diferentes formulações de mortadelas, que o aumento nas concentrações de sangue resultou na diminuição do valor de a^* . O pesquisador constatou também que o pigmento hemoglobina é mais suscetível à oxidação pelo processo de cozimento com formação de metahemoglobina, ou que, possivelmente, a introdução de ar durante a coterização, fez com que houvesse certa conversão/oxidação dos pigmentos heme, com diminuição do valor de a^* .

Porém, outros autores corroboram os dados obtidos neste estudo com relação ao aumento do valor de a^* , quando se aumenta a adição de sangue.

Mielink e Slinde (1983) verificaram aumento nos valores de a^* de embutido cárneo, com aumento da adição de sangue, principalmente com sangue previamente curado.

Oellingrath e Slinde (1985), ao compararem bolos de carne-controle (sem adição de sangue) com bolo de carne com adição de 2% de sangue, verificaram aumento do valor de a^* com a adição de sangue.

Ferreira *et al.* (1994), ao trabalharem com bolo de carne de porco e de frango, verificaram que a adição de 0,5 a 4 % de eritrócitos na formulação aumentou os valores de a^* .

Freitas *et al.* (2004) verificaram, em estudo com mortadelas formuladas com diferentes porcentagens de CMS de frango, que possui alto teor de pigmentos heme, que o valor de a^* aumentava com a adição de CMS.

Em oposição aos resultados aqui apresentados, Yetim *et al.* (2006), ao avaliarem o efeito da substituição de gelo por diferentes níveis de soro de leite na formulação de salsichas, verificaram que o índice de vermelho (a^*) aumentou ($P < 0,05$) quando ocorreu elevação do nível de substituição de gelo por soro de leite, o que ele atribuiu ao efeito do aumento ($P > 0,05$) do pH do produto com o aumento na adição de soro de leite. Segundo os autores, a elevação de pH pelo lactato desfavoreceria a formação do pigmento de oximioglobina e favoreceria a formação de deoximioglobina, minimizando a formação de metamioglobina. Entretanto, parece haver um engano neste mecanismo proposto, já que o pigmento de deoximioglobina é menos estável que o pigmento de oximioglobina (RICHARDSON, 2003) e, portanto, mais propenso a ser oxidado ao pigmento marrom de metamioglobina. Nesse caso, deveria ter ocorrido redução, e não aumento, no índice de vermelho (a^*). Por outro lado, seria possível que a elevação de pH, em função da adição de lactato, favorecesse os sistemas redutores da carne, fazendo com que o pigmento de cor se mantivesse na sua forma reduzida (deoximioglobina), em vez de se oxidar a metamioglobina. Ainda assim, como as salsichas formuladas por Yetim *et al.* (2006) foram adicionadas de sais de cura, não se justifica a explicação de diminuição de a^* em função da formação de metamioglobina, já que produtos curados cozidos apresentam o pigmento de cor rosada estável de nitrosohemocromo.

As mortadelas formuladas com sangue tratado com monóxido de carbono (M7, M8 e M9) não apresentaram ($P > 0,05$) diferença no valor de a^* (Tabela 12) em relação às respectivas formulações similares na porcentagem de mistura sangue/CPS (M1, M3 e M5), mas que usaram sangue não-tratado com CO. O sangue tratado com CO forma um pigmento mais estável e vermelho, carboxiemoglobina, que o pigmento de hemoglobina (FONTES, 1999; SØRHEIM *et al.*, 1997; WOLFE, 1980). Assim, nas formulações em que se utilizou sangue tratado com CO deveria haver menor formação do pigmento

marrom de metahemoglobina. Entretanto, ao formular as mortadelas, a incorporação de ar durante a cuterização da massa pode ter contribuído para que ocorresse uma considerável remoção de CO da sexta posição do pigmento de cor, tornando-o mais propenso a se oxidar ao pigmento de metahemoglobina. Esta hipótese parece razoável, uma vez que, apesar de não-significativos, os valores de a^* das mortadelas formuladas com CO foram “superiores” àqueles de mortadelas formuladas com sangue não-tratado com CO. Essa diferença tende a diminuir com a redução na proporção de sangue e o aumento na proporção de CPS. Esta hipótese também é suportada pelos resultados de Mielink e Slinde (1983), que verificaram, com o aumento na adição de sangue em embutidos, maiores incrementos nos valores de a^* à medida que o pigmento de cor do sangue era estabilizado com nitrito antes de sua incorporação à massa.

Pereira (2000) também verificou, em nível de 10% de substituição de carne por sangue, que os valores de a^* de mortadelas formuladas com sangue tratado com CO eram maiores ($P > 0,05$) que os das mortadelas formuladas com sangue não-tratado.

Fontes *et al.* (2004), ao avaliarem a cor de sangue líquido, verificaram que o valor de a^* e a reflectância, entre 600 e 700 nm, do sangue tratado com CO foram maiores que o valor de a^* e a reflectância do sangue não-tratado, indicando que o sangue tratado foi mais “vermelho” que o sangue não-tratado. Fontes (1999) verificou que o valor de a^* para o sangue tratado com CO e desidratado também foi maior do que o valor de a^* para o sangue não-tratado e desidratado.

4.1.3. Avaliação de “ b^* ”

As mortadelas M1, M2, M3, M7, M8 e M9 apresentaram ($P < 0,05$) menor valor de b^* que a mortadela-controle (Tabela 11). As demais formulações apresentaram índice de amarelo (b^*) que não diferiu ($P > 0,05$) da mortadela-controle.

Yetim *et al.* (2006), ao avaliarem o efeito da substituição de gelo por diferentes níveis de soro de leite na formulação de salsichas, também verificaram que o índice de amarelo (b^*) aumentou ($P > 0,05$) quando se substituiu 100% de gelo por soro de leite.

Andrès *et al.* (2006), formulando salsicha de frango com baixo teor de gordura (0 a 6%) e elevada concentração de umidade (74 a 80%), verificaram que os valores de índice de amarelo (b^*) aumentaram ($P < 0,05$) quando se aumentou a adição de CPS, contendo 40% de proteína, de 0,64 para 1,94%. Entretanto, a variação no teor de CPS explicou apenas 3,1% da variação do índice de amarelo (b^*) das salsichas, enquanto a

variação no teor de gordura explicou 6,9% da variação do índice de amarelo (b^*) das salsichas.

Barbut (2006), elaborando massa emulsificada de carne de frango mecanicamente separada, não verificou diferença de índice de amarelo (b^*) entre a massa-controle (sem adição de CPS) e aquela com 2% de adição de CPS (com 35% de proteína). Apesar da diferença de concentração de proteína de soro entre a presente pesquisa e a de Barbut (2006), nas mortadelas formuladas apenas com soro (M6) também não foi evidenciada ($P > 0,05$) diferença de índice de amarelo em relação à mortadela-controle.

Trabalhando com salsichas formuladas com 12% de gordura, cerca de 50% de água e gelo em relação à carne, e adicionadas de 3% de CPS com 35% de proteína (de modo a manter o mesmo nível de proteína animal em todas as formulações), Hughes *et al.* (1998) não constataram ($P > 0,05$) efeito da adição de CPS sobre o índice de amarelo (b^*) de salsichas tipo *Frankfurter*. Entretanto, o fato de esses autores, ao contrário da presente pesquisa, não terem verificado efeito da adição de CPS sobre o índice de amarelo pode ser devido à maior adição de água e gelo (50%) nas suas salsichas que nas mortadelas em análise (20% de água e gelo), já que a formulação da salsicha já era bem mais diluída que a da mortadela da presente pesquisa.

Assim, verificou-se (Figura 7) que a diminuição do CPS ou o aumento na adição de sangue diminuiu o valor de b^* , confirmando dados obtidos por outros autores (MIELNIK e SLINDE, 1983; OELLINGRATH e SLINDE, 1985; GUZMAÑ *et al.*, 1995; PEREIRA, 2000). Exceto para a formulação M9, nas mortadelas em que se aumentou a proporção de CPS para 60% ou mais a diferença de valor de b^* desapareceu, em relação à mortadela-controle. Na mortadela M9, a diferença no valor de b^* em relação à mortadela-controle pode ser devido à estabilização do pigmento de cor pela sua interação com o CO.

As formulações que apresentam maior proporção de sangue, em mistura com CPS, são as que possuem pigmentos heme, que diminuem o valor de b^* (cor amarela). O CPS reconstituído apresenta coloração mais amarelada, mas a mortadela M6, em que foi adicionado 100% de CPS em substituição a 10% da carne utilizada na formulação, apesar de apresentar valor de b^* maior que o da mortadela-controle (MC), não apresentou diferença significativa ($P > 0,05$) quando comparada à MC.

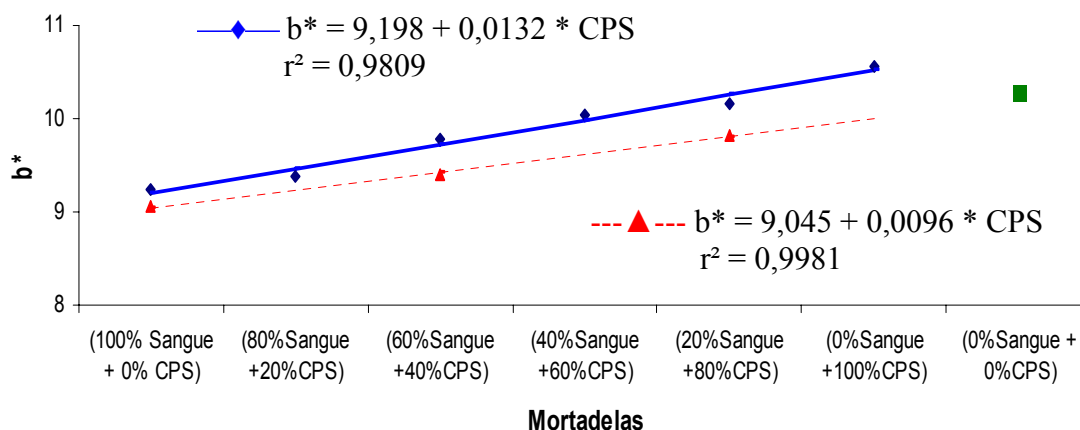


Figura 7 – Variação dos valores de b^* de mortadelas formuladas com substituição de 10% de carne por misturas de sangue não-tratado com CO + concentrado protéico de soro de leite (CPS) (—◆—); sangue tratado com CO + concentrado protéico de soro de leite (CPS) (---▲---); e mortadela-controle (■) sem uso de sangue ou CPS.

Como o CPS possui coloração amarelada, era de se esperar que o aumento na proporção de CPS, em substituição à carne, gerasse aumento no valor de b^* das mortadelas. Entretanto, na mortadela M6, em que se utilizou 100% de CPS em substituição à carne, apesar de apresentar valor de b^* superior ao da mortadela-controle, esse efeito foi não significativo. Por outro lado, as formulações que apresentaram maiores proporções de sangue geraram menores valores de b^* (cor amarela).

Cofrades *et al.* (2000), ao avaliarem o efeito da adição de proteína de plasma em mortadelas Bologna com diferentes teores de gordura, verificaram que o valor de b^* aumentava ($P < 0,001$) com a adição da proteína do plasma, observando a relação direta entre a intensidade de cor amarela (b^*) e a adição de proteína de plasma. Constataram também que quanto maior a quantidade de gordura no embutido, maior será a predominância da cor amarela.

A redução nos valores de b^* , com aumento na adição de sangue ou de compostos ricos em pigmentos heme em produtos cárneos, tem sido relatada (GUZMAÑ *et al.*, 1995; PEREIRA, 2000; FREITAS *et al.*, 2004). Entretanto, Mielink e Slinde (1983) verificaram que o valor de b^* em embutidos só reduziu com o aumento na adição de sangue quando este estava previamente curado; quando o sangue adicionado não estava curado, os valores de b^* dos embutidos, ao contrário, aumentavam com aumento na adição de sangue.

Verifica-se (Tabela 12) que nas mortadelas M3/M8 e M5/M9, em que foi utilizado sangue tratado com CO, obtiveram-se ($P < 0,05$) valores de b^* menores que as respectivas formulações que utilizaram sangue não-tratado, porém as formulações M1 e M7 não diferiram ($P > 0,05$) no contraste. Este fato está em consonância com os resultados de Mielink e Slinde (1983), que mostraram que os valores de b^* de embutidos formulados com sangue previamente estabilizado com nitrito de sódio diminuem com o aumento na adição de sangue, enquanto o oposto acontece quando da adição de sangue não-curado.

Segundo Benevenuto Junior (2001), existe correlação ($r = 0,25$; $P < 0,01$) entre o aumento no valor de b^* e o aumento no teor relativo de metamioglobina, e como as mortadelas formuladas com sangue tratado com CO apresentam o pigmento estável de carboxiemoglobina, e menos pigmentos metahemoglobina, os valores de b^* das mortadelas M7, M8 e M9 ficaram menores que os das mortadelas M1, M3 e M5. Este fato, somado à utilização de CPS (mais amarelo), aumenta a distância entre as retas (Figura 7), ao diminuir a quantidade de sangue, ou aumentar a quantidade de CPS, nas misturas utilizadas nas formulações das mortadelas.

4.1.4. Avaliação de “ h^* ” e “ c^* ”

A tonalidade (h^*) é a grandeza que caracteriza a qualidade da cor (vermelho, verde, azul etc.), permitindo diferenciá-la.

