

ARAÍDA DIAS PEREIRA

**EFEITO DA ADIÇÃO DE SANGUE TRATADO COM MONÓXIDO DE
CARBONO SOBRE AS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS E DE COR DE
MORTADELA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, para obtenção do título de “Magister Scientiae”.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2000

A Deus.

Ao meu pai, José de Ribamar.

À minha querida mãe, Genoveva.

Ao meu irmão, Irair.

Ao meu sobrinho, Yuri Matheus.

À minha prima, Régilla.

AGRADECIMENTO

A Deus, pela presença e pelo auxílio constante em todos os momentos da nossa jornada.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Tecnologia de Alimentos (DTA), pela acolhida.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo auxílio financeiro para a condução deste trabalho.

À Granja Resende, pela concessão de equipamento para o desenvolvimento do trabalho e pelo apoio financeiro através do convênio FIEMG/FAPEMIG.

À FUNARBE, pelo apoio financeiro para a condução deste trabalho.

À Adicon, pela concessão de condimentos e aditivos para a formulação das mortadelas utilizadas neste trabalho.

À Clariant, pela concessão das tripas para embutir as mortadelas deste projeto.

Ao Abatedouro Novo Suíno, pela concessão do sangue para a realização deste projeto.

Ao professor Lúcio Alberto de Miranda Gomide, pela orientação, pelo apoio, pela amizade, pela confiança e pela dedicação, imprescindíveis neste trabalho.

Aos professores Paulo Roberto Cecon e June Ferreira M. Parreiras, pelo auxílio, pelas valiosas sugestões e pelas informações técnicas sempre oportunas.

Ao professor Alonso Salustiano Pereira, pela orientação e pelo incentivo para realização deste curso.

Ao professor Paulo César Stringheta, pelas sugestões e críticas e pela disponibilização do laboratório de corantes do DTA.

À minha querida mãe e amiga, cuja confiança sem limites depositada em minha pessoa foi um incentivo em todos os aspectos de minha vida, além do amor, da compreensão, da ajuda, do apoio e da presença constante.

Aos meus queridos familiares, Ciana, Luciano, Raquel, Marilda, Régilla e Irair, que incentivaram e apoiaram mais uma jornada de minha vida.

Aos amigos Jônio, Raquel, Débora, Fernanda Potenciano e Graziela, que mesmo à distância apoiaram e incentivaram.

Às amigas Cristina Fantini e Cristiane Patrícia, pela amizade, pelo companheirismo e pela vida partilhada ao longo desses anos.

Aos estudantes de graduação do curso de Eng. de Alimentos, Gustavo, Vanessa, João, Paulo César, Marcelo, Lisiane e Simone, pelo auxílio na realização deste trabalho.

Aos amigos Eduardo, Alcinéia, Célia, Robson, Ryzia, Maurício, Bárbara, Suzana, Marcelo, Fabrícia, Silmara, Karla, Paulo Rogério, Edimar, Fabrício Eduardo (Baton), Luciana Leal e Letícia, pela ajuda, pelos conselhos e pelos bons momentos compartilhados juntos.

Aos amigos Cristina Faria, Onice, Walkyria (Barbie), Rita, Moisés, João Alfredo (Pakera), Rodrigo, Jorge Bacana, Nelson, Clóvis, João, Marcelo, Carlos, Tarcísio (Tererê), Rogério (Coração), Jorge, Alan, Júnior, Álvaro, Aldrin, Ivy, Adriana Truta, Alexandra, Alcione, Lívia, Gilmar e Claudivan, que tornaram meus dias mais felizes nesta cidade.

Aos amigos da gestão “Chapa 17” da APG, Gomes, Cambuin, Hélio e Emerson (Mesoca), pelo apoio e pela ajuda.

Aos amigos do grupo de partilha “Ciência Renovada”, Marla, Helena, Márcio, Lucas, Roberto, Fátima, Elisa, Mailson e Paulo Monteiro, pelo companheirismo e pelos bons momentos partilhados.

Às colegas de república, Mariana, Jamile, Maria Alice e Francisca, pela compreensão nos momentos difíceis e pelas alegrias partilhadas.

À Cida, pela dedicação, pelos cuidados e pela amizade demonstrada durante o período de convívio.

A todos os funcionários do DTA, em especial: Sr. Valente, D. Ligia, Sueli, Maria Rita, Geralda, Tio Manoel, Perereca, Carlos Antônio Pio, Wandick, Valério, Washington, Marcos, Adão, José Raimundo, Geraldo, Ademir e Tito, pela ajuda, pela amizade e pela companhia.

Ao funcionário do abatedouro da UFV Sérvulo, pelo fornecimento de matéria-prima.

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

BIOGRAFIA

ARAÍDA DIAS PEREIRA, filha de José de Ribamar Dias Pereira e Genoveva Dias Pereira, nasceu em Araguaína, Estado do Tocantins, em 17 de agosto de 1970.

Em março de 1992, ingressou na Universidade Federal de Goiás - UFG, onde, em março de 1996, graduou-se em Nutrição.

Em março de 1997, iniciou o Curso de Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos, na Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, submetendo-se à defesa de tese em maio de 2000.

CONTEÚDO

LISTA DE QUADROS.....	x
LISTA DE FIGURAS.....	xiv
RESUMO.....	xvi
ABSTRACT.....	xviii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1. Disponibilidade e utilização de sangue nas indústrias de alimentos do Brasil e do mundo.....	5
2.1.1. Efeito sobre a cor.....	7
2.1.2. Efeito sobre a estabilidade química.....	8
2.1.2.1. Oxidação de lipídios.....	8
2.1.2.2. Efeito sobre nitrito residual.....	13
2.2. Propriedades funcionais das proteínas do sangue.....	15
2.3. Efeito sobre a composição e o valor nutricional.....	17
2.4. Aspectos microbiológicos do sangue.....	18
2.5. Sangue tratado com monóxido de carbono.....	18

2.5.1. Efeito sobre a cor.....	18
2.5.2. Efeito toxicológico.....	20
CAPÍTULO 1.....	22
ESTABILIDADE QUÍMICA, TEOR DE FERRO E COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DE MORTADELAS ADICIONADAS DE SANGUE FRESCO E SANGUE TRATADO COM CO.....	22
1.INTRODUÇÃO.....	22
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	24
2.1. Obtenção e tratamento do sangue.....	24
2.2. Processamento das mortadelas.....	25
2.3. Procedimentos analíticos.....	27
2.3.1. Oxidação lipídica.....	27
2.3.2. Determinação do teor de nitrito residual.....	28
2.3.3. Determinação de ferro.....	29
2.3.4. Determinação de proteínas.....	29
2.3.5. Determinação da umidade.....	30
2.3.6. Determinação de lipídios.....	30
2.3.7. Determinação de cinzas.....	31
2.3.8. Determinação de carboidrato.....	31
2.4. Delineamento estatístico.....	32
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
3.1. Estabilidade lipídica e teor de nitrito residual.....	34
3.2. Teor de ferro nas mortadelas.....	43
3.3.Composição centesimal.....	47
4. RESUMO E CONCLUSÕES.....	50

CAPÍTULO 2.....	52
ESTUDO DA ESTABILIDADE DA COR DAS MORTADELAS.....	52
1. INTRODUÇÃO.....	52
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	54
2.1. Colorimetria das mortadelas.....	54
2.2. Delineamento estatístico.....	55
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	56
3.1. Avaliação de “L*”.....	56
3.2. Avaliação de “a*”.....	61
3.3. Avaliação de “b*”.....	66
3.4. Avaliação da diferença de cor (ΔE^*).....	70
4. RESUMO E CONCLUSÕES.....	74
3. RESUMO E CONCLUSÕES.....	76
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	78
APÊNDICE.....	87

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 -	Tempo mínimo de exposição, em minutos, às diferentes concentrações de monóxido de carbono no ar para o aparecimento de sinais e sintomas.....	21
CAPÍTULO 1		
Quadro 1 -	Resumo da análise de variância do valor de TBA e nitrito residual das mortadelas adicionadas de diferentes tipos e níveis de sangue, avaliados no decorrer do tempo de estocagem, com seus respectivos coeficientes de variação.....	35
Quadro 2 -	Valores médios ^a de TBA da mortadela controle (sem adição de sangue) e das mortadelas elaboradas com diferentes tipos e níveis de adição de sangue.....	38
Quadro 3 -	Teor de nitrito residual (mg/Kg) das mortadelas adicionadas de sangue.....	39
Quadro 4 -	Valores médios ^a do teor de nitrito residual da mortadela controle (sem adição de sangue) e das mortadelas elaboradas com diferentes tipos e níveis de adição de sangue.....	43
Quadro 5 -	Resumo da análise de variância do teor de ferro das mortadelas adicionadas de diferentes tipos e níveis de sangue e seus respectivos coeficientes de variação.....	44

Quadro 6 -	Valores médios ^a do teor de ferro da mortadela controle (sem adição de sangue) e das mortadelas elaboradas com diferentes tipos e níveis de adição de sangue.....	46
Quadro 7 -	Resumo da análise de variância da composição centesimal das mortadelas adicionadas de diferentes tipos e níveis de sangue, com seus respectivos coeficientes de variação.....	47
Quadro 8 -	Valores médios ^a da composição centesimal da mortadela controle (sem adição de sangue) e das mortadelas elaboradas com diferentes tipos e níveis de adição de sangue.....	48
CAPÍTULO 2		
Quadro 1 -	Resumo da análise de variância dos valores de cor L*, a*, b* e da diferença de cor (ΔE^*) para as mortadelas adicionadas de diferentes tipos e níveis de sangue, avaliados no decorrer do tempo de estocagem, com seus respectivos coeficientes de variação.....	57
Quadro 2 -	Valores médios de L*(luminosidade) de mortadelas formuladas com diferentes tipos e níveis de sangue.....	57
Quadro 3 -	Valores médios ^a de L* (luminosidade) da mortadela controle (sem adição de sangue) e das mortadelas elaboradas com diferentes tipos e níveis de adição de sangue.....	60
Quadro 4 -	Valores médios de a* (intensidade de vermelho e verde) de mortadelas formuladas com diferentes tipos e níveis de sangue.....	61
Quadro 5 -	Valores médios ^a de a* (intensidade de vermelho e verde) do controle (sem adição de sangue) e das mortadelas elaboradas com diferentes tipos e níveis de adição de sangue.....	64
Quadro 6 -	Valores médios ^a de b* (intensidade de amarelo e azul) da mortadela controle (sem adição de sangue) e das mortadelas elaboradas com diferentes tipos e níveis de adição de sangue.....	69
Quadro 7 -	Avaliação da diferença de cor.....	71

APÊNDICE

Quadro 1A -	Resumo da análise de variância dos valores de TBA e teores de nitrito residual das mortadelas controle (sem adição de sangue) e das adicionadas de diferentes níveis de sangue, avaliados no decorrer do tempo de estocagem, com seus respectivos coeficientes de variação.....	88
Quadro 2A -	Resumo da análise de variância do teor de ferro das mortadelas controle (sem adição de sangue) e das adicionadas de diferentes níveis de sangue, com seus respectivos coeficientes de variação.....	89
Quadro 3A -	Resumo da análise de variância da composição centesimal das mortadelas controle (sem adição de sangue) e das adicionadas de diferentes níveis de sangue, com seus respectivos coeficientes de variação.....	89
Quadro 4A -	Resumo da análise de variância dos valores de “L*”, a* e b* das mortadelas controle (sem adição de sangue) e das adicionadas de diferentes níveis de sangue, avaliados no decorrer do tempo de estocagem, com seus respectivos coeficientes de variação.....	90
Quadro 5A -	Valores médios e desvios-padrão dos teores de proteínas, lipídios, umidade, cinzas, carboidratos e ferro das mortadelas adicionadas de diferentes tipos e níveis de sangue e do controle (sem adição de sangue).....	91
Quadro 6A -	Valores médios ^a de TBA, para a mortadela controle (sem adição de sangue) e as adicionadas com os diferentes níveis e tipos de sangue, em função do período de estocagem.....	92
Quadro 7A -	Valores médios ^a do teor de nitrito residual, para a mortadela controle (sem adição de sangue) e as com os diferentes níveis e tipos de sangue, em função do período de estocagem.....	93
Quadro 8A -	Valores médios ^a de “L*” para a mortadela controle (sem adição de sangue) e as adicionadas de sangue com os diferentes níveis e tipos de sangue, em função do período de estocagem.....	94
Quadro 9A -	Valores médios ^a de “a*” para a mortadela controle (sem adição de sangue) e as adicionadas com os diferentes níveis e tipos de sangue, em função do período de estocagem.....	95

Quadro 10A - Valores médios ^a de “b*” para a mortadela controle (sem adição de sangue) e as adicionadas com os diferentes níveis e tipos de sangue, em função do período de estocagem.....	96
Quadro 11A - Valores médios ^a de “ΔE*” para a mortadela controle (sem adição de sangue) e as adicionadas com os diferentes níveis e tipos de sangue, em função do período de estocagem.....	97
Quadro 12A - Valores médios da diferença de cor de mortadela comercial e das adicionadas de sangue, nos diferentes níveis e tipos de sangue.....	98

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

- Figura 1 - Estimativa dos valores de TBA das mortadelas, formuladas com diferentes tipos de sangue, em função do tempo de estocagem..... 37
- Figura 2 - Estimativa do teor de nitrito residual (mg/kg) das mortadelas em função dos níveis de sangue..... 40
- Figura 3 - Estimativa do teor de nitrito residual (mg/kg), nas mortadelas formuladas com sangue, em função do tempo de estocagem.. 42
- Figura 4 - Efeito da adição de níveis crescentes de sangue sobre o teor de ferro das mortadelas formuladas com sangue..... 45

CAPÍTULO 2

- Figura 1 - Estimativa dos valores de L* (luminosidade), em mortadelas formuladas com cada tipo de sangue, em função dos diferentes níveis de adição. Sangue tratado com CO desidratado e reconstituído (a); sangue líquido tratado com CO (b); e sangue não-tratado (c)..... 58
- Figura 2 - Estimativa do valor de L* (luminosidade) das mortadelas formuladas com sangue, em função do tempo de estocagem.. 59

Figura 3 - Estimativa dos valores de a^* (intensidade de vermelho e verde) em função dos níveis de adição de sangue nas mortadelas formuladas com sangue tratado com CO desidratado e reconstituído (◆), sangue líquido tratado com CO (■) e sangue não-tratado (▲).....	63
Figura 4 - Estimativa dos valores de a^* (intensidade de vermelho e verde) de mortadelas formuladas com sangue tratado com CO desidratado e reconstituído (◆), sangue líquido tratado com CO (■) e sangue não-tratado (▲), em função do tempo de estocagem.....	66
Figura 5 - Estimativa do valor de b^* (intensidade de amarelo e azul) das mortadelas, em função dos níveis de sangue adicionados.....	67
Figura 6 - Estimativa dos valores de b^* (intensidade de amarelo e azul) das mortadelas formuladas com sangue tratado com CO desidratado e reconstituído (◆), sangue líquido tratado com CO (■) e sangue não-tratado (▲), em função do tempo de estocagem.....	68
Figura 7 - Estimativa da diferença de cor das mortadelas, em função dos níveis de sangue.....	71
Figura 8 - Estimativa da diferença de cor das mortadelas formuladas com sangue, em função do tempo de estocagem.....	72
Figura 9 - Cor das mortadelas controle (sem adição de sangue) e formuladas com adição de sangue nos diferentes tipos e níveis.....	73
APÊNDICE	
Figura 1A - Comportamento dos valores de TBA das mortadelas formuladas com os diferentes níveis de sangue.....	98

RESUMO

PEREIRA, Araújo Dias, M. S., Universidade Federal de Viçosa, maio de 2000.
Efeito da adição de sangue tratado com monóxido de carbono sobre as características químicas e de cor de mortadela. Orientador: Lúcio Alberto de Miranda Gomide. Conselheiros: Paulo Roberto Cecon e June Ferreira Maia Parreiras.

Visando maior aproveitamento de sangue animal na indústria de alimentos, estudou-se o efeito da adição de sangue tratado com monóxido de carbono (CO) desidratado e reconstituído, sangue líquido tratado com CO e sangue não-tratado, em níveis de 5, 10, 15 e 20%, sobre a estabilidade química (valor de TBA e teor de nitrito residual), a composição centesimal (teores de proteínas, lipídios, umidade, cinzas, carboidratos e ferro) e as características de cor (valores L^* , a^* , b^* e ΔE^*) de mortadelas. Contrastaram-se esses resultados com aqueles de uma mortadela controle (sem adição de sangue). Os valores de TBA não variaram ($P > 0,05$) em função dos tipos e níveis de sangue adicionados às mortadelas ou do tempo de estocagem. Os valores de TBA e de a^* , teor de nitrito residual e composição centesimal das mortadelas controle não diferiram ($P > 0,05$) daqueles de mortadelas formuladas com diferentes tipos e níveis de sangue. O mesmo ocorreu com os valores de b^* até o nível de 5% de adição e com o teor de ferro até o nível de 15% de adição. Os valores de L^* das mortadelas controle foram superiores ($P < 0,05$)

àqueles de mortadelas adicionadas de diferentes tipos e níveis de sangue. Para o mesmo nível de adição de sangue, os valores de L^* das mortadelas não diferiram ($P>0,05$) em função do tipo de sangue utilizado, à semelhança do que ocorreu com os valores de a^* até o nível de 15% de adição. O aumento na adição de sangue promoveu redução ($P<0,05$) do teor de nitrito residual e dos valores de L^* , a^* e b^* , bem como elevação na diferença de cor (ΔE^*) e do teor de ferro das mortadelas. O tempo de estocagem não provocou ($P>0,05$) alteração nos valores de TBA, de a^* e de b^* ou na diferença de cor, mas levou à redução ($P<0,05$) do teor de nitrito residual e elevação dos valores de L^* das mortadelas. O teor de nitrito das mortadelas formuladas com sangue líquido tratado com CO não diferiu ($P>0,05$) daqueles de mortadelas formuladas com sangue não-tratado ou sangue tratado com CO desidratado e reconstituído, que diferiram entre si ($P<0,05$). A diferença de cor entre a mortadela controle e aquelas formuladas com os diferentes tipos e níveis de sangue esteve sempre classificada como forte ou muito forte. Em nenhum momento o teor de nitrito residual de qualquer das mortadelas esteve abaixo do valor limiar crítico para controle do *C. botulinum* de 10 mg/kg, ou os valores de TBA estiveram acima do valor limiar de percepção de 1 mg/kg. Os resultados indicam a possibilidade de utilização de sangue animal, em especial daqueles tratados com monóxido de carbono, na formulação de embutidos cárneos curados.

ABSTRACT

PEREIRA, Araújo Dias, M.S., Universidade Federal de Viçosa, May 2000.
Effect of the addition of carbon monoxide treated blood on chemical and color characteristics of bologna type sausage. Adviser: Lúcio Alberto de Miranda Gomide. Committee Members: Paulo Roberto Cecon and June Ferreira M. Parreiras.

Bologna type sausages were formulated with the addition of animal blood, treated or not with carbon monoxide (CO) or treated with CO and dehydrated, at levels of 5, 10, 15 or 20%. Their chemical stability (TBA value, residual nitrite level) and composition (protein, moisture, lipid, carbohydrate, ash and iron content) as well as color parameters (L^* , a^* , b^* and ΔE^*) were evaluated and compared to those of control bolognas (no blood added). TBA values did not vary ($P > 0,05$) as a function of blood type and levels added to the bologna or as of storage period. Control bologna's TBA and a^* values, nitrite residual levels and chemical composition did not differ ($P > 0,05$) from those of bolognas formulated with different blood types and levels. The same results were verified for b^* values of bolognas formulated with up to 5% blood and for iron content of bolognas formulated with up to 15% blood. L^* values of control bolognas were greater ($P < 0,05$) than those of bolognas formulated with different blood types and levels. For the same blood addition level, the bologna's L^* values did not differ ($P > 0,05$) as a function of type of blood used.

The same results were observed for a^* values up to 15% of blood addition. Increasing blood addition lead to ($P < 0,05$) a decrease of bologna's nitrite residual level and L^* , a^* and b^* values, as well as to an increase on color difference and iron content. Storage time did not alter ($P > 0,05$) the bologna's TBA, a^* and b^* values or color difference, but lead ($P < 0,05$) to a decrease in nitrite residual level and an increase of L^* value. The nitrite level of bolognas formulated with CO did not differ ($P > 0,05$) from those of bolognas formulated with fresh or dehydrated CO treated blood, which differ ($P < 0,05$) from each other. The color difference between the control bologna and those formulated with various blood types and levels were always classified as strong or very strong. The nitrite residual level of any of the bolognas was never below the critical threshold value of 10 mg/kg, as well as the TBA threshold value of 1 mg/kg was never attained. The results indicate the possibility of utilizing animal blood, specially when treated with CO, for formulating cured sausages.

1. INTRODUÇÃO

O sangue de bovinos e suínos possui proteínas de alto valor biológico e boas propriedades funcionais, além de ser rico em ferro (GUZMÁN et al., 1995), e poderia ser utilizado com êxito na alimentação humana, aumentando a produção de proteína animal pela indústria da carne.

As proteínas do sangue apresentam, do ponto de vista funcional, excelentes propriedades emulsificantes e gelatinizantes. Além disso, possuem boa capacidade de formação de espuma e de retenção de água, o que permite sua incorporação em produtos cárneos, massas e em panificação (KNIPE, 1988; TYBOR et al., 1975).

Do ponto de vista protéico, o sangue é a “carne líquida”, pois apresenta composição de aminoácidos essenciais semelhante à da carne, sendo deficiente em metionina, e não possui isoleucina. O sangue concentrado e desidratado possui teores duas, três e sete vezes maiores do que o leite em pó desnatado, o leite em pó integral e o soro de leite, respectivamente (GORBATOV, 1988).

O ferro é outro componente de importância nutricional do sangue, uma vez que este contém entre 30 e 50 mg/% de ferro, comparado com 2,6; 3,0; e 1,6 mg/% nas carnes bovinas, ovinas e suínas, respectivamente (GORBATOV, 1988; KNIPE, 1988). Este elevado teor de ferro, associado a uma excelente biodisponibilidade, pode ajudar na prevenção de anemias, como sugerem

trabalhos realizados com a adição de sangue em embutidos e em biscoitos (WISMER-PEDERSEN, 1979).

Entretanto, apesar de seu baixo custo, estimado em U\$ 0,19 por litro (WISMER-PEDERSEN, 1979), o sangue animal é muito pouco aproveitado, sendo basicamente lançado nos esgotos, causando aumento da taxa da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) dos efluentes destas indústrias, contribuindo, assim, para a morte de rios, em virtude da diminuição na quantidade de oxigênio dissolvido.

A pequena utilização do sangue animal é feita, basicamente, no meio rural de alguns países da Europa, onde tem sido utilizado como ingrediente de alguns tipos de produtos, como lingüiça, salsicha, chouriço, pão, bolacha, biscoito e sopa de sangue. Já a população urbana tem mostrado interesse limitado no consumo desses tipos de produtos (WISMER-PEDERSEN, 1979). No Brasil, o aproveitamento de sangue como alimento é mínimo, sendo feito, basicamente, em pequena escala na zona rural, para consumo próprio, como a elaboração de chouriços.

Uma das principais razões da pequena utilização do sangue na alimentação humana é a coloração escura dos produtos formulados à base de sangue ou daqueles aos quais ele é adicionado, o que desagradava os consumidores. As soluções até hoje adotadas de forma a permitir a adição de sangue em produtos cárneos se baseiam na utilização de apenas uma de suas frações (plasma) ou no seu descolorimento químico e,ou, enzimático. No entanto, estas soluções trazem problemas no aproveitamento de apenas parte das proteínas do sangue e,ou, na alteração das características funcionais e,ou, sensoriais deste sangue (TYBOR et al., 1973; WISMER-PEDERSEN, 1979; OCKERMAN e HANSEN, 1994), além de diminuir a disponibilidade biológica do ferro.

Outro problema que pode se apresentar na utilização de sangue em produtos cárneos é a possibilidade de se reduzir o teor de nitrito residual nestes produtos, com conseqüentes implicações no desenvolvimento de *C. botulinum* (TOMPKIN et al., 1979; MILLER e MENICHILLO, 1991), ou de se levar a uma maior oxidação da gordura destes produtos em função do aumento de heme proteínas e,ou, ferro livre nestes produtos (HIRANO e OLCOTT, 1971; OELLINGRATH e SLINDE, 1988).

Uma solução possível para os problemas mencionados seria a modificação da molécula de hemoglobina para um pigmento mais estável e sensorialmente mais aceitável, ao mesmo tempo que inviabilizasse a interação do ferro com o nitrito residual (GORBATOV. 1988). Neste sentido, FONTES (1999) testou a estabilização da hemoglobina pela saturação do sangue com monóxido de carbono e verificou que o sangue líquido, desidratado ou não, apresenta coloração mais agradável e estável que o sangue não-tratado.

O presente trabalho é uma continuação da pesquisa iniciada por FONTES (1999) e objetiva avaliar a estabilidade física (coloração) e química (composição centesimal, nitrito residual e oxidação) de um embutido cárneo emulsionado formulado pela substituição de carne por diferentes concentrações de sangue fresco ou tratado com monóxido de carbono. As premissas básicas desta pesquisa são de que o pigmento de carboxiemoglobina do sangue tratado com monóxido de carbono permitirá a adição de níveis elevados de sangue em embutidos, sem comprometer sua coloração e estabilidade química, já que a carboxiemoglobina é um pigmento mais estável que a hemoglobina e a oxiemoglobina (NAS, 1977).

2. REVISÃO DE LITERATURA

O sangue é constituído de componentes celulares (eritrócitos, leucócitos e plaquetas) e de uma fase líquida, denominada plasma, que contém substâncias orgânicas e inorgânicas em solução (GORBATOV, 1988).

Hemoglobina, nos eritrócitos, e albumina, no plasma, são as proteínas mais abundantes no sangue. Durante a circulação, o sangue leva oxigênio e nutrientes aos tecidos e órgãos e remove metabólitos. Além disso, contém substâncias biologicamente ativas, com função imunológica, a qual é vital para a defesa do organismo (GORBATOV, 1988).

A hemoglobina representa praticamente a totalidade da proteína contida nos eritrócitos e é formada por quatro cadeias polipeptídicas, duas α e duas β , e a cada cadeia está ligado um grupo heme. Este grupo consiste de uma complexa estrutura orgânica, chamada protoporfirina, à qual está ligado um átomo de ferro no estado ferroso. O átomo de ferro ferroso tem seis valências de coordenação; quatro delas ligam-se à protoporfirina, uma ao nitrogênio imidazólico de um resíduo de histidina e uma se liga reversivelmente ao oxigênio ou gás carbônico (LEHNINGER, 1995).

2.1. Disponibilidade e utilização de sangue nas indústrias de alimentos no Brasil e do mundo

A economia das indústrias cárnicas exige o aproveitamento dos subprodutos para poder competir com outras fontes protéicas de origem vegetal. Se os subprodutos do abate de animais não forem utilizados, além de se perder um valioso potencial alimentar, elevam-se consideravelmente os custos adicionais na eliminação dos resíduos para se evitar a poluição ambiental. Portanto, são os subprodutos que têm que pagar os gastos de transformação e gerar os benefícios nos abatedouros.

Em abatedouros de pequeno porte, o sangue usualmente não é aproveitado, sendo descartado nos mananciais hídricos, o que acarreta riscos de contaminação e eleva a concentração de sólidos suspensos em três vezes (OCKERMAN e HANSEN, 1994).

O aproveitamento do sangue nos abatedouros poderia representar um aumento no rendimento (6-7% em termos de proteína) da carcaça de bovinos e suínos, além de diminuir a poluição ambiental. Portanto, a sua utilização na alimentação é vantajosa (WISMER-PEDERSEN, 1979).

Poucas são as aplicações alimentícias de sangue na indústria, e apenas alguns poucos países, em especial a ex-URSS, fazem uso de quantidades expressivas (80.000 toneladas/ano) na elaboração de alimentos (DILL, 1976; DILL e LANDMAN, 1988). Em alguns países europeus o sangue tem sido tradicionalmente usado no preparo de produtos típicos. É o caso da Suécia, onde 80% do sangue é destinado, direta ou indiretamente, à alimentação humana (PISKE, 1982).

Segundo dados do IBGE (1991), em 1990 o Brasil abateu 13.103.685 bovinos e 10.905.914 suínos, dos quais poderiam ser, potencialmente, obtidas cerca de 177.000 toneladas de sangue, considerando-se o fato de que se pode obter de 10 a 12 litros de sangue a partir de bovinos e de 2,5 a 3,0 litros a partir de suínos (WISMER-PEDERSEN, 1979; KNIPE, 1988). Levando em consideração que a partir de 100 kg de sangue obtém-se entre 60-70 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),

isto representaria mais de 30.000 toneladas de proteína que poderia ser utilizada na alimentação humana.

Apesar de seu baixo custo, estimado em U\$ 0,19 por litro (WISMER-PEDERSEN, 1979), o sangue animal é muito pouco aproveitado, sendo basicamente lançado nos esgotos, causando aumento da DBO dos efluentes destas indústrias, contribuindo, assim, para a morte de rios, já que o sangue possui uma DBO entre 150 e 200.000 mg/dm³ (PARDI et al., 1993).

A utilização do sangue integral em alimentos está restrita a produtos de cor tradicionalmente escura, como embutidos, sopas, pães e biscoitos de sangue. No entanto, a demanda desses produtos é limitada. Assim, somente uma pequena percentagem de sangue pode ser aproveitada (OCKERMAN e HANSEN, 1994).

O pré-requisito básico para a utilização de sangue em alimentos é a coleta higiênica, o que implica garantia da não-contaminação microbiana no abatedouro e uso de animais sadios (WISMER-PEDERSEN, 1979).

Em alguns tipos de salsichas, o principal ingrediente é o sangue integral. Neste caso, o sangue é coletado e adicionado de um anticoagulante ou mantido sob agitação durante o resfriamento. Imediatamente após a coleta o sangue é adicionado de nitrito (156-200 ppm) e, ocasionalmente, adiciona-se 1,5-2,0% de sal, com o objetivo de garantir certa estabilidade microbiológica. Dependendo do tipo de embutido a ser fabricado, acrescentam-se outros ingredientes à formulação, com utilização de sangue variando de 10 a 40% (RUST, 1988).

A utilização de plasma líquido ou concentrado e desidratado (TYBOR et al., 1975) em produtos alimentícios é mais freqüente que o uso de sangue integral, por não provocar problemas de cor nos produtos. Contudo, a utilização do plasma resulta no aproveitamento de cerca de 30% das proteínas do sangue, não permitindo um custo competitivo com outras proteínas, tais como as do leite e da soja, usadas nas formulações de embutidos, além de não incorporar ferro à dieta, fundamental para o combate de anemias (WISMER-PEDERSEN, 1979; OCKERMAN e HANSEN, 1994). Além disso, CALDIRONI e OCKERMAN (1982) mostraram que embutidos cárneos com utilização de 12% de plasma sangüíneo apresentam coloração pálida.

Na tentativa de mascarar ou reduzir a intensidade da cor da hemoglobina, WISMER-PEDERSEN (1979) preparou uma emulsão com 45% de gorduras, 6-7% de caseinato de sódio, 20% de sangue e 28% de água, e submeteu-a por sete minutos a um vibrador hidrodinâmico. No mesmo trabalho, o pesquisador misturou o sangue com leite desnatado e levou ao aquecimento a 95°C por cinco minutos na presença de CaCl₂; esse precipitado protéico foi prensado até um conteúdo de umidade de 70-75%. Foi depois utilizado para substituir até 15% de carne bovina em produtos embutidos. No entanto, outros métodos têm sido desenvolvidos, como dissociação da hemoglobina e extração do grupo heme e coagulação da proteína, hidrólise enzimática e química (WISMER-PEDERSEN, 1979; TYBOR et al., 1975). Contudo, as técnicas de descoloração levam a uma diminuição no valor biológico e funcional das proteínas do sangue e conferem sabor desagradável (TYBOR et al., 1975; WISMER-PEDERSEN, 1979; OCKERMAN e HANSEN, 1994).

A descoloração por hidrólise enzimática, freqüentemente, produz um sabor amargo, que pode ser removido por tratamento com ácidos fortes, como HCl, e, posteriormente, com carbono ativado. No entanto, esse tratamento destrói o triptofano do sangue, reduzindo, assim, a qualidade nutricional deste, além de produzir alto conteúdo de cinzas no produto final (OCKERMAN e HANSEN, 1994).

De acordo com MILLER e MENICHILLO (1991) e MILLER et al. (1991), exceto pelos métodos enzimáticos de descoloração, a utilização de sangue incorpora grandes quantidades de ferro às formulações de embutidos, o que está relacionado com rápida produção de toxinas pelo *Clostridium botulinum* e redução nos níveis residuais de nitrito.

2.1.1. Efeito sobre a cor

Um dos principais problemas encontrados para o aproveitamento do sangue integral na indústria alimentícia, em especial na indústria de produtos cárneos, está relacionado com a cor escura apresentada pelos produtos fabricados (CALDIRONI e OCKERMAN, 1982; KNIPE, 1988; STIEBING, 1990). Segundo WISMER-PEDERSEN (1979), a utilização do sangue em escala

industrial somente acontecerá quando suas propriedades sensoriais permanecerem inalteradas. Assim, sua utilização é limitada, para que o produto não sofra alterações nas características sensoriais.

O escurecimento pode ser evitado com o uso de plasma sangüíneo, o qual é obtido pela remoção dos corpúsculos sangüíneos, como pigmentos e hemoglobina. No entanto, este processo remove parte das proteínas e ferro. Diante disto, deve-se encontrar um meio para incorporar não só a proteína, mas também o ferro sangüíneo (WISMER-PEDERSEN, 1979).

CALDIRONI e OCKERMAN (1982) mostraram, através de painel treinado, que salsichas adicionadas de 10 e 2,5% de plasma e globina, respectivamente; 5 e 6% de plasma e globina, respectivamente; e 12% de plasma não diferiram significativamente do controle (sem adição de plasma e globina) quanto a flavor, textura, odor e cor. De acordo com este trabalho, seria possível a incorporação de proteína plasmática em altas proporções em relação à globina, em salsichas, sem que houvesse problemas com a aceitação do produto.

2.1.2. Efeito sobre a estabilidade química

2.1.2.1. Oxidação de lipídios

Sabores desagradáveis e ranço resultam da geração de compostos voláteis, como pentanal, hexanal e heptanal, dentre outros (LOVE, 1987; St. ANGELO et al., 1987), oriundos da degradação de ácidos graxos e fosfolipídios provenientes dos depósitos de gordura inter e intramusculares e associados às membranas musculares (IGENE e PEARSON, 1979; CROSS et al., 1987; LOVE, 1983).

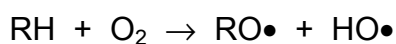
Os principais produtos finais da oxidação lipídica compreendem os derivados da decomposição de hidroperóxidos, como álcoois, aldeídos, cetonas, ésteres e hidrocarbonetos (FERNÁNDEZ et al., 1997).

O processo de oxidação em carnes é intensificado por cocção, moagem, reestruturação, emulsificação ou qualquer outro tratamento que leve à ruptura de membranas e exponha os lipídios ao oxigênio e aos catalisadores

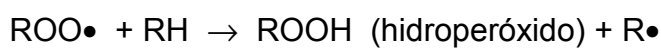
da oxidação, quando mecanismos protetores, como vitamina E, doadores de prótons e elétrons das membranas e dos citoplasmas, são destruídos. Este conjunto de circunstâncias levam à aceleração do processo oxidativo e produz a oxidação ou, quando carnes são pré-aquecidas e depois resfriadas ou congeladas, ao fenômeno conhecido como *Warmed-Over Flavor* (WOF) (PEARSON et al., 1977; CROSS et al., 1987; LILLARD, 1987; FOX e BENEDICT, 1987; GRAY e PEARSON, 1987).

O processo de oxidação pode ser visualizado como um mecanismo de radicais livres que ocorre em três etapas principais (PEARSON et al., 1983; LILLARD, 1987; NAWAR, 1996; LOVE, 1987; FERNÁNDEZ et al., 1997; GRAY, 1978):

a) Iniciação:



b) Propagação:



c) Terminação:



A quantificação de WOF e de oxidação em geral pode ser realizada por diversos métodos, tais como determinação do índice de peróxido, cromatografia gasosa, teste de TBA (quantifica malonaldeído), desenvolvimento de fluorescência e polarigrafia (GRAY e PEARSON, 1987; GRAY, 1978). Segundo St. ANGELO et al. (1987), o objetivo primordial de qualquer método de determinação é a sua correlação com a avaliação sensorial de odor e *flavor* rançoso, descrevendo os mesmos atributos. Atualmente, nenhum método, isoladamente, é capaz disto; cada método descreve apenas uma porção do processo oxidativo. St. ANGELO et al. (1987) e GRAY (1978) relataram que a cromatografia gasosa é o único método altamente correlacionado com as análises sensoriais; porém, é um método caro e dispendioso. O método mais utilizado para seguir processos oxidativos

em carnes é o teste de TBA, devido à sua simplicidade e satisfatória correlação com painéis sensoriais treinados.

O índice de TBA mede produtos de degradação secundária da oxidação de lipídios, particularmente o malonaldeído do grupo funcional aldeído. Essa análise baseia-se na reação de uma molécula de malonaldeído com duas moléculas de TBA, produzindo uma coloração rosa. A intensidade da coloração é proporcional à concentração de malonaldeído e tem sido relacionada à rancidez em carnes (FERNÁNDEZ et al., 1997; GRAY, 1978).

O malonaldeído é decomposto em álcoois e ácidos orgânicos, que não são quantificados pela análise do malonaldeído. Conforme FERNÁNDEZ et al. (1997), a limitação mais importante em caso de se usar a concentração do malonaldeído para representar a oxidação lipídica é sua instabilidade no decorrer do tempo. Além disso, em carnes curadas, pode ocorrer interferência do nitrito residual na determinação do malonaldeído. Esta intervenção ocorre por nitrosação do malonaldeído pelo nitrito residual, impedindo a reação do aldeído com o ácido tiobarbitúrico (TBA), acarretando detecção de baixos valores de malonaldeído. Segundo KOLODZIEJSKA et al. (1990), em pH de 1,3 a 3,0 essa reação é acelerada, fazendo o malonaldeído reagir completamente com nitrito, e com a elevação do pH a taxa de reação diminui.

De acordo com NAWAR (1985), o valor de TBA só é útil para o acompanhamento da evolução, no tempo, da oxidação de uma mesma amostra, não se prestando para comparar amostras diferentes e, ou, em tempos diferentes. Segundo PIKUL e KUMEROW (1990), valores de TBA não deveriam ser usados para comparar desenvolvimento de WOF e oxidação entre diferentes espécies e tipos de músculos, devido às diferenças na concentração de lipídios totais entre esses fatores. Isto está de acordo com os resultados apresentados por PEARSON et al. (1977), os quais sugeriram que um valor de TBA ligeiramente inferior para uma espécie animal em relação à outra pode não indicar quantidades relativas de WOF entre duas espécies.