Fernández *et al.* (1989), citados por Ferreira *et al.* (1994), ao estudarem a influência da adição de sangue em embutidos, concluíram que a tonalidade (h^*) foi mais importante que a luminosidade (L^*) na aceitabilidade dos produtos, devido à cor vermelha desenvolvida pela adição do sangue.

A mortadela M5 foi a única que não apresentou diferença ($P > 0,05$), quanto ao valor de h^* , em relação à mortadela-controle (Tabela 11).

Verificou-se (Figura 8) que o aumento da quantidade de CPS e a diminuição da quantidade de sangue na formulação da mortadela promoveram o aumento no valor de h^* , tornando as mortadelas menos vermelhas e mais amareladas. Neste sentido, a mortadela M6 (100% de CPS) foi a única formulação que apresentou ($P < 0,05$) valor de h^* maior que o da mortadela-controle. Exceto pela mortadela M5 (20% de SNT + 80% CPS), em que o ângulo de tonalidade (h^*) não diferiu daquele da mortadela-controle, todas as demais mortadelas apresentaram ($P < 0,05$) cor mais avermelhada que a da MC.

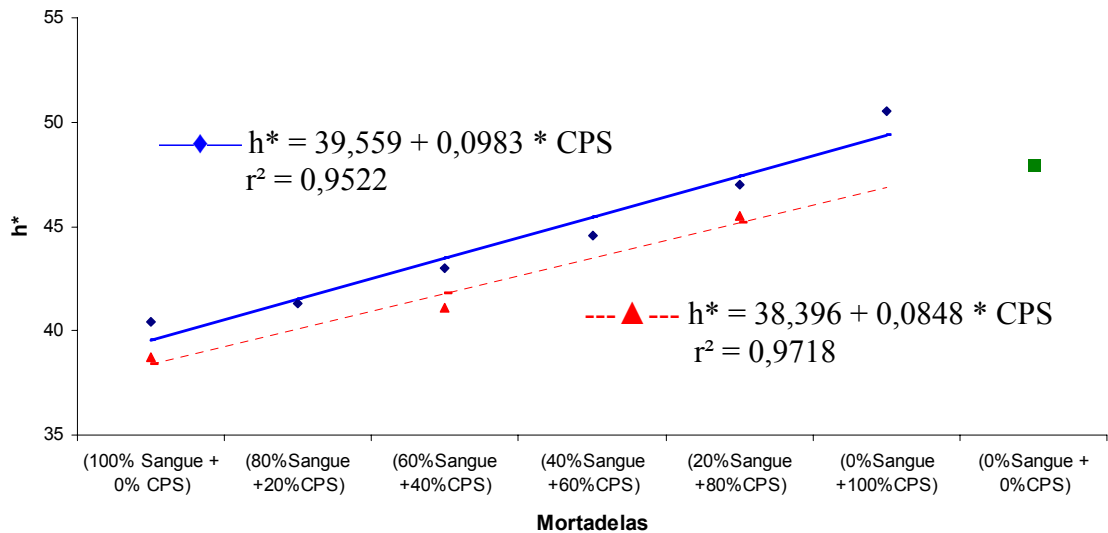


Figura 8 – Variação dos valores de h^* de mortadelas formuladas com substituição de 10% de carne por misturas de sangue não-tratado com CO + concentrado protéico de soro de leite (CPS) (—◆—); sangue tratado com CO + concentrado protéico de soro de leite (CPS) (---▲---); e mortadela-controle (■) sem uso de sangue ou CPS.

Segundo Lindahl *et al.* (2001), o pigmento metamioglobina é o mais importante fator para a variação do ângulo de tonalidade (h^*).

Com exceção das mortadelas M5 e M9, as mortadelas formuladas com sangue tratado com monóxido de carbono diferiram ($P < 0,05$), na coordenada h^* (cor mais vermelha), das respectivas formulações similares na porcentagem de mistura sangue/CPS, mas que usaram sangue não-tratado com CO (Tabela 12), demonstrando que ao diminuir a proporção de sangue na mistura o efeito do tratamento com CO é menos efetivo para o valor de h^* .

A mortadela M9, diferentemente da mortadela M5, apresentou ($P < 0,05$) coloração mais vermelha (menor valor de h^*) que a da mortadela-controle, o que se deve ao fato de que a saturação do sangue com o CO estabiliza mais o pigmento de hemoglobina, minimizando a sua oxidação e mantendo-o mais avermelhado. Já o sangue não-tratado com CO, por possuir pigmento heme menos estável, é mais suscetível à oxidação, com conseqüente perda da sua tonalidade vermelha em favor de uma tonalidade mais amarronzada.

Exceto pela formulação M7, nenhuma outra formulação apresentou saturação de cor (c^*) diferente ($P > 0,05$) da mortadela-controle (MC). A mortadela M7, por sua vez,

apresentou ($P < 0,05$) valor de c^* superior ao da MC (Tabela 11), o que, provavelmente, se deve ao fato de se ter usado substituição de carne por 100% de sangue tratado com CO, o qual apresenta maior teor de pigmentos e coloração vermelha estável.

Apesar de se observar tendência de diminuição do índice de saturação (c^*) com o aumento na adição de CPS e diminuição da adição de sangue (Figura 9), as análises de regressão (para sangue tratado e para sangue não-tratado com CO) não evidenciaram efeito significativo ($P > 0,10$) do nível de CPS sobre os valores de c^* , assim como não diferiram as mortadelas com sangue tratado ou não com CO (Tabela 12). Este resultado surpreende, uma vez que ao aumentar a adição de sangue se está aumentando a quantidade de pigmentos de cor nas mortadelas, especialmente quando o sangue foi saturado com CO.

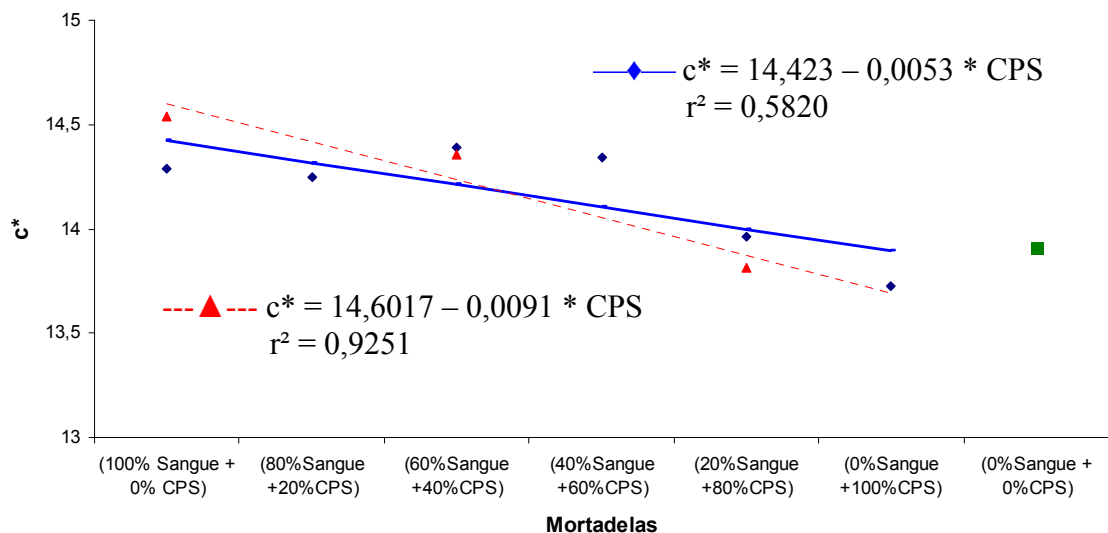


Figura 9 – Variação dos valores de c^* de mortadelas formuladas com substituição de 10% de carne por misturas de sangue não-tratado com CO + concentrado protéico de soro de leite (CPS) (—◆—); sangue tratado com CO + concentrado protéico de soro de leite (CPS) (---▲---); e mortadela-controle (■) sem uso de sangue ou CPS.

Guzmañ *et al.* (1995) verificaram que o aumento na adição de sangue em bolos cozidos de carne bovina moída gerou diminuição nos valores de c^* , enquanto em bolos de carne não-cozidos o aumento na adição de sangue mostrou comportamento errático (decréscimo, acréscimo e novo decréscimo) no valor de c^* . Comportamento errático nos valores de c^* também pode ser vislumbrado nos dados apresentados por Freitas *et al.* (2004), em mortadelas formuladas com diferentes níveis de adição de CMS de frango.

4.1.5. Avaliação da diferença de cor “ ΔE^* ”

Os valores de diferença de cor (ΔE^*) entre as diversas formulações de mortadelas que utilizaram mistura de sangue e CPS e a mortadela-controle estão na Tabela 13.

Tabela 13 – Resumo da avaliação de cor para os valores de ΔE^* , ao relacionar as diversas formulações de mortadelas com a mortadela-controle (MC)

Mortadela	ΔE^* ^a	Avaliação da Diferença de Cor ^b
M1 (100% SNT + 0% CPS)	9,99	Percepção bastante clara
M2 (80% SNT + 20% CPS)	9,19	Percepção bastante clara
M3 (60% SNT + 40% CPS)	7,14	Percepção bastante clara
M4 (40% SNT + 60% CPS)	5,46	Percepção muito clara
M5 (20% SNT + 80% CPS)	2,43	Percepção clara
M6 (0% SNT + 100% CPS)	1,32	Pouco perceptível
M7 (100% SCO + 0% CPS)	9,54	Percepção bastante clara
M8 (60% SCO + 40% CPS)	6,47	Percepção bastante clara
M9 (20% SCO + 80% CPS)	2,17	Percepção clara

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

^b Fonte: modificado de Prändl *et al.* (1994).

SNT = sangue não-tratado com CO; SCO = sangue tratado com CO; e CPS = concentrado protéico de soro de leite.

A mortadela M6, quando comparada à mortadela-controle (MC), foi a que menos apresentou variação na diferença de cor, com avaliação “pouco perceptível”, seguida das mortadelas M5 e M9, com avaliação “percepção clara”. Verifica-se que a diferença de cor (ΔE^*) é maior com o aumento da quantidade de sangue na formulação da mortadela, já que estas apresentam maior concentração de pigmentos heme.

Pereira (2000) verificou que a diferença de cor entre as mortadelas formuladas com sangue e a mortadela-controle tornou-se mais acentuada com o aumento dos níveis de adição de sangue às mortadelas, afirmando que a impressão inicial de cor entre as mortadelas adicionadas de sangue e a controle é classificada como “forte”, para todos os níveis de 5% de sangue, e “muito forte”, para os níveis 10, 15 e 20% de substituição de carne por sangue.

As mortadelas formuladas com sangue tratado com monóxido de carbono (M7, M8 e M9) apresentaram valores de ΔE^* menores que aquelas das respectivas formulações (M1, M3 e M5) que usaram sangue não-tratado com CO, porém foram

idênticas nos termos das avaliações de ΔE^* (M1, M3, M7 e M8 com “percepção bastante clara” e M5 e M9 com “percepção clara”), ou seja, o uso de sangue tratado previamente com CO, nas mortadelas, não resulta em diferença na avaliação de ΔE^* em relação ao uso de sangue não-tratado.

Esses dados são concordantes com os encontrados por Pereira (2000), que não observou diferença para mortadelas formuladas com sangue tratado com CO e mortadelas formuladas com sangue não-tratado para o valor de ΔE^* .

4.2. Avaliação química das mortadelas

As médias e os desvios-padrão dos valores de umidade, proteínas totais, lipídeos, cinzas e carboidrato, nas diversas formulações de mortadelas, estão na Tabela 14. Nenhuma mortadela, quando comparada com a mortadela-controle (MC), apresentou ($P > 0,05$) diferença quanto ao teor de umidade, proteínas totais, lipídeos, cinzas e carboidrato.

A análise de regressão ($P > 0,10$) também não mostrou efeito dos níveis de adição de CPS (nas misturas com sangue) sobre a composição centesimal, tanto quando se utilizou sangue tratado como não-tratado com CO.

As mortadelas elaboradas permaneceram dentro dos padrões estabelecidos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, com exceção das mortadelas M1 e M3, que ficaram um pouco acima do máximo permitido para o teor de umidade, o que poderia ser corrigido pela redução na porcentagem de água/gelo ou acréscimo de gordura, amido etc. na formulação das mortadelas.

O Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade para Mortadela, estabelecido na Instrução Normativa nº 4, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2000), declara como limite máximo de umidade 65%, o limite máximo de gordura 30% e o limite mínimo de proteína 12%.

Fontes (2006), ao trabalhar com mortadelas adicionadas de sangue, obteve teores médios (\pm desvio-padrão) de proteína e lipídio de, respectivamente, 16,45 (\pm 0,66) e 7,97 (\pm 0,26) g/100 g.

O fato de o sangue animal apresentar composição semelhante à da carne (GORBATOV, 1988) e, assim como o CPS ter sido previamente solubilizado para alcançar o teor de proteína final próximo a 20%, permitiu que não ocorresse diferença

significativa ($P > 0,05$) para os teores de umidade, proteínas totais, lipídeos, cinzas e carboidrato entre as diversas formulações de mortadelas.