Revedo a oxidação de lipídios em carnes, LOVE e PEARSON (1974) encontraram evidências que apontam proteínas que contêm o grupo heme, principalmente mioglobina e hemoglobina, como os principais agentes contribuidores para o processo de oxidação em carnes, o qual leva à descoloração de pigmentos e ao desenvolvimento de sabores desagradáveis.

Os pigmentos heme, presentes na forma férrica hemocromogênica, são responsáveis pela rápida iniciação do processo de autoxidação, e o ferro livre na forma reduzida (ferrosa, +2), em combinação com pequenas quantidades de ascorbatos, é o principal contribuidor da autoxidação em carnes. Resultados semelhantes foram obtidos por LOVE e PEARSON (1974).

RHEE et al. (1987) mostraram que tanto o ferro livre (não heme) como o ferro heme atuam como catalisadores da oxidação de lipídios em carnes.

Revedo a catálise da oxidação lipídica por ferro em carnes, LOVE (1987) e ASGHAR et al. (1988) encontraram trabalhos indicando que a taxa de oxidação é 100 vezes maior com Fe^{+2} que com Fe^{+3} . A taxa de oxidação do Fe^{+3} é estimulada por ácido ascórbico e cisteína, através da redução de Fe^{+3} , favorecendo, dessa forma, a formação de radicais. O seguinte mecanismo foi proposto:

- a) $Fe^{+2} + LOOH \rightarrow Fe^{+3} + LO\bullet + OH^{-}$ (rápido)
- b) $Fe^{+3} + LOOH \rightarrow Fe^{+2} + LOO\bullet + H^{+}$ (lento)
- c) $LO\bullet + LOO\bullet$ são radicais livres que propagam o processo oxidativo.

Outra possibilidade proposta por LOVE (1987) é:

- a) $Fe^{+2} + O_2 \rightarrow Fe^{+3} + O_2^{-\bullet}$
- b) $O_2^{-\bullet} + Fe^{+2} \rightarrow Fe^{+2} + O_2$
 $2 O_2^{-\bullet} + 2H^{+} \rightarrow O_2 + H_2O_2$
- c) $Fe^{+2} + H_2O_2 \rightarrow Fe^{+3} + OH^{-} + HO\bullet$
- d) $HO\bullet$ inicia a oxidação por subtrair um átomo de hidrogênio de um grupo de metileno de um ácido graxo, gerando radicais livres para propagar a reação.

PEARSON et al. (1977) concluíram que ferro do grupo heme ou de porfirinas, em vez da heme-proteína nativa, e em conjunto com o ferro livre, catalisa a oxidação de lipídios. Estes autores propuseram, após revisão de literatura, diferentes mecanismos pelos quais esta influência catalítica se expressa. O mecanismo mais aceito da catálise pelos grupos heme é apresentado a seguir:

- a) $LOOH$ (peróxido) + Heme-OH (hematin) \rightarrow LOO – Heme + H_2O
- b) LOO -Heme \rightarrow $LO\bullet$ + Heme-O \bullet
- c) $Heme$ -O \bullet + LH \rightarrow Heme-OH + L \bullet

d) o ciclo se repete, enquanto os radicais livres gerados ($L\bullet$ e $LO\bullet$) propagaram o processo oxidativo.

HIRANO e OLCOTT (1971) contataram resultados diferentes para hemeproteínas e reportaram que altas concentrações de hemeproteínas ($> 10^{-5}$ M) inibem a autooxidação e a oxidação de lipídios por lipoxigenases em sistemas-modelo. Concentrações mais baixas de hemeproteínas (10^{-6} a 10^{-7} M), entretanto, apresentam efeito oposto. Eles sugeriram que, em altas concentrações, compostos heme são modificados durante as reações de oxidação e que os produtos oriundos destas reações atuam como “removedores” de radicais livres do meio, paralisando o processo de oxidação.

PEARSON et al. (1977) encontraram, na literatura, diferentes mecanismos e propuseram que, em sistemas-modelo, quando altas concentrações de hemoglobina estão presentes, a quantidade de ácido linoléico associada à hemoglobina aumenta; quando mais de 77% do ácido linoléico está assim associado, aumenta-se o período de indução do processo oxidativo.

IGENE e PEARSON (1979) e IGENE et al. (1979) propõem que o pigmento de mioglobina, por si só, não catalisa processos oxidativos em carnes, mas em presença de calor (cocção) libera ferro, que catalisa este tipo de reação. Revisando o efeito de pigmentos heme e ferro livre, PEARSON et al. (1983) apresentam dados mostrando que pigmentos, mioglobina ou metamioglobina, não são responsáveis pela oxidação e WOF em carnes, e sim o ferro livre na sua forma reduzida (+2).

A oxidação de lipídios catalisada por fração de hemoglobina, mioglobina e hematina aumenta com a elevação de temperatura de 55°C a 85°C , levando ao aumento acentuado dos valores de peróxido e índice de TBA (HAN et al., 1995).

Segundo TICHIVANGANA e MORRISSEY (1985), o aumento da concentração de malonaldeído foi menor nas carnes bovinas. No entanto, quando aquecidas, os valores de malonaldeído aumentaram após o quinto dia de estocagem a 4°C . Esse aumento era causado, provavelmente, pela liberação do Fe^{+2} do anel porfirínico, após a desnaturação de lipoproteínas e desestabilização de estruturas musculares.

O processo de cocção de carnes é responsável pela liberação de ferro do pigmento de mioglobina, o qual é catalisador das reações de oxidação (IGENE e PEARSON, 1979; IGENE et al., 1979). CHEN et al. (1984) ainda sugeriram que um possível efeito da cocção de carnes é a desnaturação térmica de sistemas de membrana, o que seria responsável pela exposição de grande quantidade de fosfolipídios no processo oxidativo.

2.1.2.2. Efeito sobre nitrito residual

Os nitritos e nitratos são substâncias largamente empregadas no processo de cura de produtos cárneos (FUJIMAKI et al., 1975). Entretanto, a presença de nitrito associada à queda do pH cria condições para a formação de nitrosaminas em virtude da reação com aminas presentes, algumas reconhecidamente carcinogênicas (EMI-MIWA et al., 1976; ARAÚJO, 1999).

A adição de nitrito nas carnes curadas tem três finalidades básicas: a) contribui para o desenvolvimento de sabor e cor característicos de carnes curadas (ARAÚJO e MIDIO, 1989; CASSENS, 1997b; TOMPKIN et al., 1978a); b) inibe o desenvolvimento de *Clostridium botulinum* (TOMPKIN et al., 1978a; 1979) e outros microrganismos; e c) atua como antioxidante (ERDURAN e HOTCHKISS, 1995; SHAHIDI e HONG, 1991, WALSH et al., 1999; MORRISSEY e TICHIVANGANA, 1985).

O nitrito combina-se com a mioglobina da carne, formando a nitrosomioglobina, composto vermelho rosado que, pelo aquecimento, é convertido em nitroso-hemocromo, uma proteína desnaturada, que confere cor rósea relativamente estável aos produtos curados (ARAÚJO e MIDIO, 1989; JUDGE et al., 1989). No sangue, o nitrito oxida hemoglobina formando a metaemoglobina (CASSENS, 1997a).

A incorporação da hemoglobina a produtos cárneos curados faz com que o íon ferro do grupo heme interaja com o nitrito residual destes produtos, diminuindo sua disponibilidade para a prevenção de *C. botulinum*. O nível residual de nitrito é o fator principal que governa a inibição botulínica (TOMPKIN et al., 1978a; 1979; MILLER e MENICHILLO, 1991). A utilização de EDTA como agente complexante do ferro permitiria manter os níveis residuais

de nitrito inalterados, garantindo sua ação antibotulínica (TOMPKIN et al., 1979); porém, a disponibilidade para fins nutricionais deste metal poderia ficar alterada.

O nitrito impede a germinação dos esporos de *Clostridium botulinum* e, conseqüentemente, a produção das neurotoxinas (TOMPKIN et al., 1978a).

Segundo TOMPKIN et al. (1978b), uma explicação plausível para o efeito inibitório do nitrito sobre esporos de *C. botulinum* é a reação do óxido nítrico com o ferro da ferredoxina ou de alguma enzima essencial para o metabolismo deste microrganismo. Essa reação pode interferir com o metabolismo da célula germinativa e prevenir seu crescimento.

Vários mecanismos foram propostos para a atividade antioxidante do nitrito em carnes curadas. Dentre eles, inclui-se a prevenção da liberação do ferro da mioglobina e da hemoglobina, a estabilização dos lipídios de membrana (MORRISSEY e TICHIVANGANA, 1985; ZUBILLAGA et al., 1984), a formação de derivados do nitrito com atividade antioxidante específica (MORRISSEY e TICHIVANGANA, 1985; ERDURAN e HOTCHKISS, 1995; RAMARATHNAM et al., 1991; ZUBILLAGA et al., 1984). Neste sentido, a nitro-hemomioglobina inibe a oxidação catalisada por mioglobina, íons colbato e cobre, e ferro não-heme (MORRISSEY e TICHIVANGANA, 1985; TICHIVANGANA e MORRISSEY, 1985; ZUBILLAGA et al., 1984).

Segundo CHEN et al. (1984), MORRISSEY e TICHIVANGANA (1985) e ZUBILLAGA et al. (1984), não há aumento de ferro não-heme em amostras tratadas com nitrito submetidas ao calor. Isto sugere que o valor de ferro não-heme no pigmento aquecido vem da liberação de ferro do anel porfirínico. Portanto, parece que o nitrito estabiliza as ligações do pigmento, prevenindo a liberação do ferro heme em amostras aquecidas.

EMI-MIWA et al. (1976) mostraram que análise de nitrito na ausência de ascorbato detecta 77,0 e 46,5% e, na presença de ascorbato, 30,0 e 4,8% do nitrito adicionado inicialmente, nos dias 0 e 7, respectivamente, em carnes curadas. Esses resultados mostraram que o nitrito decompõe-se durante o processo de cura e cozimento, sendo acentuado na presença de ascorbato, devido à cooperação deste e de alguns componentes da carne, como a mioglobina.

2.2. Propriedades funcionais das proteínas do sangue

As propriedades funcionais das proteínas afetam o comportamento do alimento durante seu preparo, processamento, sua estocagem e seu consumo. Assim, essas propriedades têm relevância na qualidade do produto final (KINSELLA, 1979).

Do ponto de vista funcional, as proteínas do sangue apresentam excelentes propriedades emulsificantes, formação de espuma, retenção de água e gelatinização, permitindo sua incorporação em produtos cárneos e em massas de panificação (WISMER-PEDERSEN, 1979; NAKAMURA et al., 1984; RAEKER e JOHNSON, 1995; TYBOR et al., 1975).

TERRELL et al. (1982) conduziram estudo comparativo da capacidade de retenção de água em produtos cárneos, testando cinco fontes protéicas não-musculares. Os resultados mostraram que as proteínas do plasma e do ovo produziam os géis com as melhores propriedades viscoelásticas. Os resultados obtidos por Terrell et al. (1979), citados por DILL e LANDMANN (1988), quanto ao efeito da adição de plasma em salsichas, permitem observar aumento da resistência da pele das formulações adicionadas de plasma e, ainda, diminuição na sua dureza e tendência de esfarelar, obtendo-se um produto muito mais resistente, devido à formação de gel, o qual é muito próximo ao do ovo cozido, em razão da presença de albumina em ambos.

Segundo PISKE (1982), as excelentes propriedades de geleificação das proteínas plasmáticas permitem a retenção de água num sistema alimentício. Após aquecimento, formam géis de estrutura elástica em concentrações relativamente baixas (4-5%), sendo necessários uma temperatura de pelo menos 75°C e um pH entre 5,8 e 6,8 para a formação do gel. A hemoglobina não produz géis sob aquecimento, mas se apresenta com um aspecto cremoso (WISMER-PEDERSEN, 1979; OCKERMAN e HANSEN, 1994; KNIPE, 1988).

TYBOR et al. (1973) mostraram que o plasma apresenta uma solubilidade de 90 a 100% na faixa de pH de 3 a 9. A globina é 50% solúvel abaixo do pH 6,0 e acima do pH 8,2. A sua desnaturação durante a secagem causa redução da solubilidade, mas, incorporando-se lactose ao plasma antes da desidratação, as características de solubilidade da proteína são mantidas.

HAYAKAWA et al. (1982) verificaram que a globina apresenta alta solubilidade em meio ácido, mesmo após aquecimento. Estudando o efeito do aquecimento a diferentes pHs na solubilidade da globina, estes autores verificaram que, quando o aquecimento da proteína foi realizado em pH 4, a solubilidade foi menos afetada do que em pH 10, em que a maioria das proteínas poderia coagular.

As proteínas globina e albumina são bons agentes emulsificantes e formadores de espuma, o que facilita sua incorporação em formulações de alimentos (SHAHIDI et al., 1984; OCKERMAN e HANSEN, 1994). Em embutidos, a boa capacidade emulsionante dessas proteínas ajuda a retenção de gordura durante o aquecimento (OCKERMAN e HANSEN, 1994).

TYBOR et al. (1973) mostraram que as proteínas do sangue apresentaram boa capacidade emulsificante, a qual depende, basicamente, da concentração e do processamento. A melhor concentração ocorreu próximo a 1 g de proteína por 100 mL de solução. A capacidade emulsificante da globina foi especialmente sensível à variação de pH, provavelmente devido ao efeito do pH sobre a solubilidade da proteína.

NAKAMURA et al. (1984) relataram que a hemoglobina e a globina apresentaram melhores propriedades emulsionantes que a albumina de soro bovino e que a ovalbumina. Contudo, a capacidade emulsionante da globina mostrou ser menor do que a da proteína do plasma (CALDIRONI e OCKERMAN, 1982).

A capacidade de uma proteína formar espuma refere-se à expansão de volume da dispersão protéica com a incorporação de ar por batimento, agitação ou aeração. É uma propriedade funcional de interfase que depende da natureza da proteína, da presença de sais e de outros aditivos utilizados no processamento dos alimentos (SGARBIERI, 1996).

TYBOR et al. (1975) relataram que a globina isolada apresenta boas características como espumante sob boas condições de pH e concentração de proteína.

Avaliando o efeito da concentração protéica e do pH na capacidade formadora de espuma (CFE) dos isolados protéicos de plasma e da globina, comparativamente à da ovalbumina, verificou-se que a máxima CFE encontrada para plasma e globina foi a uma concentração de 1,7g/100 mL.

A CFE do plasma foi semelhante à da ovalbumina em todas as concentrações. Quanto ao efeito do pH, proteínas do plasma exibiram uma resposta linear, diminuindo a CFE com o aumento do pH. Já a globina apresentou uma CFE maior do que o plasma durante as variações de pH, e a resposta a essas variações foi semelhante ao perfil de solubilidade (máxima a pH 6 e mínima a pH 7,2). Quanto à estabilidade da espuma, a globina apresentou-se mais estável do que as proteínas plasmáticas a pH 6 (máxima CFE), estabilidade essa comparável à da ovalbumina (TYBOR et al., 1975; SHAHIDI et al., 1984).

2.3. Efeito sobre a composição e o valor nutricional

Nutricionalmente, o sangue possui quase todos os aminoácidos essenciais nos níveis recomendados pela FAO, sendo deficiente apenas em isoleucina e metionina (WISMER-PEDERSEN, 1979). De acordo com TYBOR et al. (1975), a composição em aminoácidos dos isolados protéicos de plasma e globina indicou que ambos os isolados são excelentes fontes de lisina e leucina.

WISMER-PEDERSEN (1979) concluiu que, em virtude de suas limitações em isoleucina e metionina, o sangue deve ser utilizado juntamente com proteínas que suplementem estes aminoácidos. Segundo o autor, a mistura usada em emulsões (47% de sangue e 53% de caseinato) apresenta um índice químico de 94,0 em relação ao padrão FAO (1982), sendo a metionina o primeiro aminoácido limitante.

Segundo estudo apresentado por YOUNG et al. (1973), o plasma sangüíneo possui uma eficiência protéica relativa (PER) maior do que a caseína. Neste estudo, a PER da caseína foi de 1,94, enquanto o plasma tinha PER de 2,15. Tomando-se a caseína como padrão (PER 2,50), a PER do plasma aumentou para 2,83, enquanto a da globina era de -1,05. Entretanto, a adição de 1,2% de L-isoleucina à globina provocou aumento da PER de -1,05 para 2,88.

Ensaio biológico realizado com dietas de caseína, mortadelas padrão e adicionada de 10% de sangue desidratado tratado com monóxido de carbono não mostrou diferenças significativas entre a caseína e a mortadela-padrão, em

relação à PER. No entanto, a mortadela adicionada de 10% de sangue tratado com monóxido de carbono foi significativamente menor ($P < 0,01$), comparada com a 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).

O sangue é um alimento privilegiado, porque possui elevado teor de ferro e excelente biodisponibilidade (OCKERMAN e HANSEN, 1988; WISMER-PEDERSEN, 1979). Assim, pode ajudar na prevenção de anemias, como sugere trabalho realizado com a adição de sangue em embutidos e biscoitos (WISMER-PEDERSEN, 1979).

2.4. Aspectos microbiológicos do sangue

No momento do abate e da sangria, o sangue é um fluido estéril. Entretanto, durante a coleta, pode sofrer contaminações microbiológicas que variam de acordo com os cuidados sanitários tomados durante os momentos iniciais fora do corpo animal (STIEBING, 1990).

Quando assepticamente coletado, o sangue bovino e o suíno apresentam contagens de 200-300 e 2.000-3.000 UFC/mL, respectivamente. O número de microrganismos do sangue suíno é geralmente superior, em razão da complicada coleta (KNIPE, 1988).

Devido à composição química, ao alto pH e teor de água elevado, o sangue e o plasma constituem um bom meio de cultura para microrganismos, causando a rápida deterioração. Por este motivo, a sua utilização para fins alimentícios requer uma coleta higiênica e somente de animais sadios e devidamente inspecionados (PISKE, 1982).

2.5. Sangue tratado com monóxido de carbono

2.5.1. Efeito sobre a cor

A carboxiemoglobina (COHb) é um pigmento de cor-vermelho claro brilhante, originado pela reação entre a hemoglobina (Hb) e o monóxido de

carbono (CO), que poderia, potencialmente, resolver o problema da cor escura dos produtos formulados com sangue. A alta afinidade do CO pela Hb (200 vezes superior à afinidade do oxigênio *in vivo*) e a baixa constante de dissociação poderiam garantir uma ligação forte durante a formação do pigmento (NAS, 1977; LEHNINGER et al., 1995).

Baseado nesses princípios, FONTES (1999) mostrou que o sangue suíno saturado com CO gera um produto de cor vermelha estável e de considerável estabilidade. Portanto, é de se esperar que a estabilidade conseguida na cor do sangue tratado com monóxido de carbono seja também, efetiva para solucionar os problemas referentes à cor do sangue em produtos cárneos curados.

De acordo com Wolfe (1980), citado por SØRHEIM et al. (1997), 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 mioglobina. Concentrações de 1-5% de CO aumentam a redução da metamioglobina, em presença de ar (LANIER et al., 1978).

Segundo SØRHEIM, et al. (1997), concentrações de 0,5 a 2,0% de CO aumentam a estabilidade da cor vermelha em carnes frescas. No entanto, SØRHEIM et al. (1999) relatam que a adição de apenas 0.4% de CO nas carnes é suficiente para estabilizar sua cor vermelha.

A COHb é altamente estável, mesmo quando ocorre a desnaturação da proteína durante a secagem (FONTES, 1999). Apesar dessa estabilidade, ela é extremamente instável na presença de luz (ANTONINI e BRUNORI, 1971). Assim, o sangue desidratado tratado com monóxido de carbono deve ser embalado e estocado em embalagens que não permitam ou minimizem a passagem de oxigênio, a fim de evitar alterações na cor (FONTES, 1999).

Atualmente, o CO é utilizado em embalagens de carne fresca com atmosfera modificada, para de evitar alterações de cor indesejáveis, além de aumentar a vida-de-prateleira (SØRHEIM et al., 1997; LANIER et al., 1978).

Experimento conduzido por SØRHEIM et al. (1997) mostrou que a estabilidade da cor de carnes armazenadas em atmosfera modificada com CO foi melhor do que a das carnes estocadas sem CO. Segundo Aasgaard (1993), citado por SØRHEIM et al. (1997), produtos cárneos podem, também, ter os benefícios da atmosfera modificada com CO. Por exemplo, embalagem com

1% de CO e 99% de N₂, estabiliza a cor de mortadela fatiada, indicando que há ligação entre CO e mioglobina desnaturada, e essa concentração de CO é insuficiente para causar algum dano à saúde do consumidor.

2.5.2. Efeito toxicológico

A formação da carboxiemoglobina e o aparecimento de sinais e sintomas clínicos dependem, principalmente, da concentração do monóxido de carbono no ar, do tempo de exposição, do tipo de atividade física e da susceptibilidade individual. Os efeitos do monóxido de carbono estão diretamente relacionados com a concentração de carboxiemoglobina no sangue e com o grau de hipoxia ou anoxia tissular (THOM, 1990; MALHEIRO, 1991).

Segundo a Organização Mundial de Saúde (1987), citada por SØRHEIM et al. (1997), a ação do CO ocorre primeiramente no transporte de oxigênio, levando a uma redução deste elemento nos tecidos. Em humanos, o efeito pode manifestar-se nos sistemas cardiovascular e nervoso e no embrião.

De acordo com Roses (1985), citado por MALHEIRO (1991), a exposição a concentrações elevadas de CO pode levar à perda da consciência quase que instantaneamente. Concentrações de 10.000 a 40.000 ppm de CO levam à morte em poucos minutos, e acima de 50.000 ppm pode ocorrer morte por arritmia cardíaca antes do aumento significativo da carboxiemoglobina no sangue (Quadro 1).

Conforme Smith e Landaw (1978), citados por MALHEIRO (1991), indivíduos que são repetidamente expostos ao CO podem desenvolver mecanismos de compensação semelhantes àqueles submetidos à hipóxia decorrente de altitudes elevadas.

Segundo Tappel et al. (1954), citados por EL-BADAWI et al. (1964), a ingestão de carne tratada com CO libera o composto dentro do trato gastrointestinal e este é absorvido pela hemoglobina sangüínea, e esta absorção provocaria apenas 0,7% de saturação. Para provocar algum dano temporário no indivíduo seria necessária uma saturação de 10% da

Quadro 1 – Tempo mínimo de exposição, em minutos, às diferentes concentrações de monóxido de carbono no ar para o aparecimento de sinais e sintomas

Sinais e sintomas	Concentração de CO no ar (ppm)						
	200	500	800	1600	3200	6400	12800
Dor de cabeça	50 a 180	20 a 120	45	20	5 a 10	1 a 2	
Tontura e náusea		20 a 120	45	20	5 a 10	1 a 2	
Perda da consciência			120	120	30	15	1 a 3
Morte				120	30	15	1 a 3

Fonte: MALHEIRO, 1991.

hemoglobina no sangue. Esses autores relataram também que o gás CO não é acumulado no organismo, uma vez que é liberado pelos pulmões, devido à elevada pressão de oxigênio.

CAPÍTULO 1

ESTABILIDADE QUÍMICA, TEOR DE FERRO E COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DE MORTADELAS ADICIONADAS DE SANGUE FRESCO E SANGUE TRATADO COM CO

1. INTRODUÇÃO

A utilização de sangue animal para o consumo humano apresenta vantagens de ordem econômica, nutricional e ambiental, uma vez que permite a utilização de 2,5 a 12 kg adicionais de matéria-prima rica em proteína (em percentual similar ao da carne) e ferro (cerca de 10 vezes mais que a carne), de baixo custo (U\$ 0,19/Lt), que é usualmente lançada nos efluentes industriais, aumentando a DBO dos cursos d'água (WISMER-PEDRESEN, 1979, DILL, 1976; GORBATOV, 1988).

Todavia, a sua utilização pode vir a causar problemas de segurança e conservabilidade nos produtos curados aos quais venha a ser adicionado, por ser, potencialmente, capaz de interferir na oxidação de lipídios e no teor de nitrito residual destes produtos (GOVINDARAJAN e HULTIN, 1977; PEARSON et al. 1977; TOMPKIN, 1979; VERMA et al., 1985; ARAÚJO e MIDIO, 1989; MILLER e MENICHILLO, 1991; CAMMACKA et al., 999).

Entretanto, a complexação da hemoglobina do sangue com monóxido de carbono gera um composto de maior estabilidade química (ANTONINI e BRUNORI, 1971; NAS 1977; GIDDINGS, 1977; LANIER, 1978; FONTES, 1999), tornando possível que o aproveitamento de sangue desta forma possa manter a qualidade dos embutidos aos quais venha a ser adicionado.

Com base nos fatos anteriormente mencionados, este trabalho teve por objetivo verificar os efeitos da adição de sangue, em diferentes níveis, tratado ou não com monóxido de carbono, sobre a oxidação de lipídios e o nível residual de nitrito, bem como avaliar o teor de ferro e a composição centesimal de mortadelas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Obtenção e tratamento do sangue

O sangue utilizado no experimento foi obtido pelo abate de suínos no abatedouro Novo Suíno – Viçosa/MG. Após o atordoamento dos animais, o sangue foi assepticamente coletado em um sistema fechado, para evitar a possível contaminação proveniente de narinas, trato intestinal, pele e água de lavagem. Sangrou-se o animal na região do pescoço com uma faca comum de aço inoxidável e, em seguida, introduziu-se uma faca côncava ("faca vampiro") até atingir a artéria jugular. A faca estava ligada a um recipiente coletor inoxidável por meio de uma mangueira plástica atóxica e higienizável. A seguir, adicionou-se um anticoagulante (citrato de sódio 0,5% em relação ao volume de sangue), o qual foi homogeneizado com o sangue por um sistema de agitação acoplado ao recipiente coletor (CALDIRONI e OCKERMAN, 1982; WISMER-PEDERSEN, 1979).

O sangue foi, então, refrigerado a 3-4°C por cerca de quatro horas, quando se deu início à fase seguinte, conduzida nos laboratórios do Departamento de Tecnologia de Alimentos (DTA) da UFV. O monóxido de carbono foi bombeado diretamente no sangue, com ajuda de um sistema provido de agitação mecânica, até que o gás saturasse totalmente a hemoglobina, tomando-se todos os cuidados necessários a fim de evitar possíveis problemas pela sua inalação, conforme estabelecido por FONTES

(1999) (16 minutos, a um fluxo de 1L CO/min, para 4 L de sangue) para garantir 100% de saturação/HbCO.

Uma parte do sangue assim tratado foi atomizada em secador “spray-dryer” (*in let* 180-185°C e *out let* 80-85°C), obtendo-se o sangue desidratado (KNIPE, 1988; FONTES, 1999). Outra parte foi mantida refrigerada (3-4°C) até sua utilização posterior (elaboração das formulações de mortadela).

2.2. Processamento das mortadelas

Foram formuladas mortadelas com níveis crescentes (0, 5, 10, 15 e 20%) de substituição de carne por sangue não-tratado (SNT), sangue líquido tratado com monóxido de carbono (SLT) e sangue líquido tratado com monóxido de carbono desidratado e reconstituído (STDR), formulados em três repetições.

As matérias-primas (carne, toucinho) chegavam cinco dias antes da produção das mortadelas, quando então eram moídas e congeladas. No dia anterior ao processamento, transferia-se a carne e o toucinho do freezer para a geladeira, a fim de promover o seu descongelamento. A técnica de elaboração dos embutidos foi aquela sugerida pelo boletim técnico da ADICON (199-), tomando-se cuidados (adição de gelo, uso de matéria-prima a - 3°C, etc.) para não se exceder a temperatura crítica (16°C) no preparo da massa de emulsão. As mortadelas foram formuladas considerando carne de 2º (dianteiro bovino - paleta, acém e,ou, músculo), toucinho e sangue como 100% da formulação; os demais ingredientes foram adicionados em relação ao peso destes, nas mesmas proporções para o controle (sem adição de sangue) e os tratamentos, conforme segue:

T1 – Controle - 70% de carne do dianteiro bovino;

T2 a T4 – 65% de carne do dianteiro bovino, mais 5% de SNT (T2), SLT (T3) ou STDR (T4);

T5 a T7 – 60% de carne do dianteiro bovino, mais 10% de SNT (T5), SLT (T6) ou STDR (T7);

T8 a T10 – 55% de carne do dianteiro bovino, mais 15% de SNT (T8), SLT (T9) ou STDR (T10);

T11 a T13 – 50% de carne do dianteiro bovino, mais 20% de SNT (T11), SLT (T12) ou STDR (T13);

Toucinho em cubos - 10%;

Toucinho na massa - 20%.

Em relação aos ingredientes cárneos:

Sal refinado: 2,3%

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

Fécula de mandioca: 5,0%

Água/gelo: 20%

Temperex M DAL4-200: 0,3%

Sal de cura (Curag): 0,35%

Fixador de cor (Newcor): 0,25%

Emulsificante de gorduras (Adifós): 0,25%

No preparo das mortadelas, a adição dos ingredientes no *cutter* obedeceu à seguinte seqüência: a) colocaram-se carne picada resfriada (2°C), gelo e sangue (exceto controle) no *cutter* (Mainca, MD-40 BL); b) iniciou-se a cuterização e adicionou-se, o mais rápido possível, o emulsificante de gorduras, batendo por cerca de 30 seg, para a sua incorporação; c) adicionou-se, então, o sal e cuterizou-se por outros 30 seg; em seguida, acrescentaram-se, na ordem, sal de cura, fécula de mandioca e PTS (previamente triturada em liquidificador) e cuterizou-se até que a temperatura da massa atingisse de 7 a 10°C, quando, então, foram adicionados o toucinho (triturado e resfriado) e o fixador de cor; e d) cuterizou-se até que a temperatura da massa atingisse 16°C. Em seguida, retirou-se a massa do *cutter* e se lhe adicionou o toucinho em cubos, procedendo-se à sua mistura na massa emulsionada. Após o preparo das massas de mortadela, esta foi embutida em tripa de 63 mm de diâmetro (Nalobar APM 63 vermelho, marca Kalle Nalo), utilizando uma embutideira hidráulica (Mainca EM – 25) acoplada de um funil de calibre de 28 mm, de forma a obter mortadelas de 500-600 gramas. As mortadelas foram, então, cozidas em tacho com água aquecida, segundo a seguinte

programação, determinada em ensaios preliminares: 55°C/30 minutos, 65°C/30 minutos, 75°C/30 minutos e 85°C/30 minutos, até que a temperatura da massa atingisse 74°C (medida pela inserção de um termopar no centro da massa embutida de mortadela). Em seguida, aplicou-se-lhes o choque térmico, pela imersão das mortadelas em água e gelo (0°C) por 10 minutos, acondicionando-as, sob refrigeração, para posterior análise.

Para adição do STDR, fez-se o balanço de massa considerando 5% de umidade (determinado em ensaio preliminar) no sangue desidratado. A reconstituição do sangue foi feita pela adição da água, que foi retirada durante a desidratação. Assim, adicionava-se a água ao sangue, deixava-se em repouso por 5 min e, em seguida, agitava-se a solução. Essa operação era repetida até a completa solubilização do sangue.

2.3. Procedimentos analíticos

As mortadelas elaboradas foram avaliadas quimicamente, realizando-se análises do índice de TBA, teor de nitrito residual, ferro e composição centesimal (proteínas, lipídios, cinzas, umidade e carboidratos). Os índices de TBA e nitrito residual foram analisados quinzenal e semanalmente, respectivamente, durante 56 dias. Todas as análises foram realizadas em duplicatas.

2.3.1. Oxidação lipídica

Quinzenalmente, foi feita, em amostras das diferentes formulações, a análise do valor de TBA, segundo o método de Tarladgis (1960), conforme utilizado por GOMIDE (1992). Pesaram-se 10 g de amostra triturada e homogeneizada em triturador tipo Turrax (Marconi). Foram adicionados 0,2 mL de antioxidante BHT (0,03%), 50 mL de água destilada e \pm 1 mL de solução antiespumante A (Sigma), a fim de evitar formação de espuma durante o aquecimento e, conseqüentemente, refluxo da solução para o destilado. Triturou-se novamente em velocidade máxima do triturador por um minuto. Lavou-se o recipiente com 50 mL de solução de HCl (47,5 mL água + 2,5 mL

HCl 4 N), transferindo as amostras para um balão de fundo chato de 500 mL de capacidade, contendo cacos de porcelanas. Promoveu-se, então, a destilação deste conjunto em placa aquecedora (Sebelin TE-188), a mais ou menos 97°C, até coletar 50 mL de destilado. Tomaram-se 5 mL deste destilado em tubo de ensaio e adicionaram-se 5 mL de solução 0,02M de TBA. Os tubos de ensaio foram, então, submetidos a um banho de água em ebulição por 35 min. A seguir, foram resfriados em água corrente (~20°C), até que os tubos atingissem a temperatura ambiente. Procedeu-se, então, à leitura da absorvância a 530 nm em espectrofotômetro (Hitachi U-2001, série 9826-049). O valor de TBA, expresso em mg/kg, foi obtido multiplicando-se a absorvância por 7,8.

2.3.2. Determinação do teor de nitrito residual

O efeito da adição de sangue nas mortadelas sobre o teor de nitrito residual foi semanalmente quantificado, por um período de oito semanas, pela técnica descrita pela A.O.A.C. (1990). Pesaram-se 5 g de amostra triturada e homogeneizada em triturador tipo Turrax (Marconi). Adicionaram-se 40 mL de água destilada aquecida a 80°C. Agitou-se com bastão de vidro e transferiu-se para balão volumétrico de 250 mL de capacidade (para os tempos de 0 e 1 semana) ou para balão volumétrico de 100 mL de capacidade (para os tempos de 2 a 8 semanas). Adicionou-se então água quente (80°C) até se obter um volume de cerca de 180 mL e 80 mL, respectivamente. Este conjunto foi submetido a banho-maria ($90 \pm 5^\circ\text{C}$) por duas horas, sendo, então, resfriado em água corrente à temperatura ambiente. Completou-se o volume para 250 e 100 mL, respectivamente, e filtrou-se em papel-filtro qualitativo (Reagen). Tomou-se uma alíquota contendo entre 5 e 50 μg de NaNO_2 , em balão volumétrico de 50 mL de capacidade, adicionando 2,5 mL de reagente de sulfanilamida (3,33 g em 1 L de ácido acético 15%), e esperou-se 5 min, quando, então, se lhe adicionaram 2,5 mL de reagente de NED (n-naftol etilenodiamina, 1,33 g em 1 L de ácido acético 15%). Completou-se o volume e aguardou-se 15 min para se realizar a leitura da absorvância a 540 nm, em

espectrofotômetro (Hitachi U-2001, série 9826-049). A concentração de nitrito (NaNO_2) foi obtida através de uma curva-padrão.

2.3.3. Determinação de ferro

Para a análise de ferro, efetuada em duplicata para cada repetição de mortadela, ao final do experimento, as amostras de mortadela foram preparadas pela técnica de cinzas úmidas. Pesou-se 1 g de mortadela triturada, à qual se adicionaram 30 mL da mistura de ácido nítrico e ácido perclórico (3:1). Este conjunto foi aquecido em chapa de aquecimento acoplada com exaustor, de forma que a temperatura da solução permanecesse entre 170 e 190°C. Após eliminação da matéria orgânica (caracterizada por uma solução cristalina, transparente e exalando vapores brancos), adicionou-se-lhe 1 mL de ácido clorídrico 12 N, retornando ao aquecimento por 30 minutos. Em seguida, transportou-se a amostra digerida para um balão volumétrico de 25 mL, completando o volume com água deionizada. Esta solução foi mantida em frasco devidamente identificado, para posterior quantificação de ferro. Para quantificar o ferro das amostras, utilizou-se uma curva de calibração preparada a partir de uma solução-estoque de 1.000 ppm de ferro, preparada com solução-padrão (Fixanal Riedelriedel-de Haën), própria para absorção atômica. A leitura foi realizada em espectrofotômetro de absorção atômica com chama de ar e acetileno, utilizando-se comprimento de onda, fenda e EHT específicos para o ferro, conforme instruções de uso do aparelho (FERREIRA, 1999).

2.3.4. Determinação de proteínas

A concentração de proteína de cada repetição das mortadelas foi determinada em duplicata, ao final do experimento, pelo método micro Kjeldahl, descrito pela A.O.A.C. (1990). Pesaram-se 2 g da amostra em papel- manteiga; colocou-se em tubo de digestão, ao qual, então, se adicionaram 10 mL da mistura digestora-catalítica (ácido sulfúrico, selênio e sulfato de cobre). Os tubos foram levados ao bloco de digestão (Tecnal TE 040/25), procedendo-se

ao aquecimento a 50°C por 30 min. Então, gradativamente, elevou-se a temperatura até 350°C, deixando digerir até que a solução adquirisse uma coloração amarelada transparente. Depois de resfriar (dentro da capela), adicionou-se 1 mL de H₂O₂ 30%. Em seguida, retornaram-se os tubos ao bloco digestor e deixou-se em aquecimento a 300°C por mais 30 min. Ao final deste tempo as amostras apresentavam coloração verde-cristalina e foram destiladas em destilador de nitrogênio (Tecnal TE 36/1) até se recolher cerca de 150 mL de destilado em um erlenmeyer de 250 mL, contendo 25 mL da solução indicadora (ácido bórico 4% + indicador de Tashiro). O conteúdo deste erlenmeyer foi titulado com solução de HCl 0,1N de fator conhecido, até a viragem de cor (verde para violeta). O fator utilizado de conversão do nitrogênio total em proteína foi 6,25.

2.3.5. Determinação da umidade

O teor de umidade de cada repetição das mortadelas foi avaliado em duplicata, ao final do experimento, pelo método de secagem em estufa até peso constante (A.O.A.C., 1990). Pesaram-se 5 g da amostra em placa de Petri previamente pesada e levou-se este conjunto para estufa (Fanem modelo 315 SE) a 105°C até peso constante. Em seguida, as placas de Petri foram resfriadas em dessecador até a temperatura ambiente e, então, pesadas.

2.3.6. Determinação de lipídios

O teor de lipídios de cada repetição das mortadelas foi avaliado em duplicata, ao final do experimento, pelo método intermitente de Soxhlet modificado (A.O.A.C., 1984). Pesaram-se, em béquer de 500 mL, de 3,0 a 3,5 g de amostra que tivesse de 200 a 300 mg de lipídio. Em seguida, adicionaram-se 50 mL de água fervente e 60 mL de HCl 8N. Este conjunto foi fervido, sobre a superfície de um bloco digestor de proteínas regulado para 300°C, por 15 min. Imediatamente após esta fervura, filtrou-se em papel-filtro qualitativo (Reagen). O papel-filtro foi colocado num cartucho de celulose de

26 mm x 60 mm (Whatman) e levado para estufa a 105°C por um período de 12 horas, após o que foi colocado em extrator de Soxhlet, para extração de gordura remanescente. O filtrado foi colocado em funil de separação (500 mL) com 150 mL de éter de petróleo. Após agitação e separação das fases, colocou-se a fração lipídica (lipídio + éter de petróleo) em balão de fundo chato (250 mL) previamente pesado. Acoplou-se este balão ao extrator de Soxhlet que continha o cartucho e o papel-filtro. O conjunto (balão + extrator) sofreu refluxo por quatro horas com éter de petróleo P.A. Após o refluxo, os balões foram levados para estufa (Fanem 315 SE) a 105°C, até evaporação do éter de petróleo remanescente. Os balões foram, então, resfriados em dessecador com sílica-gel e pesados. Esta operação (evaporação na estufa e resfriamento no dessecador) foi repetida até se obter peso constante.