Tabela 14 – Composição centesimal de mortadelas formuladas com diferentes combinações de sangue (tratado ou não com CO) e CPS, comparada com a mortadela-controle (MC)

Mortadela	Umidade	Carboidrato	Cinzas	Lipídeos	Proteína
MC (mortadela-controle)	64,94 ± 1,11	5,44 ± 2,63	3,23 ± 0,42	11,48 ± 2,60	14,92 ± 0,72
M1 (100% SNT + 0% CPS)	65,91 ± 1,12 ^{ns}	4,58 ± 0,80 ^{ns}	3,59 ± 0,60 ^{ns}	11,71 ± 1,60 ^{ns}	14,20 ± 0,67 ^{ns}
M2 (80% SNT + 20% CPS)	64,89 ± 1,97 ^{ns}	4,26 ± 2,57 ^{ns}	3,44 ± 0,56 ^{ns}	12,48 ± 0,85 ^{ns}	14,93 ± 0,87 ^{ns}
M3 (60% SNT + 40% CPS)	65,35 ± 1,86 ^{ns}	3,52 ± 1,47 ^{ns}	3,45 ± 0,44 ^{ns}	12,53 ± 1,32 ^{ns}	15,15 ± 0,81 ^{ns}
M4 (40% SNT + 60% CPS)	64,80 ± 1,85 ^{ns}	4,76 ± 1,37 ^{ns}	3,62 ± 0,59 ^{ns}	12,18 ± 1,88 ^{ns}	16,64 ± 0,51 ^{ns}
M5 (20% SNT + 80% CPS)	64,94 ± 1,07 ^{ns}	4,07 ± 0,90 ^{ns}	3,41 ± 0,54 ^{ns}	11,90 ± 0,80 ^{ns}	15,68 ± 0,40 ^{ns}
M6 (0% SNT + 100% CPS)	64,87 ± 1,06 ^{ns}	5,20 ± 1,27 ^{ns}	3,45 ± 0,71 ^{ns}	11,27 ± 0,76 ^{ns}	15,20 ± 0,06 ^{ns}
M7 (100% SCO + 0% CPS)	64,19 ± 1,01 ^{ns}	4,39 ± 0,23 ^{ns}	3,79 ± 0,77 ^{ns}	12,41 ± 1,88 ^{ns}	15,22 ± 0,25 ^{ns}
M8 (60% SCO + 40% CPS)	64,81 ± 1,24 ^{ns}	4,04 ± 0,47 ^{ns}	3,73 ± 0,69 ^{ns}	12,35 ± 1,94 ^{ns}	15,08 ± 0,48 ^{ns}
M9 (20% SCO + 80% CPS)	64,78 ± 1,47 ^{ns}	4,29 ± 0,79 ^{ns}	3,43 ± 0,53 ^{ns}	11,93 ± 2,70 ^{ns}	15,57 ± 0,86 ^{ns}

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.

SNT = sangue não-tratado com CO; SCO = sangue tratado com CO.; e CPS = concentrado protéico de soro de leite.

Na Tabela 15 observa-se que as mortadelas M5, M6 e M9 não diferiram ($P > 0,05$) da mortadela-controle (MC) em relação ao teor de ferro, pois foram mortadelas formuladas com menores proporções de sangue na mistura com CPS, em substituição à carne bovina. Além disto, o fato de se ter substituído apenas 10% da carne por mistura de sangue e soro não favorece a queda no teor de ferro ao se retirar carne e adicionar CPS, especialmente nas mortadelas M5 e M9, que continham ferro oriundo do sangue.

Por outro lado, as mortadelas M1, M2, M3, M4, M7 e M8 apresentaram ($P < 0,05$) teores de ferro superiores (a maioria mais que o dobro) ao da mortadela-controle (MC), o que se explica pelo maior teor de ferro no sangue (300 ppm) do que na carne (26 ppm) (GORBATOV, 1988), associado ao fato de que essas formulações possuem proporções mais elevadas (40 a 100%) de sangue.

À semelhança do observado por Pereira (2000) e Fontes (2006), o aumento da adição de sangue em formulações de mortadelas influenciou ($P < 0,05$) o teor de ferro nesses produtos (Figura 10).

Tabela 15 – Teores de ferro de mortadelas formuladas com diferentes combinações de sangue (tratado ou não com CO) e CPS, comparados com o da mortadela-controle (MC)

Mortadela	Teor de Ferro (ppm)
MC (mortadela-controle)	21,00 ± 0,01
M1 (100% SNT + 0% CPS)	53,50 ± 1,91*
M2 (80% SNT + 20% CPS)	47,75 ± 4,35*
M3 (60% SNT + 40% CPS)	40,25 ± 5,06*
M4 (40% SNT + 60% CPS)	31,25 ± 1,50*
M5 (20% SNT + 80% CPS)	24,50 ± 1,91 ^{ns}
M6 (0% SNT + 100% CPS)	22,25 ± 2,87 ^{ns}
M7 (100% SCO + 0% CPS)	55,75 ± 1,50*
M8 (60% SCO + 40% CPS)	41,25 ± 2,87*
M9 (20% SCO + 80% CPS)	24,00 ± 0,01 ^{ns}

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.

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

SNT = sangue não-tratado com CO; SCO = sangue tratado com CO; e CPS = concentrado protéico de soro de leite.

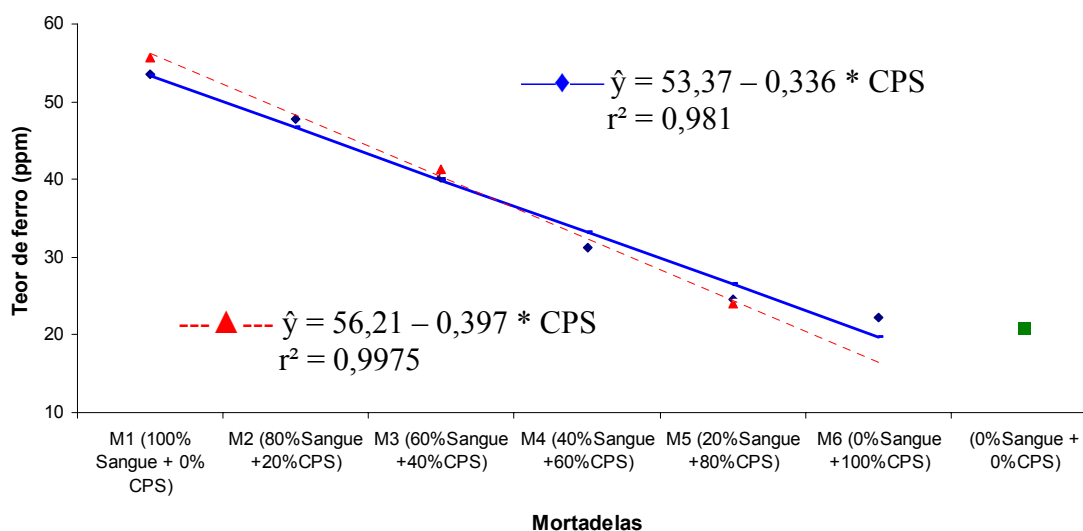


Figura 10 – Variação dos teores de ferro (ppm) de mortadelas formuladas com substituição de 10% de carne por misturas de sangue não-tratado com CO + concentrado protéico de soro de leite (CPS) (—◆—); sangue tratado com CO + concentrado protéico de soro de leite (CPS) (---▲---); e mortadela-controle (■) sem uso de sangue ou CPS.

Como o sangue contém uma concentração de ferro cerca de dez vezes maior que a da carne bovina (GORBATOV, 1988), esse resultado já era, teoricamente, esperado.

Segundo Slinde e Martens (1982), a utilização de 1% de sangue em produtos cárneos aumenta o conteúdo de pigmento (hemoglobina) em aproximadamente 1.500 mg/kg, aumentando, conseqüentemente, o teor de ferro.

Assim, a utilização de sangue em formulações de mortadelas (ou outros embutidos) pode ser uma alternativa na produção de alimentos que contribuam para a redução da ocorrência de anemia ferropriva.

4.3. Avaliação da textura das mortadelas

As médias (desvios-padrão) dos valores de dureza, elasticidade e coesividade das diversas formulações de mortadelas estão na Tabela 16. Nenhuma mortadela, quando comparada com a mortadela-controle (MC), apresentou diferença significativa ($P > 0,05$) quanto aos parâmetros dureza, elasticidade e coesividade.

A análise de regressão ($p > 0,10$) não mostrou efeito dos níveis de adição de CPS (nas misturas com sangue) sobre nenhum dos parâmetros de textura, tanto quando se utilizou sangue tratado como não-tratado com CO.

As proteínas do sangue apresentam excelentes propriedades funcionais, como: capacidade emulsificante, formação de espuma, retenção de água e gelatinização, que permite a sua incorporação em produtos cárneos, massas e panificação (TYBOR *et al.*, 1975; WISMER-PEDERSEN, 1979; NAKAMURA *et al.*, 1984; SHAHIDI *et al.*, 1984; HAAST *et al.*, 1987; KNIPE, 1988; RAEKER e JOHNSON, 1995). As proteínas remanescentes do soro de leite também apresentam excepcionais propriedades funcionais, como: solubilidade, formação e estabilidade de espuma, aumento da emulsão, geleificação, formação de filmes e cápsulas protetoras (SGARBIERI, 2005).

Os concentrados protéicos de soro de leite (CPS) 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).

A literatura estabelece que os parâmetros de textura como dureza, elasticidade e coesividade estão relacionados com a composição centesimal dos produtos cárneos formulados, variando com o teor de umidade (COFRADES *et al.*, 2000), a proteína (COLMENERO *et al.*, 1995; COFRADES *et al.*, 2000; FREITAS *et al.*, 2004; CENGIZ

Tabela 16 – Médias (\pm desvios-padrão) dos índices de dureza, elasticidade e coesividade das mortadelas formuladas pela substituição de 10% de carne por diferentes níveis de mistura de sangue e concentrado protéico de soro de leite, comparadas com a da mortadela-controle

Mortadela	Dureza	Elasticidade	Coesividade
MC (mortadela-controle)	1.091,73 \pm 156,34	0,75 \pm 0,22	0,49 \pm 0,04
M1 (100% SNT + 0% CPS)	1.170,13 \pm 233,95 ^{ns}	0,71 \pm 0,22 ^{ns}	0,44 \pm 0,03 ^{ns}
M2 (80% SNT + 20% CPS)	1.140,21 \pm 166,81 ^{ns}	0,78 \pm 0,24 ^{ns}	0,43 \pm 0,03 ^{ns}
M3 (60% SNT + 40% CPS)	1.232,18 \pm 180,38 ^{ns}	0,76 \pm 0,22 ^{ns}	0,47 \pm 0,03 ^{ns}
M4 (40% SNT + 60% CPS)	1.209,53 \pm 157,96 ^{ns}	0,79 \pm 0,19 ^{ns}	0,43 \pm 0,06 ^{ns}
M5 (20% SNT + 80% CPS)	1.145,38 \pm 122,53 ^{ns}	0,70 \pm 0,20 ^{ns}	0,45 \pm 0,05 ^{ns}
M6 (0% SNT + 100% CPS)	1.144,97 \pm 143,08 ^{ns}	0,71 \pm 0,20 ^{ns}	0,47 \pm 0,03 ^{ns}
M7 (100% SCO + 0% CPS)	1.174,41 \pm 272,10 ^{ns}	0,80 \pm 0,22 ^{ns}	0,44 \pm 0,05 ^{ns}
M8 (60% SCO + 40% CPS)	1.076,23 \pm 166,81 ^{ns}	0,71 \pm 0,23 ^{ns}	0,49 \pm 0,02 ^{ns}
M9 (20% SCO + 80% CPS)	1.221,43 \pm 230,65 ^{ns}	0,75 \pm 0,23 ^{ns}	0,43 \pm 0,07 ^{ns}

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

SNT = sangue não-tratado com CO; SCO = sangue tratado com CO; e CPS = concentrado protéico de soro de leite.

e GOKOGLU, 2007) e a gordura (COLMENERO *et al.*, 1995; CENGIZ e GOKOGLU, 2007) dos produtos. Assim, a ausência de variação observada nos parâmetros de textura das mortadelas se deve ao fato de nenhuma formulação ter diferido ($P > 0,05$) quanto à sua composição centesimal (Tabela 14).

Colmenero *et al.* (1995), ao analisarem a influência do conteúdo protéico e de gordura sobre a textura de mortadela Bologna, verificaram que o conteúdo protéico foi a variável que mais influenciou as características do produto, e que ambas as porcentagens de gordura e proteína geralmente apresentaram o efeito linear direto e significativo nos parâmetros instrumentais de textura.

El-Magoli *et al.* (1996), ao avaliarem o perfil de textura de bolo de carne bovina moída com baixo teor de gordura e formulada com 1 a 4 % de CPS, não verificaram diferença significativa ($P > 0,05$) para o parâmetro dureza e elasticidade em relação à carne-controle.

Hughes *et al.* (1998), ao avaliarem a textura de salsichas formuladas com 12% de gordura, cerca de 50% de água e gelo em relação à carne, e adicionadas de 3% de CPS com teor de proteína de 35% (de modo a manter o mesmo nível de proteína animal em todas as formulações), verificaram que a dureza das salsichas aumentou ($P = 0,0004$), enquanto a elasticidade e a coesividade não diferiram ($P > 0,05$) da formulação-controle. O fato de esses autores, ao contrário da presente pesquisa, terem

verificado efeito da adição de CPS sobre a dureza pode se dever à maior adição de água e gelo (50%) nas suas salsichas que nas mortadelas em análise (20% de água e gelo).

Cofrades *et al.* (2000), ao avaliarem a textura em mortadelas Bologna adicionadas de diferentes níveis de proteína de plasma de sangue, constataram que o aumento na adição de proteína de plasma produziu embutidos com maior dureza, o que, segundo os autores, pode ser explicado pelas propriedades ligantes e de geleificação que os concentrados protéicos de plasma possuem.

Freitas *et al.* (2004) comprovaram a redução da dureza, elasticidade e coesividade com o aumento da porcentagem de CMS (de 0 a 100%) em substituição à porção cárnea nas formulações das mortadelas, indicando que o CMS produziu ligações protéicas mais débeis nas emulsões de mortadelas.

Viana *et al.* (2005), ao avaliarem a qualidade de patê de presunto contendo globina bovina e, ou, plasma em substituição à gordura, relataram não ocorrer alteração ($P > 0,05$), em relação ao patê-controle, na dureza para o patê com adição de plasma bovino, na elasticidade para os patês com adição de plasma e, ou, globina e na coesividade para o patê adicionado de globina bovina.

Andrès *et al.* (2006) evidenciaram que o aumento no nível de adição de CPS (contendo 40% de proteína) gerou ($P < 0,05$) diminuição de dureza e aumento da coesividade, sem alterar ($P > 0,05$) a elasticidade de embutidos emulsionados de frangos.

Yetim *et al.* (2006) avaliaram a textura de salsichas Frankfurter 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, exceto para o nível de 50% de substituição de gelo por soro de leite, os autores também não evidenciaram diferença ($P > 0,05$) de dureza em relação ao controle (0% de substituição). Quanto à elasticidade, eles evidenciaram diminuição da elasticidade ($P < 0,05$) com a adição de soro de leite, sendo esta diminuição proporcional ao aumento no nível de substituição.

Pietrasik *et al.* (2007) verificaram que, em relação à formulação-controle, a adição de 2% de plasma de sangue desidratado não afetou a dureza e a elasticidade de gel suíno (um tipo de emulsão com apenas 8% de proteína cárnea). Entretanto, a coesividade do produto diminuiu ($P < 0,05$) quando o plasma de sangue desidratado foi adicionado.

Cengiz e Gokoglu (2007), ao avaliarem o efeito sobre a textura, quando a quantidade de gordura em formulações de salsicha Frankfurter foi reduzida, verificaram que o valor de dureza decresce com a diminuição de 20 para 5% de gordura, e que a adição de concentrado protéico de soja aumentou o parâmetro dureza nas salsichas elaboradas com 20% de gordura.

4.4. Avaliação microbiológica das mortadelas

Na avaliação microbiológica das mortadelas, tanto do dia zero como aos 30 dias após a produção, todos os dados obtidos para coliformes a 45°C, *Staphylococcus* coagulase positiva e *Clostridium* sulfito redutores não ultrapassaram o máximo permitido pela Resolução – RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 2001), para embutidos como a mortadela (Tabela 17).

Tabela 17 – Contagens aos 0 e 30 dias de coliformes, estafilococos e clostrídios das mortadelas formuladas com adição de sangue/CPS (M1 a M9) e da mortadela-controle (MC)

Mortadela	Coliformes a 45 °C		Estafilococos Coagulase Positiva		Clostrídio Sulfito Redutor a 46°C	
	----- (UFC/g) -----					
	d0	d30	d0	d30	d0	d30
MC (mortadela-controle)	< 10 ¹	< 10 ¹	< 10 ²	< 10 ²	< 10 ¹	< 10 ¹
M1 (100% SNT + 0% CPS)	< 10 ¹	< 10 ¹	< 10 ²	< 10 ²	< 10 ¹	< 10 ¹
M2 (80% SNT + 20% CPS)	< 10 ¹	< 10 ¹	< 10 ²	< 10 ²	< 10 ¹	< 10 ¹
M3 (60% SNT + 40% CPS)	< 10 ¹	< 10 ¹	< 10 ²	< 10 ²	< 10 ¹	< 10 ¹
M4 (40% SNT + 60% CPS)	< 10 ¹	< 10 ¹	< 10 ²	< 10 ²	< 10 ¹	< 10 ¹
M5 (20% SNT + 80% CPS)	< 10 ¹	< 10 ¹	< 10 ²	< 10 ²	< 10 ¹	< 10 ¹
M6 (0% SNT + 100% CPS)	< 10 ¹	< 10 ¹	< 10 ²	< 10 ²	< 10 ¹	< 10 ¹
M7 (100% SCO + 0% CPS)	< 10 ¹	< 10 ¹	< 10 ²	< 10 ²	< 10 ¹	< 10 ¹
M8 (60% SCO + 40% CPS)	< 10 ¹	< 10 ¹	< 10 ²	< 10 ²	< 10 ¹	< 10 ¹
M9 (20% SCO + 80% CPS)	< 10 ¹	< 10 ¹	< 10 ²	< 10 ²	< 10 ¹	< 10 ¹
Padrão*	10 ²		3 x 10 ³		5 x 10 ²	

* Contagem máxima de UFC/g segundo a RDC nº 12 (ANVISA, 2001).

SNT = sangue não-tratado com CO; SCO = sangue tratado com CO; CPS = concentrado protéico de soro de leite; d0 = dia zero; e d30 = dia 30.

Freitas (2002) avaliou a qualidade microbiológica de mortadelas, após 1 e 120 dias de estocagem a 5°C, constatando a ausência de salmonelas em 25g de produto, menor que 3NMP/g de coliformes fecais, menor que 1,0 x 10¹UFC/g de *Clostridium*

sulfito redutores e menor que $1,0 \times 10^1$ UFC/g de *Staphylococcus aureus*.

Em animais sadios o sangue é um fluido estéril, enquanto dentro do corpo (GILL, 1988; KNIPE, 1988) o processo de coleta do sangue torna-se um momento imprescindível para manutenção da qualidade desta matéria-prima.

Pardi *et al.* (1994) citam o artigo 417 do RIISPOA, no qual a Inspeção Federal só permite o preparo de embutidos de sangue quando a matéria-prima for colhida isoladamente de cada animal e em recipiente separado, rejeitando o sangue procedente dos que venham a ser considerados impróprios para o consumo.

Rossi Junior *et al.* (1994), em estudo microbiológico do sangue e plasma bovino, obtidos em matadouro e utilizados na elaboração de produtos comestíveis, encontraram valores médios de $2,5 \times 10^2$ UFC/mL na contagem de mesófilos, de $1,0 \times 10$ UFC/mL na de psicotróficos, de $0,4 \times 10$ UFC/mL na de *Staphylococcus* coagulase positiva e $0,7 \times 10$ UFC/mL na de bolores e leveduras.

Segundo Knipe (1988), se o sangue suíno for assepticamente coletado pode apresentar contagens microbiológicas iniciais de 2×10^3 a 3×10^3 UFC/mL. Segundo Piske (1982), a vida útil dos produtos desidratados de sangue é superior a três meses. Como o sangue utilizado nas formulações das mortadelas foi desidratado, a deterioração foi evitada, ou reduzida, por este tratamento posterior (GORBATOV, 1988). Taylor *et al.* (1975), ao desidratarem plasma e globina em *spray dryer* a 160°C , verificaram contagens inferiores a 300 UFC/g, com testes negativos para *Salmonella*, *Shigella* e *Staphylococcus*.

O cuidado com a obtenção das diversas matérias-primas utilizadas na formulação das mortadelas (carne, sangue, CPS, gelo etc.), as boas práticas de fabricação, a utilização de aditivos, o binômio tempo/temperatura de cozimento, a qualidade da embalagem e a temperatura de armazenagem foram pontos primordiais na elaboração de um produto final de boa qualidade microbiológica.

4.5. Avaliação da qualidade protéica

A principal função da proteína na dieta é fornecer ao organismo uma mistura de aminoácidos em quantidades adequadas para a síntese e manutenção dos tecidos corporais. O organismo deve transformar as proteínas dos alimentos em moléculas utilizáveis nas diferentes rotas bioquímicas (HERNÁNDEZ *et al.*, 1996a).

Na Tabela 18 estão os valores médios das variáveis ganho de peso, consumo alimentar, proteína consumida e coeficiente de eficiência alimentar dos animais alimentados com dietas à base de mortadelas, tendo a mortadela-controle (MC) sido formulada sem adição de sangue e sem CPS, e as demais dietas experimentais formuladas com mortadelas com adição de mistura de sangue e, ou, CPS (M1 a M6).

Tabela 18 – Valores médios (\pm desvios-padrão) das variáveis 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, formuladas com adição de mistura de sangue/CPS (M1 a M6), e a mortadela-controle (MC)

Dieta	GP (g)	CA (g)	PC (g)	CEA
MC (mortadela-controle)	57,56 \pm 4,08	248,04 \pm 22,37	23,27 \pm 2,10	0,23 \pm 0,02
M1 (100% sangue + 0% CPS)	60,00 \pm 11,42 ^{ns}	244,40 \pm 3,87 ^{ns}	22,83 \pm 1,29 ^{ns}	0,25 \pm 0,04 ^{ns}
M2 (80% sangue + 20% CPS)	50,50 \pm 8,62 ^{ns}	248,12 \pm 7,41 ^{ns}	23,80 \pm 0,71 ^{ns}	0,20 \pm 0,03 ^{ns}
M3 (60% sangue + 40% CPS)	48,33 \pm 5,82 ^{ns}	241,62 \pm 8,90 ^{ns}	22,69 \pm 1,77 ^{ns}	0,20 \pm 0,02 ^{ns}
M4 (40% sangue + 60% CPS)	52,33 \pm 8,41 ^{ns}	244,73 \pm 1,06 ^{ns}	22,88 \pm 1,03 ^{ns}	0,21 \pm 0,03 ^{ns}
M5 (20% sangue + 80% CPS)	54,00 \pm 10,24 ^{ns}	240,99 \pm 1,88 ^{ns}	22,39 \pm 1,10 ^{ns}	0,22 \pm 0,03 ^{ns}
M6 (0% sangue + 100% CPS)	51,50 \pm 7,50 ^{ns}	247,18 \pm 4,07 ^{ns}	23,46 \pm 1,33 ^{ns}	0,21 \pm 0,02 ^{ns}

^{ns} Não-significativo a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.
CPS = concentrado protéico de soro de leite.

Verificou-se (Tabela 18) que as dietas M1 a M6 não diferiram ($P > 0,05$), ao serem confrontadas com a mortadela-controle (MC), em relação ao ganho de peso (GP), ao consumo alimentar (CA), à proteína consumida (PC) e ao coeficiente de eficiência alimentar (CEA). A maioria das dietas com mortadelas diferiu ($P < 0,05$) da dieta à base de caseína, que apresentou as seguintes médias para GP (71,67 \pm 3,50 g), CA (171,42 \pm 7,67 g), PC (17,24 \pm 0,78 g) e CEA (0,42 \pm 0,01). Porém, a dieta formulada com a mortadela M1 (100% de sangue) e a dieta formulada com a mortadela-controle (MC) não diferiram ($P > 0,05$) da dieta de caseína para o ganho de peso. As dietas formuladas com as mortadelas M1, assim como as formuladas com a MC, foram as que apresentaram os maiores valores para ganho de peso e coeficiente de eficiência alimentar.

Todos os tratamentos testados levaram a aumentos no ganho de peso dos animais, porém ressalta-se que, enquanto a dieta à base de caseína utilizou este produto na forma de pó, as dietas com mortadelas foram feitas com o produto integral, ou seja, as mortadelas utilizadas nas dietas não foram secas e transformadas em pó, mas apenas

moídas e misturadas ao restante dos componentes da dieta, formando *pellets* (Figura 4), que foram administrados aos ratos. Este procedimento foi realizado no intuito de demonstrar a contribuição das mortadelas quanto ao suprimento das necessidades de proteína (testado por meio do ensaio biológico), utilizando-as na forma em que o consumidor receberia (sem desidratação do produto), além de evitar as possíveis alterações físico-químicas que poderiam ocorrer durante a secagem das mortadelas. Além disso, mediante constatação de que a dieta que utilizou a mortadela com maior quantidade de sangue (M1 – 100% de sangue) e a mortadela-controle (MC) não diferiram ($P > 0,05$) da dieta à base de caseína, sugere-se ter ocorrido interação entre os aminoácidos (BODWELL e ERDMAN, 1988) do sangue, ou da carne, com os do concentrado protéico de soro de leite (CPS) nas demais formulações. Possivelmente, houve menor utilização dos aminoácidos, já que as dietas que foram formuladas com CPS apresentaram menor ganho de peso e coeficiente de eficiência alimentar, mesmo com valores similares às demais dietas, para o consumo alimentar.

Segundo Ritskes-Hoitinga *et al.* (2003), a estimativa média de consumo alimentar varia de 8 a 25 g por dia para ratos em crescimento. Este dado é concordante com o consumo alimentar diário das dietas de mortadelas, que variou de 17,2 a 17,7 g, enquanto a dieta da caseína apresentou menor valor de consumo com média de 12,2 g por dia. O aumento do consumo alimentar das dietas à base de mortadelas, em relação à dieta com caseína, pode ser explicado pela maior palatabilidade e aceitabilidade pelos ratos que utilizaram as dietas com mortadelas.