2.3.7. Determinação de cinzas

A avaliação de cinzas de cada repetição das mortadelas foi realizada em duplicata ao final do experimento, seguindo a metodologia descrita pela A.O.A.C. (1990). Pesaram-se 5 g da amostra em cadinho previamente pesado. Em seguida, carbonizou-se em bico de Bunsen até que a amostra se apresentasse enegrecida. Resfriou-se o cadinho e adicionou-se-lhe 1 mL de peróxido de hidrogênio 30%. A seguir, repetiu-se a carbonização até cessar a emissão de fumaça. Após, procedeu-se à incineração em mufla (Edgcon 7000 1P) a 550°C (até obtenção de cinzas brancas (± 8 horas)). Resfriaram-se os cadinhos em dessecador com sílica-gel, pesando-os em seguida.

2.3.8. Determinação de carboidratos

A porcentagem de carboidrato foi obtida pela diferença das análises de proteínas + umidade + cinzas + lipídios (A. A. C.C, 1962).

2.4. Delineamento estatístico

Os tratamentos foram dispostos em parcelas subdivididas, tendo nas parcelas os tipos de sangue (SNT, SLT e STDR), nas subparcelas os níveis de adição de sangue (5%, 10%, 15% e 20%) e nas subsubparcelas os tempos de 0, 14, 28, 42 e 56; e 0, 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49, 56 dias, para índice de TBA e teor de nitrito residual, respectivamente, no delineamento inteiramente ao acaso, com três repetições.

Os dados foram interpretados por meio de análise de variância e regressão. Para os fatores qualitativos, as médias foram comparadas utilizando-se o teste de Tukey, adotando o nível de 5% de probabilidade. Para os fatores quantitativos, os modelos foram escolhidos baseando-se no coeficiente de determinação e na significância dos coeficientes de regressão, utilizando o teste “t” e adotando-se o nível de 5% de probabilidade.

Para a comparação com o tratamento controle (sem adição de sangue), efetuou-se a análise de variância adotando um esquema de parcelas subdivididas, em que a parcela consistiu das combinações dos níveis de sangue com os três tipos de sangue utilizados mais o controle (3 tipos de sangue x 4 níveis de adição + 1 controle, constituindo os tratamentos 1 a 13), e a subparcela constituiu-se dos tempos, no delineamento inteiramente casualizado com três repetições. A média do controle (sem adição de sangue) foi comparada com as demais médias dos tratamentos, utilizando-se o teste de Dunnett a 5% de probabilidade.

Para as análises de teor de ferro e composição centesimal, os tratamentos foram dispostos em parcelas subdivididas, tendo nas parcelas tipos de sangue (SNT, SLT e STDR) e nas subparcelas os níveis de adição de sangue (5%, 10%, 15% e 20%), no delineamento inteiramente ao acaso, com três repetições. Os dados foram interpretados por meio de análise de variância e regressão. Os modelos foram escolhidos baseando-se na significância dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste de “t” de student, adotando o nível de 5% de probabilidade, e no coeficiente de determinação.

Na comparação do tratamento controle (sem adição de sangue) com os demais (combinações dos quatro níveis de sangue com os três tipos de sangue), efetuou-se a análise de variância, adotando um delineamento

inteiramente casualizado, com três repetições. A média do controle (sem adição de sangue) foi comparada com as demais médias dos tratamentos, utilizando-se o teste de Dunnett a 5% de probabilidade.

Todos os dados foram analisados pelo pacote estatístico SAEG 5.0.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Estabilidade lipídica e teor de nitrito residual

No Quadro 1 encontra-se o resumo da análise de variância para o valor de TBA e o teor de nitrito residual. Os resultados indicam que, na análise de variância, o valor de TBA não foi afetado pelos tipos e níveis de sangue ($P>0,05$), e sim pelo tempo ($P<0,05$). O teor de nitrito residual apresentou diferença significativa ($P<0,05$) nos tipos e níveis de sangue adicionados, bem como no tempo de estocagem.

De acordo com NAS (1977), a complexação de hemoglobina com monóxido de carbono gera um pigmento de cor e atividade química mais estável. Segundo LIVINGSTON e BROWN (1981), o estado de oxidação e o tipo de ligante associado ao átomo de ferro da mioglobina determinam a reatividade e cor deste pigmento.

Conforme vários autores (IGENE e PEARSON, 1979; CHEN et al., 1984; CROSS et al., 1987; LOVE, 1987; GRAY e PEARSON, 1987), a complexação de mioglobina com NO estabiliza as hemeproteínas, em especial o núcleo porfirínico, contra o calor, resultando em menor oxidação e desenvolvimento de WOF em carnes processadas.

Quadro 1 - Resumo da análise de variância do valor de TBA e nitrito residual das mortadelas adicionadas de diferentes tipos e níveis de sangue, avaliados no decorrer do tempo de estocagem, com seus respectivos coeficientes de variação

FV	TBA		Nitrito residual	
	GL	QM	GL	QM
TS	2	0,0885 ^{ns}	2	543,4310*
Resíduo (a)	6	1,8539	6	86,7912
N	3	0,1229 ^{ns}	3	2799,353*
N x TS	6	0,4448 ^{ns}	6	86,7912 ^{ns}
Resíduo (b)	18	0,3674	18	328,8971
T	4	0,0733*	8	2217,281*
T x TS	8	0,0273 ^{ns}	16	101,3897 ^{ns}
T x N	12	0,0050 ^{ns}	24	63,0122 ^{ns}
T x N x TS	24	0,0071 ^{ns}	48	12,1522 ^{ns}
Resíduo (c)	96	0,0163	192	418,1052
CV Parcela (%)		252,69		46,68
CV Subparcela (%)		112,49		90,87
CV Subsubparcela (%)		23,72		102,46

ns – não-significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Segundo VERMA et al. (1985), hematina na forma férrica e hemoglobina desnaturada pelo calor (metaemoglobina) possuem maior atividade oxidante em modelos de emulsões cárneas que as suas formas não-oxidadas, e o COHb, por ser mais estável e manter o seu ferro heme na forma reduzida por mais tempo, é menos oxidante que os outros derivados da hemoglobina (O₂Hb e Hb). Estes resultados são confirmados por Greene e Price (1975), citados por LILLARD (1987), que ponderaram que o ferro heme tem de estar na sua forma reduzida (Fe⁺²) para se atrasar à oxidação em carnes curadas, sendo este um dos mecanismos de ação do nitrito em carnes.

FONTES (1999) observou que a descoloração de sangue tratado com monóxido de carbono foi inferior àquela do sangue não-tratado, o que indicaria menor oxidação, com formação de metaemoglobina (MetHb), da COHb que da Hb e O₂Hb. Conforme LIVINGSTON e BROWN (1981), metamioglobina (MetMb) é um complexo paramagnético que pode agir como catalisador de reações que envolvem radicais livres, como aquelas da oxidação lipídica, por induzir a quebra de hidroperóxidos. Segundo vários autores (IGENE et al., 1979; IGENE e PEARSON, 1979; SCHRICKER e MILLER, 1983; CHEN et al., 1984; ARAÚJO, 1999), o processo de cocção de carnes, em especial a cocção lenta, é responsável pela liberação de ferro da mioglobina, devido à clivagem do núcleo porfirínico, catalisando reações de oxidação. Assim, era de se esperar que as mortadelas formuladas com sangue não-tratado com CO apresentassem efeito diferenciado quanto à oxidação, já que, por ser menos estável que a COHb, a hemoglobina poderia, durante a cocção, liberar maior quantidade de ferro livre, que atuaria como catalisador de reações de oxidação (IGENE e PEARSON, 1979; IGENE et al., 1979; PEARSON et al., 1983).

Entretanto, como a quantidade de sangue utilizada neste experimento foi sempre elevada ($\geq 5\%$), a ausência de diferença nos valores de TBA (Quadro 1 e Figura 1A), pela adição de diferentes níveis de sangue às formulações de mortadela, era esperada, uma vez que, segundo OCKERMAN e HANSER (1988), altas concentrações de hemoglobina apresentam efeito inibidor sobre a oxidação lipídica.

Quando altas concentrações de hemoglobina estão presentes, a quantidade de ácido linoléico associado à hemoglobina aumenta; e quando mais de 77% do ácido linoléico está assim associado, aumenta-se o período de indução do processo oxidativo (PEARSON et al., 1977).

Segundo FOX e BENEDICT (1987), altas concentrações de hemoproteínas levam à formação de um complexo monolipídico com o grupo heme, minimizando a oxidação lipídica, enquanto baixas concentrações de hemoproteínas levam à formação de um complexo dilipídico, que desencadeia as reações de oxidação.

OELLINGRATH e SLINDE (1988) relataram que bolos de carne formulados com concentrações de sangue de até 2% apresentaram elevação

significativa de rancidez. Entretanto, níveis de sangue superiores a 2% tenderam a não produzir incrementos nesta rancidez. De acordo com estes autores, uma alta relação ácido graxo insaturado/heme apresenta efeito oxidante, ao passo que uma baixa relação gera efeito antioxidante.

A Figura 1 apresenta a evolução do valor de TBA durante o período de estocagem das mortadelas.

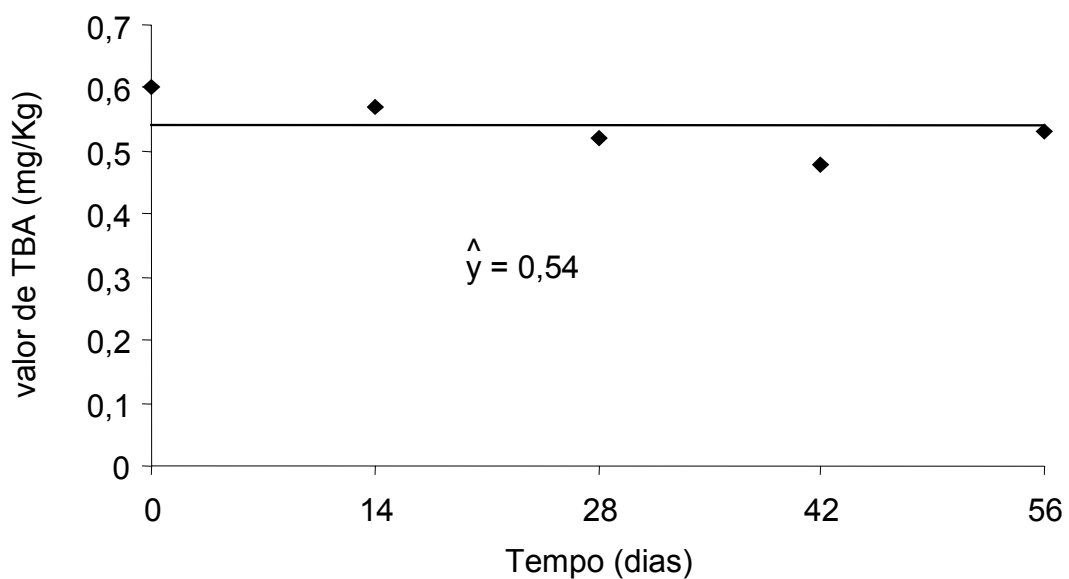


Figura 1 - Estimativa dos valores de TBA das mortadelas, formuladas com diferentes tipos de sangue, em função do tempo de estocagem.

Apesar de a análise de variância ter mostrado diferença ($P < 0,05$) nos valores de TBA em função do tempo de estocagem (Quadro 1), a análise de regressão (Figura 1) não detectou ($P > 0,05$) alteração no valor de TBA ($\hat{y} = 0,54$) em função do tempo. Este resultado sugere que os agentes redutores (nitrito e ácido ascórbico) presentes na mortadela impediram a oxidação da gordura nela presente. Outra possibilidade, em adição à mencionada, é de que as adições de níveis elevados ($> 5\%$) de sangue às mortadelas tenham, também, atuado como antioxidante, conforme anteriormente discutido.

No Quadro 2 encontram-se as médias dos valores de TBA da mortadela controle (sem adição de sangue) e das mortadelas formuladas com diferentes níveis e tipos de sangue.

Quadro 2 - Valores médios^a de TBA da mortadela controle (sem adição de sangue) e das mortadelas elaboradas com diferentes tipos e níveis de adição de sangue

Tipo e nível de sangue	TBA
Controle (sem adição de sangue)	0,62
STDR – 5%	0,67 ^{ns}
STDR – 10%	0,69 ^{ns}
STDR – 15%	0,39 ^{ns}
STDR – 20%	0,50 ^{ns}
SLT – 5%	0,66 ^{ns}
SLT – 10%	0,37 ^{ns}
SLT – 15%	0,32 ^{ns}
SLT – 20%	0,64 ^{ns}
SNT – 5%	0,38 ^{ns}
SNT – 10%	0,63 ^{ns}
SNT – 15%	0,67 ^{ns}
SNT – 20%	0,56 ^{ns}

ns – não-significativo a 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett ($P>0,05$).

^a – médias de 15 observações.

STDR - sangue tratado com CO desidratado e reconstituído.

SLT - sangue líquido tratado com CO.

SNT - sangue não-tratado.

O valor médio de TBA da mortadela controle não diferiu ($P>0,05$) daqueles de mortadelas formuladas com diferentes níveis e tipos de sangue, pelo teste de Dunnett, sugerindo que a adição de sangue não interferiu nos valores de TBA das mortadelas, o que encontra suporte nas discussões anteriores. A ausência de diferença em relação aos tratamentos que utilizaram SNT talvez possa ser explicada pela formação de complexos monolipídicos

entre o grupo heme e os lipídios, inviabilizando a iniciação e propagação do processo de oxidação.

Sendo o limiar de percepção do TBA igual a 1 mg malonaldeído/kg (GRAY e WEISS, 1988), a análise sensorial nas mortadelas, com provadores treinados, não detectaria rancidez, pois os valores máximos de TBA detectados ficaram abaixo de 0,7 mg/kg.

No Quadro 3 apresenta-se a média para o teor de nitrito residual nas mortadelas formuladas com diferentes tipos de sangue.

Quadro 3 - Teor de nitrito residual (mg/Kg) das mortadelas adicionadas de sangue

Tipos de sangue	Teor de nitrito residual
Sangue tratado com CO, desidratado e reconstituído	21,30 ^a
Sangue líquido tratado com CO	21,21 ^{a b}
Sangue líquido não-tratado	17,37 ^b

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Observa-se tendência de redução nos níveis residuais de nitrito das mortadelas em função da adição de SNT às formulações, embora a diferença só tenha existido entre os níveis de nitrito de mortadelas formuladas com SNT e STDR ($P < 0,05$).

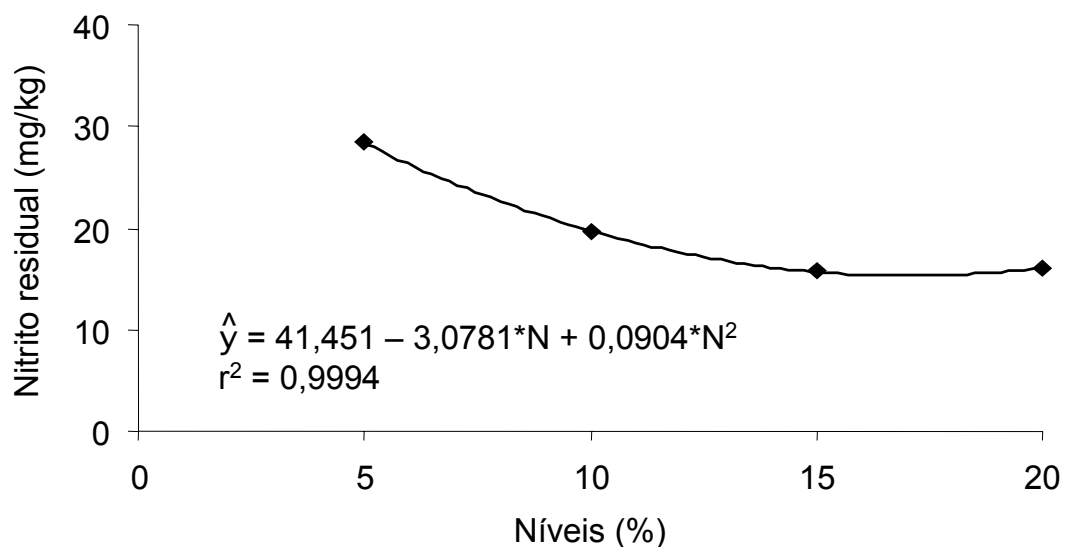
O comportamento das mortadelas formuladas com STDR e SLT pode ser explicado pela maior estabilidade da COHb em relação a O₂Hb, causada pela baixa velocidade de dissociação da COHb, o que dificulta a reação do óxido nítrico com a hemoglobina. Nas mortadelas formuladas com SNT há mais formação do pigmento nitroso-hemocromo, devido à susceptibilidade da hemoglobina e da O₂Hb ao ataque do óxido nítrico.

FONTES (1999) e WOLFE (1980) demonstraram que, devido à associação do CO com o ferro heme da mioglobina, o pigmento COHb é mais estável que a O₂Hb.

Segundo LIVINGSTON e BROWN (1981), o caráter diamagnético da COHb torna-a mais estável que a NOHb e que a MetHb, as quais apresentam característica paramagnética de associação do ligante ao ferro heme.

Os menores valores de nitrito residual nas mortadelas formuladas com SNT as tornam mais susceptíveis ao desenvolvimento do *Clostridium botulinum* e, conseqüentemente, à produção de sua toxina (MILLER e MENICHILLHO, 1991). No entanto, seus valores permaneceram acima de 10 mg/kg, o que é suficiente para o controle deste microrganismo (CASSENS, 1997b).

A Figura 2 mostra o comportamento do teor de nitrito residual nas mortadelas em função dos níveis de sangue adicionados em suas formulações.



* - significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Figura 2 - Estimativa do teor de nitrito residual (mg/kg) das mortadelas em função dos níveis de sangue.

A elevação da concentração de sangue levou à diminuição dos teores de nitrito residual das mortadelas, com mínimo em nível de 17,02% de adição de sangue.

Esse resultado é confirmado por TOMPKIN et al. (1978a), que verificaram que a adição de 1% de hemoglobina a carnes curadas enlatadas reduziu, após o cozimento, o nitrito residual em cerca de 25 µg, com conseqüente redução na inibição botulínica.

Segundo MILLER e MENICHILLO (1991), embutidos curados de carne bovina elaborados com a adição de sangue, ou suas frações, de modo a gerar teores de ferro total acima de 30 µg/g, interferiram na eficácia antibotulínica do nitrito. Isto poderia representar risco para a utilização de sangue na formulação de embutidos cárneos adicionados de sangue.