Fontes (2006), avaliando a qualidade protéica de dietas à base de mortadelas com diferentes porcentagens de níveis de sangue, obteve médias de ganho de peso, consumo alimentar, proteína consumida, respectivamente, de 73,8, 195, 18,69 g e CEA 0,38. Porém, ao realizar o ensaio biológico, o autor procedeu à secagem das mortadelas (60 °C por 12 horas) antes de utilizá-las na formulação das dietas, o que pode ter alterado as características estruturais e funcionais das proteínas. A temperatura e a duração do tratamento térmico são importantes durante a secagem do alimento, pois as proteínas são desnaturadas quando expostas ao aquecimento moderado (60 – 90 °C, 1 hora ou menos), aumentando a disponibilidade biológica de aminoácidos indispensáveis e facilitando a digestão, graças à alteração da conformação protéica nativa, o que permite que as proteases atuem mais facilmente (ARAÚJO, 1999).

Na Tabela 19 estão os valores médios (e desvios-padrão) de PER (coeficiente de eficiência protéica), PERR (PER relativo), NPR (razão protéica líquida) e NPRR (NPR

Tabela 19 – Valores médios (e desvios-padrão) referentes ao PER e NPR das dietas à base de mortadelas formuladas com misturas distintas de sangue suíno e concentrado protéico de soro de leite, em substituição a 10% da carne bovina (comparado à mortadela-controle – MC)

Dieta	PER	PERR ^a (%)	NPR	NPRR ^b (%)
MC (mortadela-controle)	2,49 ± 0,24	59,95 ± 5,79	3,11 ± 0,28	62,39 ± 5,65
M1 (100% sangue + 0% CPS)	2,62 ± 0,42 ^{ns}	63,05 ± 10,13 ^{ns}	3,25 ± 0,41 ^{ns}	65,16 ± 8,18 ^{ns}
M2 (80% sangue + 20% CPS)	2,12 ± 0,32 ^{ns}	50,94 ± 7,66 ^{ns}	2,72 ± 0,31 ^{ns}	54,53 ± 6,15 ^{ns}
M3 (60% sangue + 40% CPS)	2,13 ± 0,25 ^{ns}	51,34 ± 5,47 ^{ns}	2,77 ± 0,22 ^{ns}	55,51 ± 4,93 ^{ns}
M4 (40% sangue + 60% CPS)	2,28 ± 0,30 ^{ns}	54,85 ± 7,31 ^{ns}	2,91 ± 0,28 ^{ns}	58,27 ± 5,70 ^{ns}
M5 (20% sangue + 80% CPS)	2,41 ± 0,37 ^{ns}	57,93 ± 8,85 ^{ns}	3,05 ± 0,34 ^{ns}	61,13 ± 6,87 ^{ns}
M6 (0% sangue + 100% CPS)	2,19 ± 0,23 ^{ns}	52,65 ± 5,64 ^{ns}	2,80 ± 0,21 ^{ns}	56,15 ± 4,26 ^{ns}

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

CPS = concentrado protéico de soro de leite.

^a PER relativo.

^b NPR relativo.

relativo) das diversas formulações de mortadelas. Nenhuma mortadela, quando comparada com a mortadela-controle (MC), apresentou diferença significativa ($P > 0,05$) quanto ao valor de PER e NPR.

Torres *et al.* (1999), ao avaliarem o efeito da adição de sangue suíno em formulação de mortadela, obtiveram valores médios de PER de 3,09 para a dieta com mortadela com adição de 10% de sangue, 3,44 para a mortadela-padrão e 3,82 para a caseína. Fontes (2006), ao avaliar dietas à base de mortadelas formuladas com sangue tratado com monóxido de carbono, também verificou valores de PER de 3,83 a 4,16, porém não foi constatada diferença ($P > 0,05$) dessas em relação à mortadela sem adição de sangue (PER = 3,90), evidenciando, do ponto de vista protéico, que a combinação de sangue mais carne parece ser tão boa quanto a carne isoladamente. Esses autores, ao contrário do que ocorreu no presente trabalho, procederam à secagem das mortadelas antes da sua incorporação às dietas que foram utilizadas no experimento, o que pode ter ocasionado mudanças na conformação protéica nativa das mortadelas (ARAÚJO, 1999). Além disso, o presente trabalho utilizou concentrado protéico de soro de leite, em mistura com sangue, nas formulações das mortadelas utilizadas no ensaio biológico, podendo ter ocorrido interação entre os aminoácidos das diferentes proteínas utilizadas, com possível diminuição da biodisponibilidade protéica.

Todas as dietas com mortadelas diferiram ($P < 0,05$) da dieta à base de caseína, que apresentou as seguintes médias para PER ($4,16 \pm 0,07$) e NPR ($4,99 \pm 0,08$).

Em contrapartida, os valores de PER encontrados indicam que as mortadelas supriram as necessidades de proteína de alto valor biológico, pois segundo Friedman (1996) qualquer proteína com valor de PER igual ou superior a 2,0, quando adicionada na quantidade de 10% da dieta, é considerada de boa qualidade.

Como a mortadela foi elaborada principalmente com carne, corroboram com os dados obtidos no presente estudo os valores obtidos por Edmondson e Graham (1975), que encontraram o PER de 1,93 para carne condimentada, 1,86 para presunto e 2,80 para carne moída; por Jewell *et al.* (1980), citados por Pires *et al.* (2006), que encontraram valores de PER de 2,8 para carne bovina, 2,3 para carne bovina moída e 2,5 para carne bovina magra; e por Schaafsma (2000), que obteve o valor de 2,9 para a carne bovina.

Garcia *et al.* (2001), ao avaliarem a qualidade protéica de charque cru e cozido, obtiveram valores médios (\pm desvio-padrão) de PER de $1,99 \pm 1,29$ para charque cru e de $1,91 \pm 2,81$ para charque cozido.

Belkot (2001), ao analisar a qualidade nutricional do sangue bovino, obteve resultado de 2,54 para o PER do plasma e 0,96 para o PER das células vermelhas. Young *et al.* (1973) constataram valores de PER de 1,94 para o plasma e de 1,93 para a globina bovina.

A principal objeção do método de PER é que ele leva em consideração as necessidades para o crescimento, desprezando as de manutenção (HERNÁNDEZ *et al.*, 1996a). Dessa forma, o NPR passa a ser um parâmetro melhor de avaliação de qualidade protéica. Segundo Pires *et al.* (2006), os resultados de NPR são mais conclusivos que os de PER, já que estes métodos não se baseiam apenas em ganho de peso. Analisando a variação entre laboratórios para os valores obtidos de NPR e de PER, encontraram-se variações maiores que 6 e 20,2%, respectivamente (SARWAR, 1985).

Torres *et al.* (1999), ao avaliarem o efeito da adição de sangue suíno em formulação de mortadela, obtiveram valores médios de NPR de 3,66 para a dieta com mortadela com adição de 10% de sangue, 4,07 para a mortadela-padrão e 4,56 para a caseína. Fontes (2006), ao avaliar dietas à base de mortadelas formuladas com sangue tratado com monóxido de carbono, verificou valores de NPR de 4,39 a 4,87, porém não houve diferença significativa ($P > 0,05$) dessas em relação à mortadela sem adição de sangue (NPR = 4,47). Como mencionado, esses autores, ao contrário da do que ocorreu na presente pesquisa, procederam à secagem das mortadelas antes da sua incorporação às dietas que foram utilizadas no experimento, o que pode ter ocasionado mudanças na

conformação protéica nativa das mortadelas (ARAÚJO, 1999). Além disso, o presente trabalho utilizou concentrado protéico de soro de leite, em mistura com sangue, nas formulações das mortadelas utilizadas no ensaio biológico, podendo ter ocorrido interação entre os aminoácidos das diferentes proteínas utilizadas, com possível diminuição da biodisponibilidade protéica. Outro dado a ser levado em consideração é a maior palatabilidade das dietas elaboradas com as mortadelas, quando não-desidratadas, que levou ao maior valor de consumo alimentar, ou seja, o fato de o consumo alimentar ter sido maior nas dietas com mortadelas não-desidratadas previamente não implica a utilização de toda proteína ingerida e digerida.

Garcia *et al.* (2001), ao avaliarem a qualidade protéica de charque cru e cozido, obtiveram valores médios (\pm desvio-padrão) de NPR de $1,67 \pm 1,46$ para charque cru e $1,89 \pm 4,82$ para charque cozido.

Os valores encontrados para a composição de aminoácidos da mortadela-controle e das mortadelas formuladas com diferentes níveis de misturas de sangue/CPS estão na Tabela 20.

A qualidade de uma proteína depende do conteúdo de aminoácidos, sendo esses divididos em dois grupos: os dispensáveis e os indispensáveis. Os dispensáveis são desnecessários como componentes da dieta, pois podem ser sintetizados pelo organismo humano; já os aminoácidos indispensáveis não podem ser sintetizados pelo organismo humano, sendo necessário a sua inclusão nas dietas (RITSKES-HOITINGA *et al.*, 2003).

Verifica-se que os aminoácidos indispensáveis das mortadelas apresentam valores maiores que os recomendados (FAO, 1985; DRI, 2002). Os valores dos aminoácidos indispensáveis e dispensáveis, das diversas formulações de mortadelas, tiveram variações mínimas, tendo a histidina, a isoleucina, a treonina e os aminoácidos indispensáveis apresentado os maiores valores, em porcentagem, quando relacionados com o padrão FAO (1985). Mesmo a fenilalanina + tirosina, considerado o aminoácido encontrado em menor proporção em todas as formulações das mortadelas, apresentou valor médio superior, em 21%, ao padrão FAO.

Fontes (2006), ao avaliar o valor protéico de mortadelas formuladas com sangue tratado com monóxido de carbono, também verificou que o perfil de aminoácidos indispensáveis das mortadelas superou, em todos os aminoácidos, as quantidades recomendadas pela FAO/WHO/UNU para crianças na faixa etária de 2 a 5 anos. O autor, assim como no presente estudo, observou escore químico superior a 100%, já que

Tabela 20 – Composição de aminoácidos (mg/g de proteína) da mortadela-controle e das mortadelas formuladas com adição da mistura sangue/CPS, utilizadas no ensaio biológico com ratos, e os respectivos escores químicos (%)

Aminoácidos	Mortadelas							Padrão FAO ^a	DRI ^b
	MC (0% sangue + 0% CPS)	M1 (100% sangue + 0% CPS)	M2 (80% sangue + 20% CPS)	M3 (60% sangue + 40% CPS)	M4 (40% sangue + 60% CPS)	M5 (20% sangue + 80% CPS)	M6 (0% sangue + 100% CPS)		
Indispensáveis									
Fenilalanina + tirosina	76,05	77,15	75,68	76,61	77,11	74,82	76,08	63	47
Histidina	33,04	36,32	36,93	34,28	35,46	35,58	31,44	19	18
Isoleucina	47,44	45,24	39,98	44,47	46,45	46,63	49,74	28	25
Leucina	80,78	84,14	82,24	83,55	85,26	83,95	85,15	66	55
Lisina	81,06	81,68	80,43	81,38	84,79	86,10	79,89	58	51
Metionina + cistina	36,07	34,05	34,50	34,51	35,16	35,77	37,56	25	25
Treonina	50,23	49,33	48,30	50,70	51,27	50,34	51,99	34	27
Triptofano	17,69	15,77	15,85	16,65	15,44	14,05	18,35	11	8
Valina	49,45	52,26	49,48	51,77	48,84	45,90	50,01	35	32
Dispensáveis									
Alanina	60,27	62,23	64,31	61,72	60,20	59,18	59,25	-	-
Arginina	64,99	61,03	63,48	63,24	66,71	69,53	60,87	-	-
Ácido aspártico	103,58	104,08	104,37	101,26	101,58	101,32	101,91	-	-
Ácido glutâmico	154,56	146,04	152,33	150,60	142,34	146,48	152,03	-	-
Glicina	54,63	58,25	58,44	58,17	56,79	55,71	54,41	-	-
Prolina	45,22	47,23	46,97	45,13	46,07	49,08	46,05	-	-
Serina	45,47	45,23	46,70	45,99	46,56	45,61	45,30	-	-
Escore químico (%)	120,71	122,46	120,13	121,60	122,39	118,76	120,76	-	-
Aminoácido ^c	Phe + Tyr	Phe + Tyr	Phe + Tyr	Phe + Tyr	Phe + Tyr	Phe + Tyr	Phe + Tyr	-	-

^a Padrão de referência protéica FAO/WHO/ONU (1985) (necessidade de aminoácidos essenciais para crianças de 2 a 5 anos de idade).

^b Requerimento estimado de aminoácidos (crianças de 1 a 3 anos de idade). Dietary Reference Intakes, Institute of Medicine (2002).

^c Phe + Tyr (fenilalanina + tirosina) – aminoácido mais próximo do padrão FAO.

CPS = concentrado protéico de soro de leite.

as mortadelas não apresentaram aminoácidos limitantes. Porém, ao contrário do presente estudo, os aminoácidos encontrados em níveis mais próximos do padrão da FAO não foram os mesmos que aqueles constatados por ele em seu experimento com mortadelas formuladas de maneira similar às do presente experimento, sendo o triptofano para os níveis de adição de 0, 10 e 15% de sangue na formulação das mortadelas, leucina para a mortadela com 5% de sangue e metionina + cistina para a mortadela com 20% de sangue.