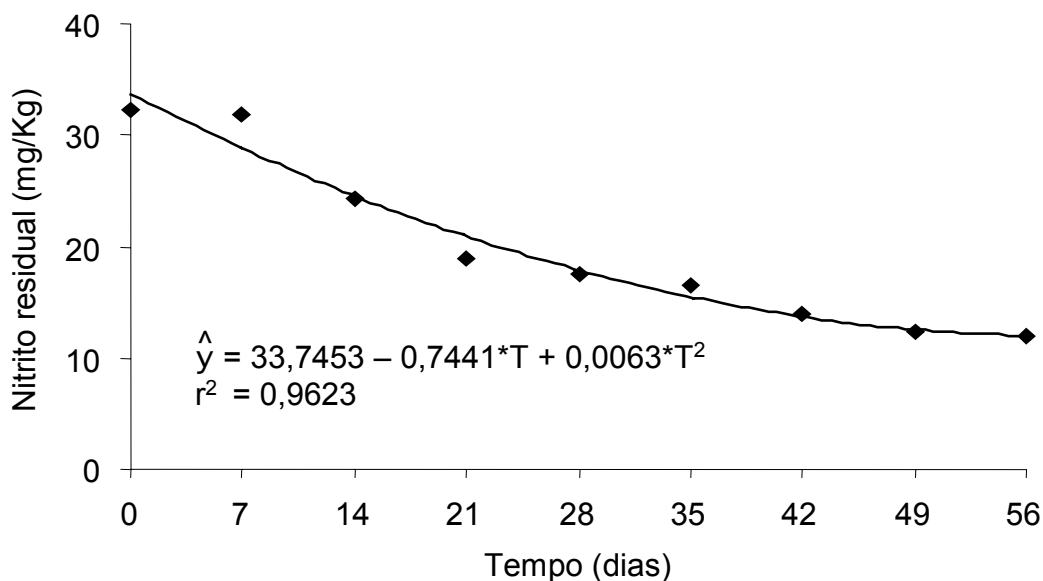
Entretanto, mesmo com 20% de substituição de carne por sangue na formulação das mortadelas, os níveis residuais de nitrito foram superiores àquele (10 ppm) citado por CASSENS (1997b) como crítico para o controle de *C. botulinum* em produtos cárneos.

A Figura 3 apresenta o comportamento do teor de nitrito residual durante o período de estocagem.

O valor do nitrito residual das mortadelas no primeiro dia foi muito inferior aos 385 mg/kg adicionados às formulações. Esse fato pode ser explicado pela rápida depleção do nitrito durante o processamento e cozimento das mortadelas e pela alta taxa de conversão da oxiemoglobina em nitroso-hemoglobina, que é acelerada pelo ácido ascórbico adicionado à formulação.

MARASCA et al. (1998) estudaram a reação e os fatores que influenciam a formação e o rendimento da nitroso-hemoglobina e observaram que a conversão da hemoglobina em nitroso-hemoglobina foi inicialmente lenta, aumentando gradualmente, de forma a não detectar nitrito residual ao final de três dias.

PÉREZ-RODRIGUEZ et al. (1996, 1998) constataram que, após 12 dias de estocagem a 3°C, o nitrito residual de salsichas curadas com 250 mg/kg de nitrito de sódio reduziu, rápida e constantemente, para níveis próximos a 8-10 mg/kg após 18 dias, quando se estabilizou até 124 dias.



* - significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Figura 3 - Estimativa do teor de nitrito residual (mg/kg), nas mortadelas formuladas com sangue, em função do tempo de estocagem.

Segundo CASSENS (1997b), o nitrito residual dos produtos cárneos atinge aproximadamente 10 mg/kg ao final de 60 dias, período de validade típico de produtos cárneos curados. Assim, as mortadelas deste ensaio estariam dentro dos padrões recomendados quanto ao teor de nitrito residual.

No Quadro 4 encontram-se as médias dos valores do teor de nitrito residual da mortadela controle (sem adição de sangue) e daquelas formuladas com diferentes níveis e tipos de sangue.

Observa-se que a concentração de nitrito residual da mortadela controle não diferiu ($P > 0,05$) daquela dos demais tratamentos (níveis e tipos de sangue adicionados à formulação).

Supunha-se que as mortadelas formuladas com sangue líquido não-tratado, devido à maior reatividade da Hb e seus derivados (O_2Hb e $MetHb$), apresentassem maior consumo do nitrito adicionado, em especial quando formuladas com maiores níveis de adição de sangue, conforme observado ao se compararem os dados do Quadro 4 e da Figura 2. Entretanto, isto não se

Quadro 4 - Valores médios^a do teor de nitrito residual da mortadela controle (sem adição de sangue) e das mortadelas elaboradas com diferentes tipos e níveis de adição de sangue

Tipo e nível de sangue	Teor de nitrito residual
Controle (sem sangue)	33,30
STDR – 5%	29,31 ^{ns}
STDR – 10%	20,92 ^{ns}
STDR – 15%	16,72 ^{ns}
STDR – 20%	18,23 ^{ns}
SLT – 5%	28,78 ^{ns}
SLT – 10%	19,02 ^{ns}
SLT – 15%	19,12 ^{ns}
SLT – 20%	17,90 ^{ns}
SNT – 5%	27,07 ^{ns}
SNT – 10%	18,79 ^{ns}
SNT – 15%	11,61 ^{ns}
SNT – 20%	12,00 ^{ns}

ns – não-significativo a 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett.

^a – médias de 27 observações.

STDR – sangue tratado com CO desidratado e reconstituído.

SLT - sangue líquido tratado com CO.

SNT - sangue não-tratado.

comprovou, muito embora os valores de nitrito residual sejam bem inferiores (metade a um terço) àqueles do controle a partir de 10% de adição de SNT às mortadelas.

3.2. Teor de ferro nas mortadelas

O Quadro 5 apresenta o resumo da análise de variância para o teor de ferro das mortadelas adicionadas de sangue.

Quadro 5 - Resumo da análise de variância do teor de ferro das mortadelas adicionadas de diferentes tipos e níveis de sangue e seus respectivos coeficientes de variação

FV	GL	QM
TS	2	1,4749 ^{ns}
Resíduo (a)	6	206,2300
N	3	1223,652*
N x TS	6	77,2486 ^{ns}
Resíduo (b)	18	89,1247
CV Parcela (%)		11,88
CV Subparcela (%)		24,36

ns – não-significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Diferentemente da concentração de sangue adicionada ($P < 0,05$), os tipos de sangue não influenciaram ($P > 0,05$) o teor de ferro das mortadelas. Isto se explica pelo fato de que a quantidade de ferro incorporada à formulação independe do ligante associado ao grupo heme da Hb. Poderia haver diferença no teor de ferro livre em função deste fator, devido à estabilização do núcleo porfirínico gerada por alguns ligantes, como NO e CO (GIDDINGS, 1977; IGENE e PEARSON, 1979; LIVINGSTON e BROWN, 1981; CHEN et al., 1984; CROSS et al., 1987; LOVE, 1987; GRAY e PEARSON, 1987). Entretanto, o teor de ferro livre não foi avaliado neste experimento, apenas o ferro total.

O aumento no teor de ferro total com aumento nos níveis de adição de sangue é óbvio, já que o sangue contém, em média, 440 ppm de ferro contra 26 ppm de ferro da carne bovina (GORBATOV, 1988; OELINGRATH e SLINDE, 1985). Assim, 1% de substituição de carne por sangue na formulação das mortadelas causaria aumento na concentração de ferro na mortadela de 1820 $\mu\text{g}\%$ (18,2 $\mu\text{g}/\text{g}$) para 2109,8 $\mu\text{g}\%$ (21,098 $\mu\text{g}/\text{g}$).

A Figura 4 apresenta o efeito dos níveis de adição de sangue sobre os teores de ferro das mortadelas.

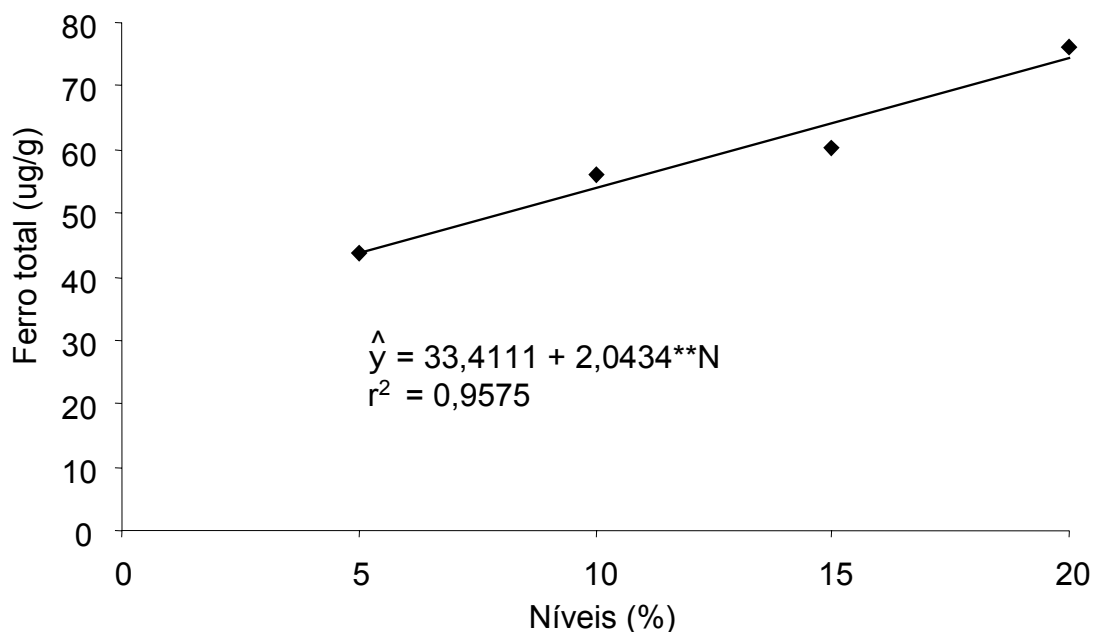


Figura 4 - Efeito da adição de níveis crescentes de sangue sobre o teor de ferro das mortadelas formuladas com sangue.

Observa-se que cada 1% de sangue adicionado à mortadela eleva a concentração de ferro em 2,0434 µg/g. Ao efetuar os cálculos para os diferentes níveis de adição, conforme anteriormente executado, nota-se coerência no comportamento dos dados, uma vez que, com base nestes cálculos e nos valores médios de ferro na carne e no sangue, esperava-se encontrar as seguintes concentrações de ferro nas mortadelas: 32,69; 47,18; 61,67; e 76,16 µg/g, para os níveis de substituição de carne por sangue de 5, 10, 15 e 20%, respectivamente.

Esses resultados mostram que a elaboração de mortadelas com sangue apresenta excelente potencial para a solução de anemia ferropriva, em especial das populações mais carentes, principalmente tendo em vista a excelente biodisponibilidade do ferro heme (WHITNEY e HAMILTON, 1987).

No Quadro 6 encontra-se a concentração média de ferro da mortadela controle (sem adição de sangue) e daquelas elaboradas com diferentes níveis e tipos de sangue.

Quadro 6 - Valores médios^a do teor de ferro da mortadela controle (sem adição de sangue) e das mortadelas elaboradas com diferentes tipos e níveis de adição de sangue

Tipo e nível de sangue	Teor de ferro
Controle (sem adição de sangue)	40,34
STDR – 5%	42,71 ^{ns}
STDR – 10%	55,45 ^{ns}
STDR – 15%	62,02 ^{ns}
STDR – 20%	74,33 [*]
SLT – 5%	42,70 ^{ns}
SLT – 10%	56,96 ^{ns}
SLT – 15%	59,53 ^{ns}
SLT – 20%	75,95 [*]
SNT – 5%	45,21 ^{ns}
SNT – 10%	55,38 ^{ns}
SNT – 15%	58,95 ^{ns}
SNT – 20%	78,26 [*]

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett ($P < 0,05$).

ns – não-significativo a 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett ($P > 0,05$).

^a – médias de três observações.

STDR - sangue tratado com CO desidratado e reconstituído.

SLT - sangue líquido tratado com CO.

SNT - sangue não-tratado.

Os resultados indicam que o teor de ferro da mortadela controle (sem adição de sangue) não diferiu ($P > 0,05$) daquele de mortadelas formuladas com os diversos níveis e tipos de sangue, pelo teste de Dunnett, exceto quando se utilizaram os níveis de 20% de todos os tipos de sangue.

Segundo SLINDE e MARTENS (1982), o sangue contém altos teores de ferro, e a utilização de 1% de sangue em produtos cárneos aumenta o conteúdo de pigmento (hemoglobina) em aproximadamente 1.500 $\mu\text{g/g}$, aumentando a disponibilidade de ferro.

Com base nos cálculos efetuados anteriormente, a concentração esperada de ferro total na mortadela controle deveria ser de cerca de 18,20 µg/g. Todavia, esse resultado não foi confirmado pela análise da mortadela controle, podendo ser explicado pela grande variação dos dados nas mesmas amostras, provavelmente em decorrência de possíveis diferenças na idade dos animais, efetividade da sangria ou tipo de corte de carne empregados na formulação das diversas repetições e, até mesmo, presença de olhadura em algumas das amostras analisadas.

3.3. Composição centesimal

No Quadro 7 encontra-se o resumo da análise de variância da composição centesimal das mortadelas formuladas com os diferentes tipos e níveis de sangue.

Quadro 7 - Resumo da análise de variância da composição centesimal das mortadelas adicionadas de diferentes tipos e níveis de sangue, com seus respectivos coeficientes de variação

FV	GL	QM				
		Proteínas	Lipídios	Umidade	Cinzas	Carboidratos
TS	2	0,1628 ^{ns}	6,7242 ^{ns}	3,0824 ^{ns}	0,0003 ^{ns}	8,1637 ^{ns}
Resíduo (a)	6	0,5136	5,5770	6,7753	0,0999	8,1199
N	3	0,0574 ^{ns}	8,5561 ^{ns}	0,4536 ^{ns}	0,0058 ^{ns}	5,1000 ^{ns}
N x TS	6	0,2749 ^{ns}	4,3556 ^{ns}	1,0782 ^{ns}	0,0088 ^{ns}	2,1306 ^{ns}
Resíduo (b)	18	0,2422 ^{ns}	5,3307 ^{ns}	2,1782 ^{ns}	0,0186 ^{ns}	7,1989 ^{ns}
CV P (%)		6,29	10,91	4,64	10,43	36,15
CV SP (%)		4,32	10,67	2,63	4,50	34,04

ns - não-significativo a 5% de probabilidade pelo teste F (P>0,05).
P e SP - parcelas e subparcelas, respectivamente.

Não houve ($P>0,05$) alteração da composição centesimal das mortadelas em função da utilização de sangue na sua formulação, o que se deve ao fato de o sangue apresentar composição semelhante à da carne, sendo inclusive conhecido como “a carne líquida”. Assim, a composição média das mortadelas é de: 11,41% de proteína; 21,61% de gordura; 55,90% de umidade; 3,03% de cinzas; e 8,05% de carboidrato.

No Quadro 8 encontra-se a composição centesimal (proteínas, lipídios, umidade, cinzas e carboidratos) da mortadela controle (sem sangue) e daquelas elaboradas com diferentes níveis e tipos de sangue.

Quadro 8 - Valores médios^a da composição centesimal da mortadela controle (sem adição de sangue) e das mortadelas elaboradas com diferentes tipos e níveis de adição de sangue

Tipo e nível de sangue	Médias				
	Proteínas	Lipídios	Umidade	Cinzas	Carboidratos
Controle (sem adição de sangue)	11,65	21,26	53,94	3,03	10,12
STDR – 5%	11,53 ^{ns}	21,95 ^{ns}	55,90 ^{ns}	3,04 ^{ns}	7,58 ^{ns}
STDR – 10%	11,39 ^{ns}	22,28 ^{ns}	54,90 ^{ns}	3,05 ^{ns}	8,37 ^{ns}
STDR – 15%	11,52 ^{ns}	20,19 ^{ns}	56,27 ^{ns}	3,04 ^{ns}	8,98 ^{ns}
STDR – 20%	11,61 ^{ns}	19,24 ^{ns}	55,76 ^{ns}	2,98 ^{ns}	10,4 ^{ns}
SLT – 5%	11,48 ^{ns}	22,58 ^{ns}	56,00 ^{ns}	3,05 ^{ns}	6,89 ^{ns}
SLT – 10%	11,44 ^{ns}	21,55 ^{ns}	55,84 ^{ns}	3,01 ^{ns}	8,17 ^{ns}
SLT – 15%	11,14 ^{ns}	24,75 ^{ns}	54,95 ^{ns}	3,00 ^{ns}	6,16 ^{ns}
SLT – 20%	11,09 ^{ns}	20,76 ^{ns}	56,53 ^{ns}	3,08 ^{ns}	8,53 ^{ns}
SNT – 5%	10,90 ^{ns}	21,94 ^{ns}	56,52 ^{ns}	3,03 ^{ns}	7,59 ^{ns}
SNT – 10%	11,17 ^{ns}	22,44 ^{ns}	57,04 ^{ns}	2,94 ^{ns}	6,42 ^{ns}
SNT – 15%	11,77 ^{ns}	21,45 ^{ns}	56,29 ^{ns}	3,06 ^{ns}	7,43 ^{ns}
SNT – 20%	11,58 ^{ns}	20,54 ^{ns}	56,72 ^{ns}	3,12 ^{ns}	8,05 ^{ns}

^a –médias de três observações.

STDR - sangue tratado com CO desidratado e reconstituído.

SLT - sangue líquido tratado com CO.

SNT - sangue não-tratado.

As médias da composição centesimal da mortadela controle não diferiram ($P > 0,05$), pelo teste de Dunnett, daquela de mortadelas formuladas com diferentes níveis e tipos de sangue, indicando que a adição de sangue não interfere na composição centesimal das mortadelas. Estes resultados confirmam a discussão anterior.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

Foram avaliados os valores de TBA e o teor de nitrito residual, durante 56 dias, em mortadelas com substituição de carne bovina por 5, 10, 15 e 20% de SNT, SLT e STDR.

Também se avaliaram a composição centesimal e o teor de ferro nestas mortadelas.

Constatou-se que os valores de TBA das mortadelas não foram influenciados ($P>0,05$) pelo tipo ou nível de sangue utilizado na sua formulação ou pelo tempo de estocagem destas e que eles sempre se apresentaram inferiores ao valor limiar de percepção de 1 mg/kg de malonaldeído.

Os valores de TBA da mortadela controle (sem adição de sangue) não diferiram ($P>0,05$) daqueles de mortadelas adicionadas de diferentes níveis e tipos de sangue.

O teor de nitrito residual da mortadela controle (sem adição de sangue) não diferiu ($P>0,05$) daquele das mortadelas adicionadas de diferentes tipos e níveis de sangue. Entretanto, os seus teores absolutos de nitrito residual chegaram a ser cerca de três vezes superiores àqueles de mortadelas adicionadas dos maiores níveis de sangue.

As mortadelas adicionadas de SNT apresentaram ($P<0,05$) menores teores de nitrito residual que aquelas formuladas com STDR. Não houve diferença ($P>0,05$) entre o teor de nitrito destas mortadelas e aqueles de mortadelas formuladas com SLT.

Independentemente do tratamento ou não do sangue com CO, observou-se ($P < 0,05$), até o nível de 17% de adição, relação inversa entre as concentrações de sangue adicionadas às formulações e os valores de nitrito residual das mortadelas, o que pode interferir no controle de *Clostridium botulinum*. No entanto, os menores teores observados de nitrito estão acima de 10 mg/kg, que é a concentração mínima normal das mortadelas comerciais, tida como necessária para o controle eficaz deste microrganismo.

Durante o período de estocagem estudado (56 dias), o teor de nitrito residual das mortadelas decresceu ($P < 0,05$) constantemente; todavia, jamais se apresentou abaixo do valor crítico (10 mg/kg).

O teor de ferro da mortadela controle (sem adição de sangue) só diferiu ($P < 0,05$) daqueles de mortadelas formuladas com 20% de substituição de carne por sangue, independentemente do tipo de sangue utilizado.