O sangue é deficiente em metionina e isoleucina (GORBATOV, 1988), mas o uso em 10% em substituição à carne bovina em formulações de mortadelas fez com que essa deficiência não fosse notada, principalmente pela qualidade desses aminoácidos na carne utilizada nas formulações. Este fato pode ser notado ao observar a mortadela M1 (com maior % de sangue), cuja a quantidade dos aminoácidos, isoleucina e metionina ficou abaixo da mortadela-controle, mas acima do padrão FAO.

Além de as formulações apresentarem-se como fontes de aminoácidos indispensáveis, e desta forma serem consideradas de boa qualidade, é importante avaliar sua digestibilidade. A quantidade digerida é determinada mediante a diferença entre o ingerido e o eliminado nas fezes (HERNÁNDEZ *et al.*, 1996a).

Verifica-se (Tabela 21) que nenhuma das dietas formuladas com mortadelas diferiu ($P > 0,05$) da dieta com caseína. Todas as dietas apresentaram valores próximos de digestibilidade verdadeira, tendo as dietas à base de mortadelas variado de 93,60 a 94,27%, o que, aliado ao perfil de aminoácidos acima da quantidade de referência (FAO, 1985), indica que as mortadelas utilizadas nas dietas são boas fontes protéicas tanto em qualidade como em quantidade.

Fontes (2006) obteve valores médios para digestibilidade verdadeira (%) que variaram de 89,5% a 91,6%, enquanto a dieta à base de caseína teve média de 93,99%. Torres *et al.* (1999) encontraram valores de digestibilidade de 92,3% para mortadelas sem adição de sangue e de 92,4% para mortadelas com 10% de adição de sangue, que não diferiram ($P > 0,01$) da dieta padrão de caseína (95,8%). Apesar de os valores para digestibilidade, neste estudo, terem sido maiores que os citados por esses autores, a digestão adequada de um nutriente não assegura sua absorção, e a absorção de um nutriente não assegura que seja possível sua utilização em uma função biológica (HERNÁNDEZ *et al.*, 1996a). Assim, apesar de no presente estudo os valores de digestibilidade terem sido maiores que os obtidos por Torres *et al.* (1999) e Fontes (2006), constatou-se que os valores de PER e NPR ficaram abaixo dos obtidos por esses

Tabela 21 – Valores médios (e desvios-padrão) referentes à digestibilidade verdadeira (%) das dietas à base de mortadela-controle (MC) e das mortadelas formuladas com misturas distintas de sangue suíno e concentrado protéico de soro de leite, em substituição a 10% da carne bovina, comparadas aos da dieta à base de caseína

Dieta	Digestibilidade (%)
Caseína	95,52 ± 0,56
MC (mortadela-controle)	94,27 ± 1,43 ^{ns}
M1 (100% sangue + 0% CPS)	94,21 ± 0,89 ^{ns}
M2 (80% sangue + 20% CPS)	94,40 ± 0,78 ^{ns}
M3 (60% sangue + 40% CPS)	94,03 ± 1,16 ^{ns}
M4 (40% sangue + 60% CPS)	93,60 ± 0,87 ^{ns}
M5 (20% sangue + 80% CPS)	94,20 ± 0,61 ^{ns}
M6 (0% sangue + 100% CPS)	93,98 ± 1,19 ^{ns}

^{ns} Não-significativo a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.
CPS = concentrado protéico de soro de leite.

autores, evidenciando que nem toda a proteína digerida foi utilizada no crescimento ou manutenção dos ratos, quer seja pela diferença no tratamento das mortadelas (desidratadas ou não), quer pela interação entre as proteínas do CPS e sangue (ou carne), ou pelo maior consumo alimentar devido à maior palatabilidade das dietas com mortadelas que não foram previamente desidratadas, excreção do excesso de aminoácidos não aproveitados, saturação dos receptores de aminoácidos nas microvilosidades intestinais, ou até mesmo por esta soma de fatores.

Os valores encontrados para a digestibilidade das dietas, formuladas com mortadelas com diferentes misturas de sangue e CPS, são semelhantes aos dos trabalhos realizados com carne bovina, já que a mortadela é constituída principalmente por carne. Na literatura são citados valores de digestibilidade para a carne bovina magra. Para carnes, Jewell *et al.* (1980), citados por Pires *et al.* (2006), encontraram valor de digestibilidade de 92%, Hernández *et al.* (1996) encontraram valores de digestibilidade de 88 a 89% e Schaafsma (2000) encontrou valor de 98%.

Na Tabela 22 estão os valores de PDCAAS para as diversas mortadelas formuladas com mistura de sangue e CPS em relação à mortadela-controle (MC). Nenhuma das mortadelas (M1 a M6) diferiu ($P > 0,05$) da mortadela-controle em relação aos PDCAAS. Todas as mortadelas apresentaram valores de PDCAAS maiores do que 110%, o que indica que estes produtos cárneos são alternativas de fontes protéicas de qualidade com quantidades necessárias de aminoácidos indispensáveis.

Tabela 22 – Valores médios (e desvios-padrão) referentes aos PDCAAS das dietas à base de mortadelas formuladas com misturas distintas de sangue suíno e concentrado protéico de soro de leite em substituição a 10% da carne bovina, em relação à mortadela-controle – MC

Dieta	PDCAAS (%)
MC (mortadela-controle)	113,79 ± 1,73
M1 (100% sangue + 0% CPS)	115,36 ± 1,09 ^{ns}
M2 (80% sangue + 20% CPS)	113,41 ± 0,94 ^{ns}
M3 (60% sangue + 40% CPS)	114,35 ± 1,41 ^{ns}
M4 (40% sangue + 60% CPS)	114,55 ± 1,06 ^{ns}
M5 (20% sangue + 80% CPS)	111,87 ± 0,72 ^{ns}
M6 (0% sangue + 100% CPS)	113,49 ± 1,44 ^{ns}

^{ns} Não-significativo a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.
CPS = concentrado protéico de soro de leite.

Schaafsma (2000) relatou que o PDCAAS tem sido adotado pela FAO/WHO como o método preferencial para mensurar o valor protéico na nutrição humana e que a carne bovina apresenta valor de PDCAAS igual a 92%.

Fontes (2006), ao avaliar mortadelas com adição de diferentes níveis de sangue, encontrou valores de PDCAAS de 96,5% (0% de sangue), 91,7% (5% de sangue), 91,3% (10% de sangue), 95,4% (15% de sangue) e 93,6% (20% de sangue).

O escore químico corrigido pela digestibilidade (PDCAAS) é um índice mais apropriado para avaliar a qualidade protéica em alimentos e fórmulas infantis (FAO, 1990). Segundo Hernández *et al.* (1996a), a 5^a sessão do *Codex Committee on Vegetable Proteins* (CCVP) recomendou, em 1989, este método como o mais adequado para avaliar, de forma rotineira, a qualidade das proteínas.

5. RESUMO E CONCLUSÕES

Buscando uma alternativa para a utilização do sangue animal e soro de leite para consumo humano, estudou-se o efeito da substituição de 10% de carne bovina em mortadelas, por misturas distintas de concentrado protéico de soro de leite (CPS) e sangue suíno, tratado, ou não, com monóxido de carbono, sobre a cor objetiva, composição química, textura, qualidade microbiológica e protéica.

Foram formuladas, além da mortadela-controle (sem adição de sangue e CPS), outras nove mortadelas: M1 (100% sangue), M2 (80% sangue e 20% CPS), M3 (60% sangue e 40% CPS), M4 (40% sangue e 60% CPS), M5 (20% sangue e 80% CPS), M6 (100% CPS), M7 (100% sangue tratado com CO), M8 (60% sangue tratado com CO e 40% CPS) e M9 (20% sangue tratado com CO e 80% CPS). Para avaliação da qualidade protéica, não foram utilizadas as formulações com sangue previamente tratado com monóxido de carbono.

A adição de sangue e CPS às formulações de mortadelas influenciou os valores de L^* , a^* , b^* , h^* , c^* e ΔE^* . Algumas formulações de mortadelas que utilizaram sangue tratado com CO apresentaram valores diferentes das respectivas formulações de mortadelas que utilizaram sangue não-tratado. As mortadelas formuladas com sangue tratado com CO apresentaram maiores valores de L^* e menores valores de b^* (M3/M8 e M5/M9) e h^* (M1/M7 e M3/M8). Para os valores de a^* , c^* e ΔE^* não ocorreram diferenças entre os respectivos tratamentos. Dentre todas as mortadelas que utilizaram a mistura de sangue e CPS, a mortadela M6 (100% CPS) foi a que apresentou a menor diferença de cor (ΔE^*) em relação à mortadela-controle.

A adição de sangue, ou diminuição do CPS, provocou a diminuição nos valores de L^* , b^* , h^* e aumento no valor de a^* e de ΔE^* , que é explicado pela quantidade de pigmentos heme, presentes no sangue, que foi incorporado aos produtos. O valor de c^* não sofreu efeito com adição das misturas sangue e CPS.

Todas as formulações de mortadelas que utilizaram a mistura sangue e CPS não diferiram da mortadela-controle ($P > 0,05$) quanto ao teor de umidade, proteínas totais, lipídeos, cinzas e carboidrato. Esta ausência de diferença na composição centesimal, especialmente quanto aos teores de umidade, proteína e gordura, provavelmente explica a ausência de diferença ($P > 0,05$) dos parâmetros de textura avaliados: dureza, elasticidade e coesividade.

Os teores de ferro aumentaram com a adição de sangue nas formulações das mortadelas, sendo as mortadelas M1, M2, M3, M4, M7 e M8 diferentes ($P < 0,05$) da mortadela-controle (MC), o que indica a possibilidade da utilização de sangue em embutidos como ingrediente fornecedor de ferro heme em dietas, colaborando assim com a prevenção da ocorrência de anemia ferropriva.

A avaliação microbiológica das mortadelas mostrou, tanto no dia zero como no dia 30, contagens de coliformes a 45 °C, *Staphylococcus* coagulase positiva e *Clostridium* sulfito redutores abaixo do limite máximo permitido pela legislação brasileira.

Os valores de PER, NPR, digestibilidade e PDCAAS das mortadelas formuladas pela substituição de 10% de carne pela mistura de sangue e CPS não diferiram ($P > 0,05$) dos da dieta à base da mortadela-controle, o que evidencia a viabilidade de utilização destes subprodutos da indústria de alimentos na elaboração de produtos cárneos de qualidade, especialmente tendo em vista seus baixos custos.

Conclui-se que a substituição de carne por misturas de sangue e soro de leite apresenta excelente potencial, o que possibilita o maior aproveitamento das proteínas desses subprodutos e, conseqüentemente, contribui para o maior aproveitamento protéico e a melhoria da qualidade nutricional de produtos cárneos, assim como para a redução de custos de produção e do impacto ambiental das indústrias frigoríficas e de laticínios.

6. RECOMENDAÇÕES FUTURAS

Com base nos resultados apresentados, faz-se a recomendação dos seguintes itens para estudos futuros em mortadelas adicionadas de sangue ou soro de leite:

1. Avaliar a cor objetiva e textura de mortadelas formuladas com sangue e soro de leite em diferentes níveis de substituição a carne bovina.
2. Avaliar sensorialmente mortadelas formuladas com sangue ou soro de leite.
3. Realizar testes toxicológicos com as mortadelas adicionadas de sangue tratado com CO, segundo as exigências dos protocolos atuais;
3. Avaliar nutricionalmente (PER, NPR, digestibilidade, PDCAAS e NPU) mortadelas formuladas com sangue e soro de leite, utilizando dietas com mortadelas previamente desidratadas e dietas com mortadelas não-desidratadas.
5. Realizar análise de viabilidade para aquisição de tecnologia que, incorporada às empresas frigoríficas, permita a utilização do sangue ou soro de leite em embutidos cárneos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALONZO, N.; HIRS, C. H. W. Automation of sample application in amino acid analysers. **Analytical Biochemistry**, v. 23, p.272-278, 1968.

AMS – AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION. **Guidelines for meat color evaluation**. USA, v. 44, 1991. 17 p.

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.

ANSEJO, J. A.; AMAR, M.; CARTAGENA, N.; KING, J.; HICHE, E.; STEKEL, A. Use of a bovine heme iron concentrate in the fortification of biscuits. **Journal of Food Science**, v. 50, n. 3, p. 795-799, 1985.

ANTONINI, E.; BRUNORI, M. Hemoglobin and myoglobin in their reactions with ligands. In: NEUBERGER, A.; TATUM, E. L. (Ed.). **Frontiers of biology**. Vol. 21, Amsterdam, 1971. 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 protéico de soro de leite. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, p. 183-189, 2003.

ANUALPEC. **Anuário da pecuária brasileira**. São Paulo-SP: Instituto FNP, 2006. 369 p.

ANVISA – AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução – RDC nº 12**, de 2 de janeiro de 2001.

AOAC – ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS). **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 16. ed., Washington-DC, 1996.

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

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

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.

BATISTA FILHO, M.; FERREIRA, L. O. C. Prevenção e tratamento da anemia nutricional ferropriva: novos enfoques e perspectivas. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 12, n. 3, p.411-415, 1996.

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

BENDER, A. E.; DOELL, B. H. Biological evaluation of proteins; a new aspect. **British Journal of Nutrition**, v. 11, p. 1400-1433, 1957.

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, 2001.

BIANCHI, M. L. P.; SILVA, H. C.; OLIVEIRA, J. E. D. Considerações sobre a biodisponibilidade do ferro dos alimentos. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, v. 42, n. 2, p. 94-100, 1992.

BODWELL, C. E.; ERDMAN, J. W. J. **Nutrient Interactions**. New York: Marcel Dekker, Inc., 1988. 389 p.

BOIRIE, Y.; DANGIN, M.; GACHON, P.; VASSON, M. P.; MAUBOIS, J. L.; BAUFRÈRE, B. Show and fase dietary proteins differently modulate postprandial protein accretion. **Proceedings of the National Academy of Science, USA**, v. 94, p. 14930-14935, 1997.

BORGES, P. Z. **Avaliação nutricional de concentrados protéicos obtidos do leite bovino**. 2000. 83 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Nutrição) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

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

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.

COFRADES, S.; GUERRA, M. A.; CARBALLO, J.; MARTÍN-FERNÁNDEZ, F.; COLMENERO, F. J. Plasma protein and soy fiber content effect on bologna sausage properties as influenced by fat level. **Journal of Food Science**, v. 65, n. 2, p. 281-285, 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. **Lebensm.-Wiss. u.-Technology**, v. 28, p. 481-487, 1995.

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.

DESA – DEPARTMENT OF ECONOMIC AND SOCIAL AFFAIRS. **Population Newsletter**. World Urbanization Prospects: The 2005 Revision. United Nations Secretariat, New York, n. 81, p. 1-20, 2006.

DILL, C. W.; LANDMANN, W. A. Food grade proteins from edible blood. In: PEARSON, A. M.; DUTSON, T. R. (Ed.). **Advances in meat research**. New York: Elsevier Applied Science, 1988. v.5. p.127-145.

DOMENE, S. M. A. Utilização de sangue bovino para alimentação humana. **Revista de Nutrição da PUCCAMP**, v. 1, p. 163-179, 1988.

DRI – DIETARY REFERENCE INTAKES. Requerimento estimado de aminoácidos (crianças de 1 a 3 anos). USA: Institute of Medicine, 2002.

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.

EL-BADAWI, A. A.; CAIN, R. F.; SAMUELS, C. E.; ANGLEMEIER, A. F. Color and pigment stability of packaged refrigerated beef. **Food Technology**, v. 18, n. 5, p. 159-166, 1964.

EL-MAGOLI, S. B.; LAROIA, 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.

FAO/WHO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION/WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Protein quality evaluation**. Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation, Roma, 1990.

FAO/WHO/ONU. **Energy and protein requirements**. Report of the joint FAO/WHO/ONU Expert Consultation Technical Report Series nº 724, Geneva, 1985.

FERREIRA, K. S. **Quantificação e avaliação dos teores de minerais em alimentos e em dietas utilizadas no Brasil**. 1999. 137 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1999.

FERREIRA, V.L.P., FERNADES, 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.

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, 1999.

FONTES, P. R. **Valor protéico, 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, 2006.

FONTES, P. R.; GOMIDE, L. A. M.; RAMOS, E. M.; STRINGHETA, P. C.; PARREIRAS, J. F. M. Color Evaluation and Measurement of CarboxyHemoglobin on Swine Blood Treated with Carbon Monoxide Gas. **Meat Science**, v. 68, n. 3, p. 507-513, 2004.

FREITAS, M. Q. **Características e aceitação de mortadelas produzidas com carne mecanicamente separada de frango**. 2002. 107 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.

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. Nutritional value of proteins from different food sources. A review. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 44, p. 6-29, 1996.

FRIGORÍFICO. **A ascensão social da mortadela**, n. 104, p. 30-36, 2004.

GARCIA, F. A.; MIZUBUTI, I. Y.; KANASHIRO, M. Y.; SHIMOKOMAKI, M. Intermediate moisture meat product: biological evaluation of charqui meat protein quality. **Food Chemistry**, v. 75, p. 405-409, 2001.

- GIESE, J. Proteins as ingredients: types, functions, applications. **Food Technology**, p. 50-60, 1994.
- GILL, C. O. Microbiology of edible meat by-products. In: PEARSON, A. M.; DUTSON, T. R. (Ed.). **Advances in meat research**. Vol. 5, New York: Elsevier Applied Science, 1988. p.73-74.
- GLASS, L.; HEDRICK, T. I. Nutritional composition of sweet- and acid-type dry wheys. **Journal of Dairy Science**, v. 60, p. 185-189, 1977.
- GORBATOV, V. M. Collection and utilization of blood proteins for edible purposes in the USSR. In: PEARSON, A. M.; DUTSON, T. R. (Ed.). **Advances in meat research**. New York: Elsevier Applied Science, 1988. v. 5, p. 167-195.
- GROFF, J. L.; GROPPER, S. S.; HUNT, S. M. **Advanced nutrition and human metabolism**. USA: West Publishing Company, 1995. 575 p.
- GUZMAÑ, 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.
- 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.
- HAZARIKA, M.; BIRO, G. Effect of incorporation of blood proteins into sausage. **Journal of Food Science and Technology**, v. 30, n. 5, p. 380-381, 1993.
- HENLEY, E. C.; KUSTER, J. M. Protein quality evaluation by protein digestibility-corrected amino acid scoring. **Food Technology**, v. 48, n. 4, p. 74-77, 1994.
- 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. **The Journal of Nutrition**, v. 126, p. 574-581, 1996.
- HERNÁNDEZ, T.; HERNÁNDEZ, A.; MARTÍNEZ, C. Calidad de proteínas. Conceptos y evaluación. **Alimentaria**, p. 27-37, 1996a.
- HIGGS, J. D. The changing nature of red meat: 20 years of improving nutritional quality. **Trends in Food Science & Technology**, v. 11, p. 85-95, 2000.

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. ½, p. 169-180, 1998.

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.

JOHN, L.; CORNFORTH, D.; CARPENTER, C. E.; SØRHEIM, O.; PETTEE, B. C.; WHITTIER, D. R. Color and thiobarbituric acid values of cooked top sirloin steaks packaged in modified atmospheres of 80% oxygen, or 0.4% carbon monoxide, or vacuum. **Meat Science**, v. 69, p. 441-449, 2005.

KINSELLA, J. E. Functional properties of proteins in foods: a survey. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 7, n. 3, p. 219-280, 1976.

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

LANDMANN, W. A.; DILL, C. W.; YOUNG, C. R. Nutritive value of globin-amino acid and complementary globin-cereal mixtures. **Journal of Nutrition**, v. 110, p. 2254-2262, 1980.

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.

LINDAHL G.; LUNDSTRÖM, 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.

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

LUCAS, B.; SOTELO, A. Effect of different alkalies, temperatures and hydrolysis times on tryptophan determination of pure proteins and foods. **Analytical Biochemistry**, v. 109, p. 192-197, 1980.

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.

LYON, C. E.; LYON, B. G.; DAVIS, C. E.; TOWNSEND, W. E. Texture profile analysis of patties made from mixed and flake-cut mechanically deboned poultry meat. **Poultry Science**, v. 59, p. 69-76, 1980.

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.

MAPA – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Instrução Normativa nº 62** de 26 de agosto de 2003, Seção 1, p.14, DOU 18/09/2003.

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.

MARQUEZ, E.; BARBOZA, Y.; IZQUIERDO, P.; TORRES, G. Studies on the incorporation of bovine plasma in emulsion type of meat product. **Journal of Food Science and Technology**, v. 34, n. 4, p. 337-339, 1997.

MARTINS, I. S.; ALVARENGA, A. T.; SIQUEIRA, A. A. F.; SZARFARC, S. C.; LIMA, F. D. As determinações biológica e social da doença: um estudo de anemia ferropriva. **Revista de Saúde Pública**, v. 21, n. 2, p. 73-89, 1987.

MEIRELLES, J. C. S. 1992 - Economicamente melhor para o sistema carne. **Revista Nacional da Carne**, n. 180, p. 3-8, 1992.

MERCK, MANUAL DE VETERINÁRIA. **Um manual de diagnóstico, tratamento, prevenção e controle de doenças para o veterinário**. Ed. Roca, 1991. 1803 p.

MEULLENET, J. F.; CHANG, H. C.; CARPENTER, J. A.; RESSURRECCION, A. V. A. Textural properties of chicken Frankfurters with added collagen fibers. **Journal of Food Science**, v. 59, n. 4, p. 154-159, 2000.

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.

MORR, C. V.; FOEGEDIND, E. A. Composition and functionality of commercial whey and milk protein concentrates and isolates: 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.

NAKAI, H. Meat color evaluation: Evaluation of beef color with standard models. In: PROCEEDINGS OF THE SYMPOSIUM ELECTRONIC EVALUATION OF MEAT IN SUPPORT OF VALUE-BASED MARKETING. West Lafayette, IN.: Purdue University, 1991. p. 175-198.

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.

NAME, J. J.; GUERRA, J. E. F. Uma revisão crítica sobre alimentos fortificados com ferro. **Food Ingredients**, n. 12, p. 56-61, 2002.

OCKERMAN, H. W.; HANSEN, C. L. **Industrialización de subproductos de origen animal**. Zaragoza: Acribia, 1994. 387 p.

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.

OELLINGRATH, I. M.; SLINDE, E. Sensory evaluation of rancidity and off-flavor in frozen stored meat loaves fortified with blood. **Journal of Food Science**, v. 53, n. 3, p. 967-968, 1988.

OLOGUNDE, M. O.; MORRIS, J. B.; SHEPARD, R. L.; AFOLABE, A. O.; OKE, O. L. Bioavailability to rats of iron from fortified grain amaranth. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 45, p. 191-201, 1994.

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, 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 protéicos de soro de leite. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 2, p. 333-338, 2005.

PARDI, M. C.; SANTOS, I. F.; SOUZA, E. R.; PARDI, H. S. **Ciência, higiene e tecnologia da carne**. Goiânia: UFG, 1994. v. 2. 1110 p.

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, 2000.

PIETRASIK, Z.; JARMOLUK, A.; SHAND, P. J. Effect of non-proteins on hydration and textural properties of pork meat gels enhanced with microbial transglutaminase. **Lebensm.-Wiss. u.-Technology**, v. 40, p. 915-920, 2007.

PIRES, I. S. C.; COSTA, N. M. B.; ROSADO, G. P.; OLIVEIRA, R. S.; MONTEIRO, J. B. R. Qualidade protéica da carne de novilho precoce alimentado com lipídios protegidos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 4, p. 799-804, 2006.

PISKE, D. Aproveitamento de sangue de abate para alimentação humana. **Boletim do Ital.**, v. 19, n. 3, p. 253-308, 1982.

PRÄNDL, O.; FISCHER, A.; SCHIMIDHOFER, T.; SINELL, H. **Tecnología de higiene de la carne**. Zaragoza: Acribia, 1994. 855 p.

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.

REBELLO, L. M. V. Loucuras da fome. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 14, n. 3, p. 643-646, 1998.

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. **The Journal of Nutrition**, v. 123, p. 1939-1951, 1993.

RENNER, E.; EL-SALAM, M. H. A. **Application of ultrafiltration in the dairy industry**. New York: Elsevier Applied Science, 1991. 371 p.

REVISTA NACIONAL DA CARNE, n. 330, 2004. 128 p.

RIBEIRO, S. M. L.; CAMPOS, P.; TIRAPEGUI, J. O rato como animal de laboratório: histórico, dados biológicos e análise crítica de seu uso. **Revista de Farmácia Bioquímica da Universidade de São Paulo**, v. 31, n. 1, p. 21-28, 1995.

RICHARDSON, I. Case ready red meat packaging technology. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 49. **Brazilian Journal of Food Technology**. Special Issue. p. 148-155, 2003.

RITSKES-HOITINGA, M.; CHWALIBOG, A. **Handbook of Laboratory Animal Science**, CRC Press, 2. ed., Chapter 12, 2003.

ROGERS, A. D. Nutrition. In: BAKER, H. J.; LINDSAY, J. R.; WEISBROTH, S. H.; (Ed.). **The laboratory rat**. New York: Academic Press, 1979, v. 1, p. 124-152.

ROSSI JUNIOR, O. D.; SANTOS, I. F.; NADER FILHO, A.; SCHOCKEN-ITURRINO, R. P. Estudo microbiológico do sangue e plasma bovino, obtidos em matadouro, utilizados na elaboração de produtos comestíveis. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 46, n. 1, p. 31-39, 1994.

RUST, R. E. Formulated meat products using edible meat by-products. In: PEARSON, A. M.; DUTSON, T. R. (Ed.). **Advances in meat research**. New York: Elsevier Applied Science, v. 5, 1988. p. 341-356.

SARWAR, G.; BLAIR, R.; FRIEDMAN, M.; GUMBMAN, M. R.; HACKLER, L. R.; PELLET, P. L.; SMITH, T. K. Comparison of interlaboratory variation in amino acid analysis and rat growth assays for evaluating protein quality. **Association of Official Analytical Chemists**, v. 68, n. 1, p. 52-56, 1985.

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.

SCHAAFSMA, G. The protein digestibility-corrected amino acid score. **The Journal of Nutrition**, v.130, p. 1865S-1867S, 2000.

SGARBIERI, V. C. A nata do soro. **Jornal da Unicamp**, 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.

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, M. V. School meal programs as a means to meet nutritional requirements for students in the Integrated Public School Centers (CIEPS). **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 1, 1998.

SLINDE, E.; MARTENS, M. Changes in sensory properties of sausages when small amounts of blood replace meat. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 33, p. 760-762, 1982.