Os teores de ferro das mortadelas formuladas com sangue não diferiram ($P > 0,05$) em função do tipo de sangue utilizado. Entretanto, o aumento das concentrações de sangue nas formulações elevou ($P < 0,05$) o teor de ferro das mortadelas.

A adição de diferentes tipos e níveis de sangue não interferiu na composição centesimal das mortadelas, que permaneceram dentro dos padrões recomendados pelo RIISPOA (BRASIL, 1997), exceto quanto aos teores de carboidratos, que se apresentaram elevados.

CAPÍTULO 2

ESTUDO DA ESTABILIDADE DA COR DAS MORTADELAS

1. INTRODUÇÃO

A cor é um atributo que influencia de forma decisiva a preferência do consumidor ao adquirir um produto cárneo (KROPF, 1988), sendo um dos principais atributos que determinam a aceitabilidade de um alimento cárneo e dependente do tipo, das características e das condições de iluminação do produto (CARBALLO et al., 1991).

Apesar das potencialidades do sangue para sua utilização na alimentação humana, permanece uma restrição à utilização do sangue animal como ingrediente ou matéria-prima na indústria de alimentos, devido à coloração marrom que confere aos produtos (MARASCA et al., 1998). Segundo SLINDE e MARTENS (1982), a adição de sangue em embutidos acima de 5% torna os produtos de aparência desagradável.

Na tentativa de contornar problemas de escurecimento dos produtos fabricados com sangue, têm sido adotadas diversas medidas, nem sempre satisfatórias. Dentre estas, a mais utilizada tem sido a incorporação de uma das frações do plasma ou das células vermelhas do sangue, ou das duas, de

forma separada ou em diferentes quantidades, no mesmo produto (CALDIRONI e OCKERMAN, 1982).

Estudo conduzido por GUZMAN et al. (1995) mostrou que a incorporação de proteínas sangüíneas em almôndegas, nas concentrações de 1,5; 2,5; e 3,5% de plasma e de 0,5; 0,75; e 1,0% de células vermelhas, não altera a textura ou estabilidade de lipídios. No entanto, a alteração da cor nas almôndegas adicionadas de plasma era menor do que nas adicionadas de células vermelhas.

A adição de até 5% de sangue integral na formulação de salsicha mostrou que a cor torna-se escura à medida que se eleva a concentração de sangue e o produto é exposto à temperatura. A adição de 3,5% não interfere na qualidade do produto final, de acordo com avaliação por painel sensorial treinado (SLINDE e MARTENS, 1982). Segundo RUST (1988), a incorporação de sangue em embutidos cárneos em níveis superiores a 3% produz tonalidade escura indesejável, em oposição à cor rósea ou vermelha, que é desejável.

Entretanto, FONTES (1999) mostrou que a complexação de hemoglobina com CO produz um pigmento de cor mais agradável e estável. A diferença de cor entre o sangue fresco e o tratado com CO pode ser considerada como forte, possibilitando maior adição de sangue a produtos cárneos sem o comprometimento de sua cor, o que geraria um novo aporte protéico e férrico, além de diminuir problemas ambientais.

Com base nesses fatos, foram estudados os efeitos da adição de diferentes níveis de sangue sobre a cor (L^* , a^* , b^* e a diferença de cor - ΔE^*) de mortadelas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Colorimetria das mortadelas

A obtenção e o tratamento do sangue, assim como o processamento das mortadelas, estão descritos no capítulo 1.

A cor foi avaliada pela leitura, no sistema CIELAB (FONTES, 1999; STIEBING, 1990); e os valores de L^* , a^* e b^* , em aparelho ColorQuest II Sphere (HunterLab, Reston, VA) conectado a um computador provido do sistema Software Universal. No preparo das amostras para essa avaliação, retiraram-se as olhaduras das mortadelas e triturou-se a massa emulsionada, a qual foi colocada em cubeta de quartzo para leitura dos valores de cor, que foi feita no prazo máximo de uma hora após o preparo das amostras.

A média de cada valor de cor L^* (branco/preto), a^* (intensidade vermelho/verde) e b^* (intensidade amarelo/azul), para cada repetição, foi calculada a partir de leituras em quintuplicata, realizadas pela movimentação da cubeta na porta de reflectância, e tomando as leituras em cada uma das posições. A medida final de cada valor, para cada tratamento, foi determinada como uma média das três repetições.

As diferenças de cor (ΔE^*) entre as mortadelas adicionadas de SNT, SLT e STDR e a controle foram calculadas pela fórmula $\Delta E^* = (\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2})^{1/2}$, em que os valores de ΔL^* , Δa^* e Δb^* foram obtidos através da diferença entre os valores da amostra e os do controle (mortadela sem adição

de sangue) (ESTUDO DAS CORES, 19--). Uma segunda análise da ΔE^* comparou as amostras adicionadas de sangue com mortadela comercial (padrão).

2.2. Delineamento estatístico

Os tratamentos foram dispostos em parcelas subdivididas, tendo nas parcelas os tipos de sangue (SNT, SLT e STDR), nas subparcelas os níveis de adição de sangue (5%, 10%, 15% e 20%) e nas subsubparcelas os tempos de 0, 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49 e 56 dias, para L^* , a^* , b^* e ΔE^* , no delineamento inteiramente ao acaso, com três repetições.

Os dados foram interpretados por meio de análise de variância e regressão. No caso dos fatores qualitativos, as médias foram comparadas utilizando o teste de Tukey e adotando-se o nível de 5% de probabilidade. Para os fatores quantitativos, os modelos foram escolhidos baseando-se no coeficiente de determinação e na significância dos coeficientes de regressão, utilizando o teste “t” e adotando-se o nível de 5% de probabilidade.

Para comparação com o tratamento controle (sem adição de sangue), efetuou-se a análise de variância adotando-se um esquema de parcelas subdivididas, em que a parcela consistiu das combinações dos níveis de sangue com os três tipos de sangue utilizados mais o controle (3 tipos de sangue x 4 níveis de adição + 1 controle, constituindo os tratamentos 1 a 13) e a subparcela constituiu-se dos tempos, no delineamento inteiramente casualizado, com três repetições. A média do controle (sem sangue) foi comparada com as demais médias dos tratamentos, utilizando-se o teste de Dunnett a 5% de probabilidade.

Todos os dados foram analisados pelo pacote estatístico SAEG 5.0.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Quadro 1 apresenta o resumo da análise de variância dos valores de L^* , a^* , b^* e da diferença de cor (ΔE^*), das mortadelas formuladas com diferentes tipos e níveis de adição de sangue e tempo.

3.1. Avaliação de “ L^* ”

Observa-se que as mortadelas formuladas com diferentes tipos de sangue não apresentaram diferença significativa ($P > 0,05$) quanto ao valor de L^* . Verifica-se, também, que os valores de L^* foram influenciados ($P < 0,05$) pelo nível de adição de sangue e pela interação entre os tipos e níveis de sangue empregados. O tempo de estocagem das mortadelas apresentou diferença significativa ($P < 0,05$) para L^* (Quadro 1).

No Quadro 2 encontram-se as médias dos valores de L^* (luminosidade) de mortadelas formuladas com diferentes tipos e níveis de sangue, e a Figura 1 apresenta a evolução dos valores de L^* para cada tipo de sangue, em função dos níveis de sangue.

Verifica-se que, nos mesmos níveis de adição, os valores de L^* das mortadelas não diferiram ($P > 0,05$) em função do tipo de sangue empregado na formulação, ou seja, o tratamento do sangue com CO não fez com que os valores de L^* das mortadelas fossem afetados de forma positiva.

Quadro 1 - Resumo da análise de variância dos valores de cor L*, a*, b* e da diferença de cor (ΔE^*) para as mortadelas adicionadas de diferentes tipos e níveis de sangue, avaliados no decorrer do tempo de estocagem, com seus respectivos coeficientes de variação

FV	GL	QM			
		L*	a*	b*	ΔE^*
TS	2	11,7815 ^{ns}	164,8602*	0,1064 ^{ns}	8,2286 ^{ns}
Resíduo (a)	6	9,8354	52,6626	0,6811	107,8083
N	3	1652,660*	72,6763*	113,0268*	1624,053*
N x TS	6	2,6658*	17,8694*	0,8418 ^{ns}	2,3957 ^{ns}
Resíduo (b)	18	1,1150	6,3561	0,7443	1,5004
T	8	14,2277*	0,5799*	1,8044*	3,2610*
T x TS	16	0,9498 ^{ns}	0,7057*	0,4274*	0,9602 ^{ns}
T x N	24	0,4505 ^{ns}	0,2378 ^{ns}	0,1350 ^{ns}	0,4433 ^{ns}
T x N x TS	48	0,2694 ^{ns}	0,1262 ^{ns}	0,1517 ^{ns}	0,3144 ^{ns}
Resíduo (c)	192	0,7631	0,1872	0,1897	0,7174
CV Parcela (%)		7,27	65,26	8,33	69,59
CV Subparcela (%)		2,45	22,67	8,71	8,09
CV Subsubparcela(%)		2,02	3,89	4,40	5,5952

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

ns – não-significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Quadro 2 - Valores médios de L*(luminosidade) de mortadelas formuladas com diferentes tipos e níveis de sangue

TS	Níveis			
	5%	10%	15%	20%
STDR	48,53 ^a	43,86 ^a	41,07 ^a	38,64 ^a
SLT	49,79 ^a	44,19 ^a	41,19 ^a	38,85 ^a
SNT	48,82 ^a	43,96 ^a	40,34 ^a	38,78 ^a

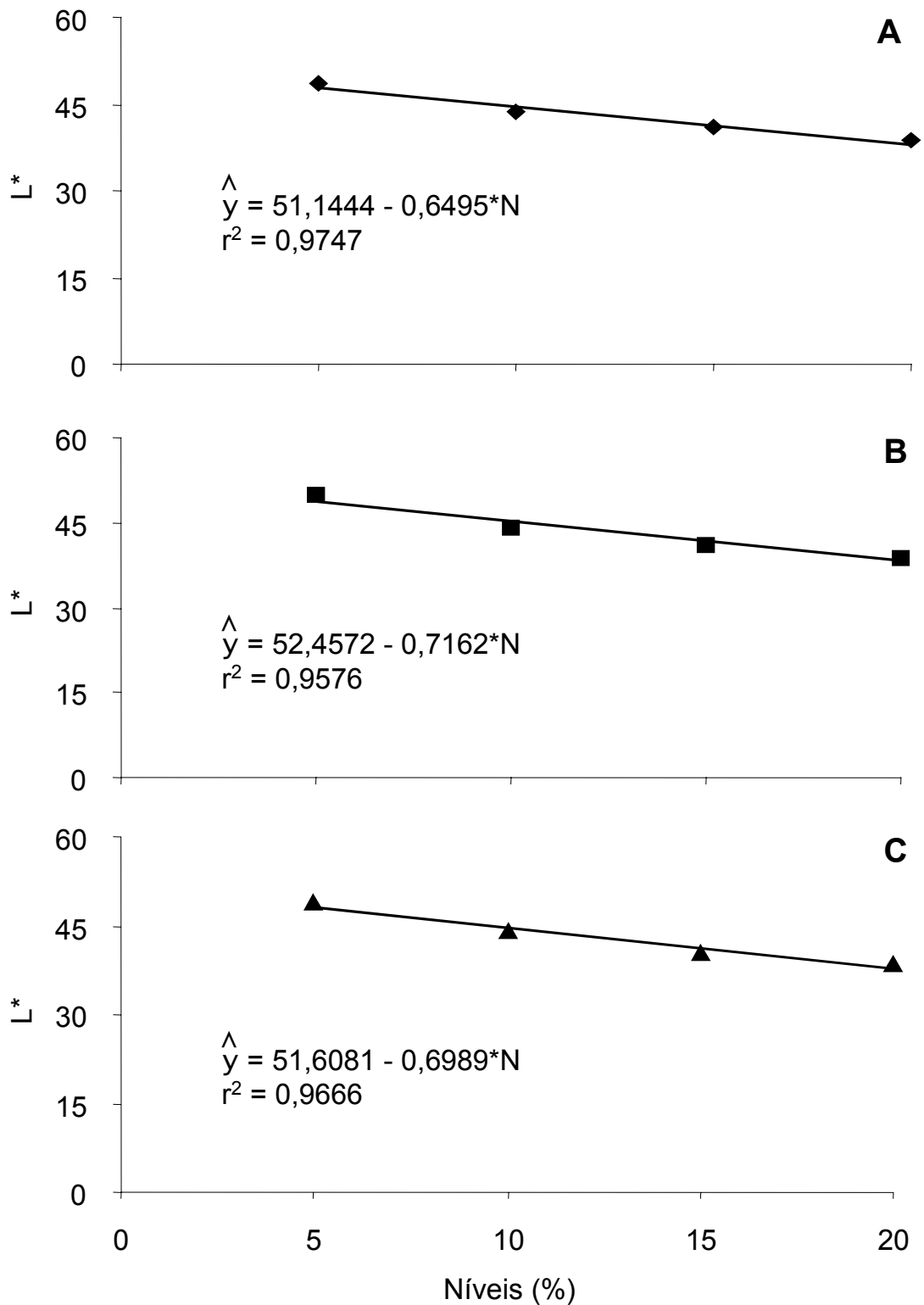
As médias seguidas de pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P>0,05).

TS – tipos de sangue.

STDR - sangue tratado com CO desidratado e reconstituído.

SLT - sangue líquido tratado com CO.

SNT - sangue não-tratado.



* - significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

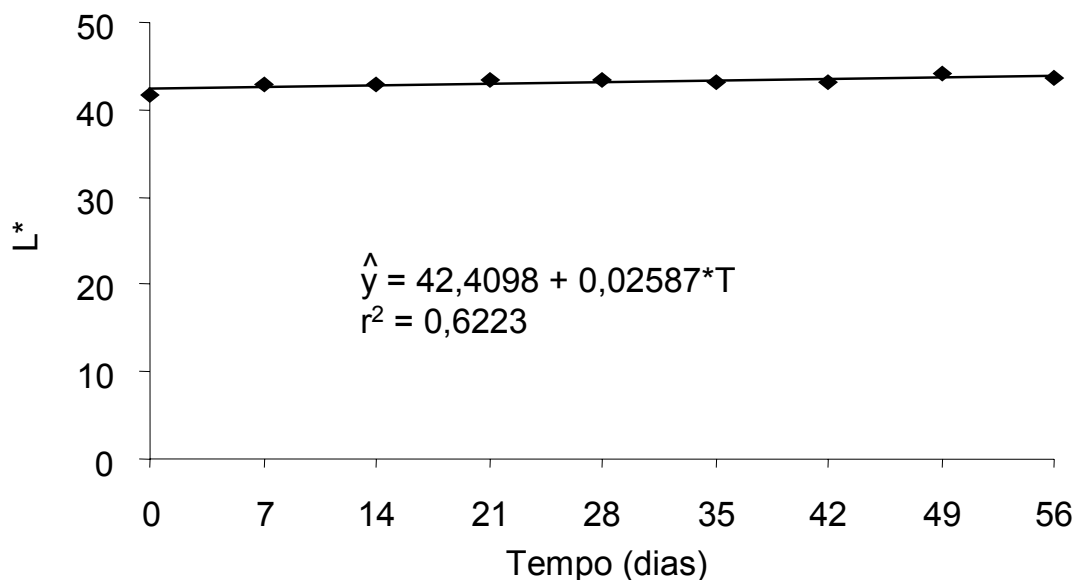
Figura 1 - Estimativa dos valores de L* (luminosidade), em mortadelas formuladas com cada tipo de sangue, em função dos diferentes níveis de adição. Sangue tratado com CO desidratado e reconstituído (a); sangue líquido tratado com CO (b); e sangue não-tratado (c).

FONTES (1999) demonstrou que os valores de L* do sangue tratado com CO eram superiores aos do sangue fresco. MIELINK e SLINDE (1983) também verificaram, sem especificar significância, pequena diferença nos valores de L* em embutidos formulados com sangue curado ou não-curado em todos os níveis de adição avaliados (1 a 7%).

Verifica-se que, para cada uma das diferentes mortadelas, a luminosidade decresce com o aumento nos níveis de adição de sangue ($P < 0,05$).

Esse resultado está de acordo com o relatado na literatura (SLINDE e MARTENS, 1982; MIELINK e SLINDE, 1983; OELLINGRATH e SLINDE, 1985; FERREIRA et al., 1994; GUZMÁN et al., 1995) para produtos cárneos diversos, formulados com adição de sangue.

A Figura 2 apresenta o comportamento dos valores de L* das mortadelas adicionadas de sangue durante a estocagem.



* - significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Figura 2 - Estimativa do valor de L* (luminosidade) das mortadelas formuladas com sangue, em função do tempo de estocagem.

A elevação dos valores de L* (P<0,05) durante o período de estocagem sugere descoloração das mortadelas, o que, provavelmente, denota decomposição dos pigmentos de cor, possivelmente com ruptura dos seus núcleos porfirínicos.

Esses resultados, entretanto, apresentam um comportamento dos valores de L* diferente daquele observado por FONTES (1999) durante a estocagem de amostras de sangue líquido tratado com CO, desidratado ou não. Contudo, deve ser ressaltado que as mortadelas continham outros ingredientes na sua formulação, como toucinho, carne, condimentos, PTS e amido, que podem interferir na cor do produto.

No Quadro 3 encontra-se a média dos valores de L* da mortadela controle (sem adição de sangue) e das mortadelas formuladas com diferentes tipos e níveis de adição de sangue.

Quadro 3 - Valores médios^a de L* (luminosidade) da mortadela controle (sem adição de sangue) e das mortadelas elaboradas com diferentes tipos e níveis de adição de sangue

Tipo e nível de sangue	L*
Controle (sem adição de sangue)	57,68
STDR – 5%	48,54 *
STDR – 10%	43,86 *
STDR – 15%	41,07 *
STDR – 20%	38,64 *
SLT – 5%	49,79 *
SLT – 10%	44,19 *
SLT – 15%	41,19 *
SLT – 20%	38,85 *
SNT – 5%	48,82 *
SNT – 10%	43,96 *
SNT – 15%	40,34 *
SNT – 20%	38,38 *

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett (P<0,05).

^a – médias de 27 observações.

STDR - sangue tratado com CO desidratado e reconstituído.

SLT - sangue líquido tratado com CO.

SNT - sangue não-tratado.

Os resultados mostram que a adição de sangue, independentemente do tipo, à formulação de embutidos leva à diminuição da intensidade de cor destes ($P < 0,05$), o que se explica pelo aumento na concentração de pigmentos (hemoglobina e seus derivados) neste embutido.

3.2. Avaliação de “a*”

Verifica-se (Quadro 1) que as mortadelas formuladas com diferentes tipos de sangue apresentaram diferenças quanto ao valor de a^* ($P < 0,05$). Observa-se, também, que os valores de a^* foram influenciados ($P < 0,05$) pelo nível de adição de sangue e pela interação entre os tipos e níveis de sangue utilizados. O tempo de estocagem das mortadelas e a sua interação com o tipo de sangue influenciaram ($P < 0,05$) os valores de a^* .

No Quadro 4 encontram-se as médias dos valores de a^* (intensidade de vermelho e verde) das mortadelas formuladas com os diversos tipos de sangue, em cada um dos níveis de sua adição.

Quadro 4 - Valores médios de a^* (intensidade de vermelho e verde) de mortadelas formuladas com diferentes tipos e níveis de sangue

Tipo de Sangue	Níveis			
	5%	10%	15%	20%
STDR	12,22 ^a	12,36 ^a	11,26 ^a	11,11 ^a
SLT	12,36 ^a	12,22 ^a	11,55 ^a	11,57 ^a
SNT	11,99 ^a	10,25 ^a	8,86 ^a	7,69 ^b

* Médias acompanhadas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

STDR - sangue tratado com CO desidratado e reconstituído.