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.; PEARCE, 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**, v. 79, n. 8, 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.

SPACKMAN, D. H.; STEIN, W. H.; MOORE, S. Automatic recording apparatus for use in the chromatography of amino acids. **Analytical Chemistry**, v. 30, p. 1190-1206, 1963.

STIEBING, A. Blood sausage technology. **Fleischwirtsch International**, v. 3, p. 34-40, 1990.

TOMPKIN, R. B.; CHRISTIANSEN, L. N.; SHAPARIS, A. B. Iron and the antibotulinal efficacy of nitrite. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 37, n. 2, p. 351-353, 1979.

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 protéica da mortadela. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE CIÊNCIA DE ALIMENTOS, 3., 1999. Campinas. **Resumos...** Campinas, 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.

UNOPAR – UNIVERSIDADE NORTE DO PARANÁ. Soro de leite pode virar alimento. **Folha de Londrina**, abril de 2007.

VELHO, L.; VELHO, P. A controvérsia sobre o uso de alimentação “alternativa” no combate à subnutrição no Brasil. **História, Ciências, Saúde-Manguinhos**, v. 9, n. 1, p. 125-157, 2002.

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.

WALKER, A.R. The remedying of iron deficiency: What priority should it have? **British Journal of Nutrition**, v.79, p.227-235, 1998.

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. 55-63, 1980.

YANG, J-H.; LIN, C-W. Effects of various viscosity enhancers and pH on separating haem from porcine red blood cells. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 70, n. 3, p. 364-368, 1996.

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.

YUNES, J. F. F.; BORON, A. Mortadelas. **O Mundo do Frango**. Ed. Varela, Cap. 33, 2006. 688 p.

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.

APÊNDICE

APÊNDICE A

Tabela 1A – Resumo da análise de regressão dos valores de **L***, **a***, **b***, **h*** e **c*** das formulações de mortadelas com adição de mistura de sangue (não-tratado com CO) + CPS (M1 a M6), em substituição a 10% da carne bovina

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio				
		L*	a*	b*	h*	c*
Mortadela	(5)	(52,2836)	(1,9939)	(0,7417)	(45,5942)	(0,2031)
Regressão	1	149,6733*	8,9227*	3,6377*	202,8012*	0,5911 ^{ns}
Fator de ajuste	4	11,7446*	1,0469 ^{ns}	0,0707 ^{ns}	10,1698 ^{ns}	0,4246 ^{ns}
Resíduo regressão	16	0,8652	1,1625	0,1486	8,0632	0,827
Erro puro	12	0,1749	1,4627	0,1922	9,9034	1,0673

* Significativo a 10% de probabilidade.

^{ns} Não-significativo a 10% de probabilidade.

Tabela 2A – Resumo da análise de regressão dos valores de **L***, **a***, **b***, **h*** e **c*** das formulações de mortadelas com adição de mistura de sangue (tratado com CO) + CPS (M7 a M9), em substituição a 10% da carne bovina

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio				
		L*	a*	b*	h*	c*
Mortadela	(2)	(38,6649)	(2,2047)	(0,4382)	(35,5260)	(0,4301)
Regressão	1	76,6838*	4,2168*	0,8748*	69,0462*	0,7959 ^{ns}
Fator de ajuste	1	0,6460 ^{ns}	0,1926 ^{ns}	0,0017 ^{ns}	2,0057 ^{ns}	0,0644 ^{ns}
Resíduo regressão	7	0,3501	1,1814	0,0848	6,1779	0,9006
Erro puro	6	0,3008	1,3462	0,0987	6,8733	1,0399

* Significativo a 10% de probabilidade.

^{ns} Não-significativo a 10% de probabilidade.

Tabela 3A – Resumo da análise de regressão dos valores de dureza, elasticidade e coesividade das formulações de mortadelas com adição de mistura de sangue (não-tratado com CO) + CPS (M1 a M6), em substituição a 10% da carne bovina

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio		
		Dureza	Elasticidade	Coesividade
Mortadela	(5)	(4479,391)	(0,00113)	0,00097)
Regressão	1	757,847 ^{ns}	0,00213 ^{ns}	0,00107 ^{ns}
Fator de ajuste	4	21639,107 ^{ns}	0,00351 ^{ns}	0,00377 ^{ns}
Resíduo regressão	16	15698,786	0,00071	0,00068
Erro puro	12	19128,456	0,00066	0,0006

^{ns} Não-significativo a 10% de probabilidade.

Tabela 4A – Resumo da análise de regressão dos valores de dureza, elasticidade e coesividade das formulações de mortadelas com adição de mistura de sangue (tratado com CO) + CPS (M7 a M9), em substituição a 10% da carne bovina

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio		
		Dureza	Elasticidade	Coesividade
Mortadela	(2)	(16466,503)	(0,0021)	(0,00275)
Regressão	1	3316,634 ^{ns}	0,00001 ^{ns}	0,00022 ^{ns}
Fator de ajuste	1	29616,372 ^{ns}	0,00420*	0,00529*
Resíduo regressão	7	22259,934	0,00142	0,00185
Erro puro	6	21033,861	0,00096	0,00128

* Significativo, a 10% de probabilidade.

^{ns} Não-significativo, a 10% de probabilidade.

Tabela 5A – Resumo da análise de variância dos valores de dureza, elasticidade e coesividade da mortadela-controle (MC) e das formulações de mortadelas com adição de mistura de sangue/CPS (M1 a M9)

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio		
		Dureza	Elasticidade	Coesividade
Mortadela	9	24252,347 ^{ns}	0,0036 ^{ns}	0,0045*
Resíduo	20	35503,469	0,0019	0,0018

* Significativo a 5% de probabilidade.

^{ns} Não-significativo, a 5% de probabilidade.

Tabela 6A – Resumo da análise de regressão da composição centesimal das formulações de mortadelas com adição de mistura de sangue (não-tratado com CO) + CPS (M1 a M6), em substituição a 10% da carne bovina

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio				
		Umidade	Carboidrato	Cinzas	Lipídios	Proteínas
Mortadela	(5)	(0,56057)	(1,02537)	(0,02233)	(0,69616)	(0,77471)
Regressão	1	1,36005 ^{ns}	0,61236 ^{ns}	0,01665 ^{ns}	0,79120 ^{ns}	1,96620*
Fator de ajuste	4	1,44280 ^{ns}	4,51451 ^{ns}	0,09498 ^{ns}	2,68958 ^{ns}	1,90733 ^{ns}
Resíduo regressão	16	1,88005	1,9972	0,25841	1,38979	0,4061
Erro puro	12	2,38651	2,28673	0,33663	1,62892	0,38252

* Significativo a 10% de probabilidade.

^{ns} Não-significativo a 10% de probabilidade.

Tabela 7A – Resumo da análise de regressão da composição centesimal das formulações de mortadelas com adição de mistura de sangue (tratado com CO) + CPS (M7 a M9), em substituição a 10% da carne bovina

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio				
		Umidade	Carboidrato	Cinzas	Lipídios	Proteínas
Mortadela	(2)	(0,36241)	(0,09901)	(0,11103)	(0,20884)	(0,19674)
Regressão	1	0,52215 ^{ns}	0,01602 ^{ns}	0,19082 ^{ns}	0,35527 ^{ns}	0,19082 ^{ns}
Fator de ajuste	1	0,20267 ^{ns}	0,18201 ^{ns}	0,03125 ^{ns}	0,35527 ^{ns}	0,20267 ^{ns}
Resíduo regressão	7	1,37621	0,28202	0,38748	4,16995	0,32035
Erro puro	6	1,5718	0,29869	0,44686	4,85453	0,33997

^{ns} Não-significativo a 10% de probabilidade.

Tabela 8A – Resumo da análise de variância da composição centesimal da mortadela-controlado (MC) e das formulações de mortadelas com adição de mistura de sangue/CPS (M1 a M9)

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio				
		Proteína	Umidade	Lipídio	Cinzas	Carboidratos
Mortadela	9	0,5508 ^{ns}	0,5817 ^{ns}	0,5729 ^{ns}	0,0839 ^{ns}	0,9661 ^{ns}
Resíduo	20	0,3833	2,027	3,112	0,3539	2,1557

^{ns} Não-significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 9A – Resumo da análise de regressão do teor de ferro das formulações de mortadelas com adição de mistura de sangue (não-tratado com CO) + CPS (M1 a M6), em substituição a 10% da carne bovina

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio
		Teor de Ferro
Mortadela	(5)	(643,8333)
Regressão	1	3155,7143*
Fator de ajuste	4	61,1191 ^{ns}
Resíduo regressão	16	11,2781
Erro puro	12	10,3889

* Significativo a 10% de probabilidade.

^{ns} Não-significativo a 10% de probabilidade.

Tabela 10A – Resumo da análise de regressão do teor de ferro das formulações de mortadelas com adição de mistura de sangue (tratado com CO) + CPS (M7 a M9), em substituição a 10% da carne bovina

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio
		Teor de Ferro
Mortadela	(2)	(1010,5833)
Regressão	1	2016,1250*
Fator de ajuste	1	5,0417 ^{ns}
Resíduo regressão	7	3,6542
Erro puro	6	3,5000

* Significativo a 10% de probabilidade.

^{ns} Não-significativo a 10% de probabilidade.

Tabela 11A – Resumo da análise de variância dos teores de ferro da mortadela-controle (MC) e das formulações de mortadelas com adição de mistura de sangue/CPS (M1 a M9), em substituição a 10% da carne bovina

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio
		Teor de Ferro
Mortadela	9	707,844*
Resíduo	20	7,2833

* Significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 12A – Resumo da análise de variância dos valores de ganho de peso (GP), consumo alimentar (CA), proteína consumida (PC) e coeficiente de eficiência alimentar (CEA) das dietas à base de caseína da mortadela-controle (MC) e das formulações de mortadelas com adição de mistura de sangue/CPS (M1 a M6), em substituição a 10% da carne bovina

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio			
		GP	CA	PC	CEA
Mortadela	7	334,667*	4105,516*	26,445*	0,031*
Resíduo	40	62,408	203,122	1,799	0,001

^{ns} Não-significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 13A – Resumo da análise de variância dos valores de ganho de peso (GP), consumo alimentar (CA), proteína consumida (PC) e coeficiente de eficiência alimentar (CEA) da mortadela-controle (MC) e das formulações de mortadelas com adição de mistura de sangue/CPS (M1 a M6), em substituição a 10% da carne bovina

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio			
		GP	CA	PC	CEA
Mortadela	6	100,913 ^{ns}	51,707 ^{ns}	1,415 ^{ns}	0,002 ^{ns}
Resíduo	35	69,571	223,731	1,970	0,001

^{ns} Não-significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 14A – Resumo da análise de regressão dos valores de ganho de peso (GP), consumo alimentar (CA), proteína consumida (PC) e coeficiente de eficiência alimentar (CEA) das formulações de mortadelas com adição de mistura de sangue/CPS (M1 a M6), em substituição a 10% da carne bovina

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio			
		GP	CA	PC	CEA
Mortadela	(5)	(96,517)	(49,191)	(1,629)	(0,002)
Regressão	1	67,200 ^{ns}	1,662 ^{ns}	0,068 ^{ns}	0,001 ^{ns}
Fator de ajuste	4	415,356 ^{ns}	244,294 ^{ns}	8,078 ^{ns}	0,007 ^{ns}
Resíduo regressão	34	81,383	163,93	1,618	0,001
Erro puro	30	78,389	177,643	1,565	0,001

^{ns} Não-significativo a 10% de probabilidade.

Tabela 15A – Resumo da análise de variância dos valores de PER (coeficiente de eficiência protéica), PERR (PER relativo), NPR (razão protéica líquida), NPRR (NPR relativo), digestibilidade verdadeira e PDCAAS (escore químico corrigido pela digestibilidade) das dietas à base da mortadela-controlado (MC) e das formulações de mortadelas com adição de mistura de sangue/CPS (M1 a M6), em substituição a 10% da carne bovina

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio					
		PER	PERR	NPR	NPRR	Digestibilidade	PDCAA
Mortadela	6	0,222 ^{ns}	128,737 ^{ns}	0,236*	94,774*	0,414 ^{ns}	7,295*
Resíduo	35	0,096	55,468	0,092	36,947	1,047	1,535

* Significativo a 5% de probabilidade.

^{ns} Não-significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 16A – Resumo da análise de regressão dos valores de PER (coeficiente de eficiência protéica), NPR (razão protéica líquida), digestibilidade verdadeira e PDCAAS (escore químico corrigido pela digestibilidade) das dietas à base das formulações de mortadelas com adição de mistura de sangue/CPS (M1 a M6), em substituição a 10% da carne bovina

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio					
		PER	PERR	NPR	NPRR	Digestibilidade	PDCAA
Mortadela	(5)	(0,225)	(130,453)	(0,243)	(97,826)	(0,456)	(8,752)
Regressão	1	0,112 ^{ns}	64,932 ^{ns}	0,108 ^{ns}	43,261 ^{ns}	0,420*	16,351*
Fator de ajuste	4	1,015*	587,331*	1,109*	445,868*	1,862 ^{ns}	27,407*
Resíduo regressão	34	0,120	69,438	0,116	46,459	0,832	1,949
Erro puro	30	0,102	59,119	0,094	37,79	0,881	1,295

* Significativo a 10% de probabilidade.

^{ns} Não-significativo a 10% de probabilidade.