SLT - sangue líquido tratado com CO.

SNT - sangue não-tratado.

Esses resultados mostram a ausência de diferença ($P > 0,05$) no índice de vermelho entre as mortadelas formuladas com os diversos tipos de sangue até um nível de adição de sangue de 15%. Com 20% de adição de sangue, entretanto, verifica-se que as mortadelas formuladas com SNT apresentam menor ($P < 0,05$) valor de a^* que aquelas formuladas com sangue que sofreu tratamento com CO (líquido ou desidratado). Estes resultados parecem indicar que as condições redutoras da formulação, especialmente em função da adição de ascorbato, são capazes de minimizar a oxidação dos pigmentos de cor (NOMb, COHb e, possivelmente, Hb) presentes nas mortadelas. Entretanto, ao se adicionar um excesso de Hb, os agentes redutores da formulação são insuficientes para evitar a sua oxidação, em função do processo de cozimento das mortadelas. Como o pigmento de COHb é mais estável que a Hb (NAS, 1977; LANIER et al., 1978; VERMA et al., 1985; LIVINGSTON e BROWN, 1991; FONTES, 1999), ele é menos dependente destes agentes redutores e o cozimento não é suficiente para causar sua oxidação mais expressiva, razão pela qual a diferença entre os diversos tipos de sangue fica mais aparente.

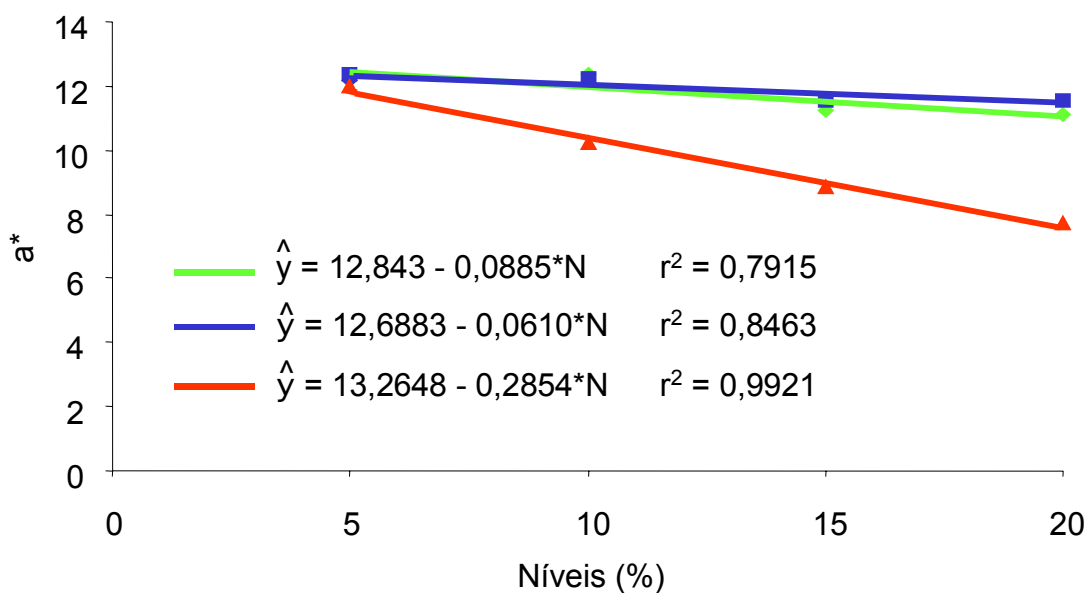
A maior percentagem de adição de sangue fresco, possivelmente, elevou as concentrações de MetHb, resultando na diminuição da intensidade da cor vermelha ou em menores valores de a^* .

A Figura 3 mostra o comportamento dos valores de a^* em função dos níveis de adição dos diversos tipos de sangue adicionados à mortadela.

Observa-se que os valores de a^* das mortadelas tendem a diminuir ($P < 0,05$) com o aumento nos níveis de adição de sangue nas suas formulações, principalmente quando se formularam mortadelas com sangue líquido não-tratado com CO.

MIELINK e SLINDE (1983) verificaram aumento nos valores de a^* de um embutido cárneo, aparentemente não-curado, com o aumento da adição de sangue, especialmente quando o sangue adicionado havia sido previamente curado. Entretanto, estes autores trabalharam com níveis de adição de sangue de no máximo 7 kg para cada 100 kg de massa.

OELLINGRATH e SLINDE (1985), comparando bolo de carne produzido com adição de 2% (2 kg em 100 kg de massa) de sangue (descongelado antes do uso), também verificaram aumento dos valores de a^* , quando comparado ao controle (sem adição de sangue).



* - significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Figura 3 - Estimativa dos valores de a^* (intensidade de vermelho e verde) em função dos níveis de adição de sangue nas mortadelas formuladas com sangue tratado com CO desidratado e reconstituído (♦), sangue líquido tratado com CO (■) e sangue não-tratado (▲).

Os dados apresentados por FERREIRA et al. (1994) mostram que os valores de a^* de um bolo de carne elaborado com carne de porco e frango aumentaram com o aumento na adição (0,5 a 4%) de eritrócitos à formulação, especialmente quando estes eritrócitos haviam sido previamente curados.

Estes trabalhos, aparentemente, contradizem aqueles do Quadro 4. No entanto, vale ressaltar que cada um destes autores trabalhou com produtos cárneos diferentes e níveis de adição de sangue bem inferiores aos do presente experimento.

Pelo Quadro 5, pode-se verificar que, comparando-se com o controle, os valores de a^* das mortadelas tendem a aumentar com a adição de sangue até o nível de 5% (faixa de adição semelhante àquelas utilizadas pelos autores anteriormente citados), mesmo quando se empregou sangue líquido não-tratado com CO.

Quadro 5 - Valores médios^a de a* (intensidade de vermelho e verde) do controle (sem adição de sangue) e das mortadelas elaboradas com diferentes tipos e níveis de adição de sangue

Tipo e nível de sangue	a*
Controle (sem adição de sangue)	9,20
STDR – 5%	12,22 ^{ns}
STDR – 10%	12,36 ^{ns}
STDR – 15%	11,26 ^{ns}
STDR – 20%	11,11 ^{ns}
SLT – 5%	12,36 ^{ns}
SLT – 10%	12,22 ^{ns}
SLT – 15%	11,54 ^{ns}
SLT – 20%	11,57 ^{ns}
SNT – 5%	11,99 ^{ns}
SNT – 10%	10,25 ^{ns}
SNT – 15%	8,86 ^{ns}
SNT – 20%	7,69 ^{ns}

ns – não-significativo a 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett ($P > 0,05$).

^a – médias de 27 observações.

STDR - sangue tratado com CO desidratado e reconstituído.

SLT - sangue líquido tratado com CO.

SNT - sangue não-tratado.

O fato de os valores de a* diminuírem com maiores níveis de SNT na formulação era esperado para as mortadelas formuladas com SNT: o pigmento de cor adicionado (Hb) não estava estabilizado pela ligação de nenhum elemento à sexta posição do átomo de ferro, o que o torna mais susceptível à oxidação pelo processo de cozimento com formação de MetHb, especialmente tendo em vista as considerações já abordadas na discussão dos resultados do Quadro 4.

Já para as mortadelas formuladas com os demais tipos de sangue (líquido e desidratado), em que os pigmentos presentes (COHb) são mais estáveis, esperava-se, à semelhança dos resultados relatados por outros

autores (MIELINK e SLINDE, 1983; FERREIRA et al., 1994), que houvesse incremento na intensidade de vermelho (valores de a^*) com o aumento dos níveis de adição, em especial quando se utilizou o STDR.

FONTES (1999) mostrou que os valores de a^* do sangue variam, em função do pH, de 5 a 11 para sangue líquido não-tratado com CO, de 14 a 16 para sangue líquido tratado com CO e de 18 a 19 para sangue tratado com CO e desidratado. No entanto, deve ser ressaltado que as mortadelas continham composição diferente da do sangue.

No Quadro 5 encontram-se as médias dos valores de a^* da mortadela controle (sem adição de sangue) e das mortadelas formuladas com diferente tipos e níveis de adição de sangue.

Verifica-se que o valor de a^* da mortadela controle (sem adição de sangue) não diferiu ($P>0,05$) daquele de mortadelas formuladas com diferentes tipos e níveis de adição de sangue.

Assim, parece que durante o processo de elaboração da mortadela favorecem-se condições que promovem desestabilização das hematinas a ela adicionadas, em especial o processo de cozimento e, possivelmente, a introdução de ar durante a coterização, o que faz com que haja certa conversão/oxidação destes pigmentos, com diminuição dos valores de a^* (intensidade de vermelho).

A Figura 4 apresenta o comportamento, durante a estocagem, dos valores de a^* das mortadelas elaboradas com os diversos tipos de sangue.

Verifica-se que os valores de a^* não variaram ($P>0,05$) durante a estocagem. Assim, os modelos $\hat{y} = 11,74$, $\hat{y} = 11,93$ e $\hat{y} = 9,70$ explicam o comportamento de a^* durante a estocagem, para as mortadelas formuladas com STDR, SLT E SNT, respectivamente.

De acordo com GIDDINGS (1977), LIVINGSTON e BROWN (1981) e CARBALLO et al. (1991), os pigmentos de COHb e NOHb são susceptíveis à oxidação e decomposição em presença de oxigênio e luz. Segundo LIVINGSTON e BROWN (1981), a NOHb é ainda mais susceptível de descoloração, quer pelo seu caráter paramagnético, contra o caráter diamagnético da COHb, quer pela menor estabilidade do NO, que, uma vez dissociado do ferro heme, reage com o oxigênio, oxidando-se a NO₂, o que não

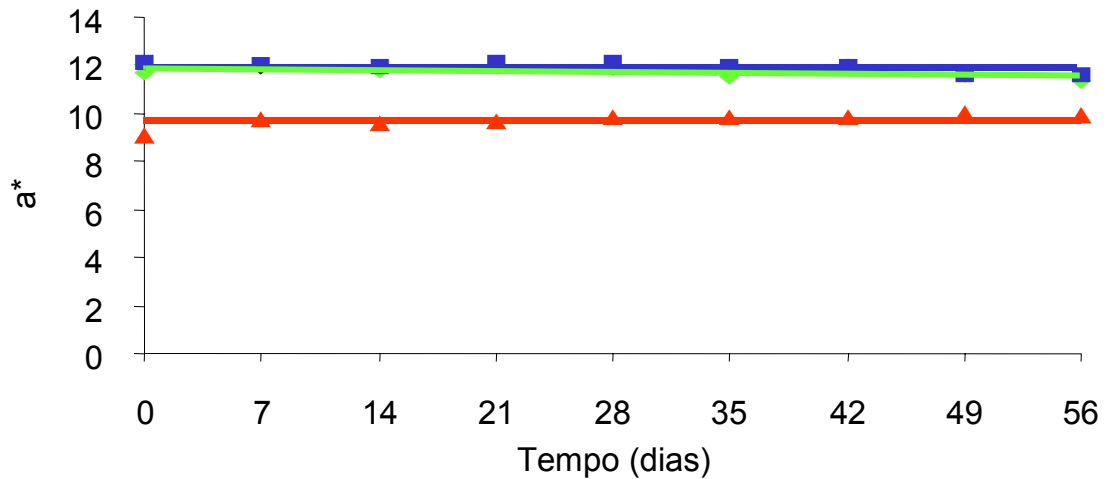


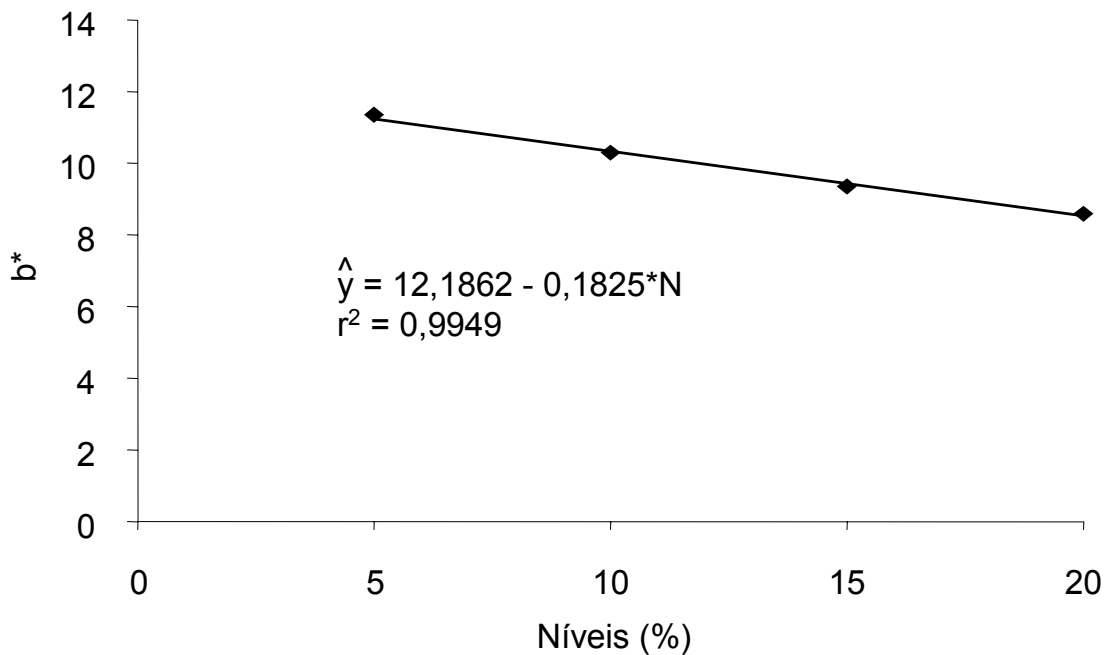
Figura 4 - Estimativa dos valores de a^* (intensidade de vermelho e verde) de mortadelas formuladas com sangue tratado com CO desidratado e reconstituído (◆), sangue líquido tratado com CO (■) e sangue não-tratado (▲), em função do tempo de estocagem.

ocorre com o CO, que volta a se ligar a Hb. Assim, era de se esperar uma alteração nos valores de a^* das mortadelas durante a estocagem. Entretanto, as mortadelas foram embutidas em embalagem de poliamida de 63 mm, opaca (cor vermelha), que impede o efeito oxidante da luz, o que, provavelmente, responde pela estabilidade dos pigmentos de cor no período de tempo estudado.

3.3. Avaliação de “ b^* ”

Observa-se (Quadro 1) que as mortadelas formuladas com diferentes tipos de sangue não apresentaram diferença significativa ($P > 0,05$) quanto ao valor de b^* . Verifica-se, também, que os valores de b^* das mortadelas foram influenciados ($P < 0,05$) pelo nível de adição de sangue. O tempo de estocagem, bem como a sua interação com o tipo de sangue, também influenciou ($P < 0,05$) os valores de b^* das mortadelas.

A Figura 5 apresenta o comportamento dos valores de b^* (intensidade de amarelo e azul) das mortadelas, em função dos níveis de sangue a elas adicionados.



* - significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Figura 5 - Estimativa do valor de b^* (intensidade de amarelo e azul) das mortadelas, em função dos níveis de sangue adicionados.

Os resultados indicam que o aumento dos níveis de sangue na formulação das mortadelas levou a um produto com menor intensidade de amarelo ($P < 0,05$), confirmando aqueles obtidos por OELLINGRATH e SLINDE (1985) e GUZMAN et al. (1995).

A Figura 6 mostra o comportamento, durante a estocagem, dos valores de b^* das mortadelas formuladas com os tipos de sangue.

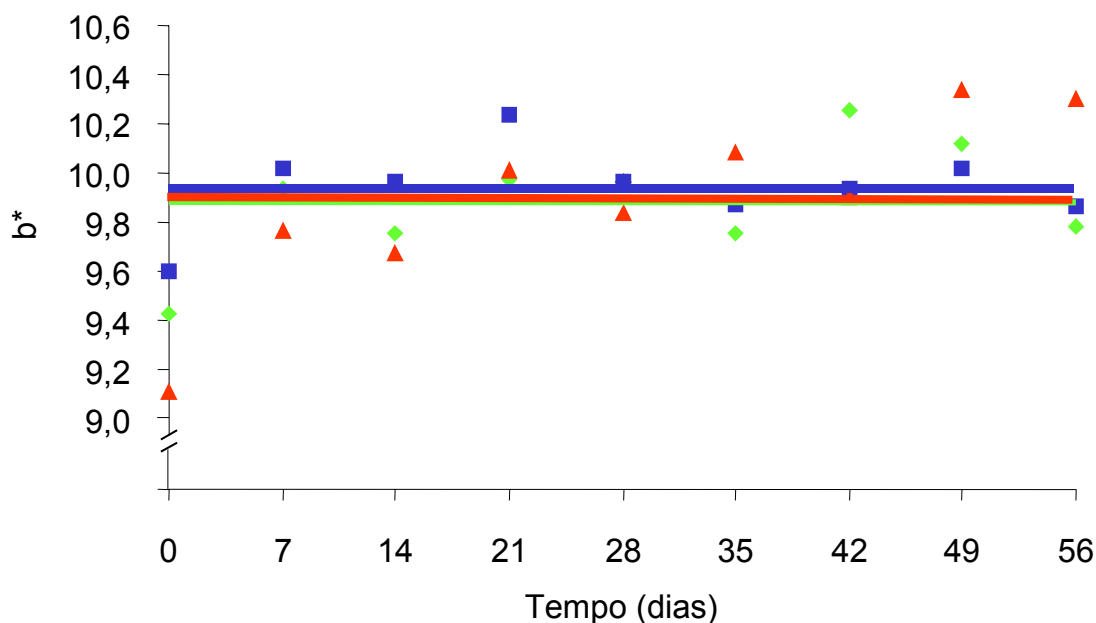


Figura 6 - Estimativa dos valores de b^* (intensidade de amarelo e azul) das mortadelas formuladas com sangue tratado com CO desidratado e reconstituído (◆), sangue líquido tratado com CO (■) e sangue não-tratado (▲), em função do tempo de estocagem.

Nota-se, também, a ausência de diferença (Quadro 1) entre os diversos tipos e concentrações de sangue adicionados às mortadelas, quanto aos valores de b^* destes produtos.

Embora a análise de variância (Quadro 1) dos valores de b^* tenha revelado diferença significativa para a interação do tipo de sangue usado com o tempo de estocagem das mortadelas, a análise de regressão dos dados não mostrou diferença significativa pelo teste "F" ($P > 0,05$), indicando não haver efeito do tempo no comportamento de b^* , para os respectivos tipos de sangue. Assim, os modelos $\hat{y} = 9,88$, $\hat{y} = 9,94$ e $\hat{y} = 9,89$ podem explicar o comportamento de b^* durante o período de estocagem, para as mortadelas formuladas, respectivamente, com STDR, SLT e SNT.

No Quadro 6 encontram-se os valores de b^* da mortadela controle (sem adição de sangue) e das mortadelas elaboradas com diferentes níveis e tipos de sangue.

Quadro 6 - Valores médios^a de b* (intensidade de amarelo e azul) da mortadela controle (sem adição de sangue) e das mortadelas elaboradas com diferentes tipos e níveis de adição de sangue

Tipo e nível de sangue	b*
Controle (sem adição de sangue)	12,88
STDR – 5%	11,45 ^{ns}
STDR – 10%	10,23 [*]
STDR – 15%	9,37 [*]
STDR – 20%	8,49 [*]
SLT – 5%	11,53 ^{ns}
SLT – 10%	10,23 [*]
SLT – 15%	9,28 [*]
SLT – 20%	8,73 [*]
SNT – 5%	11,06 ^{ns}
SNT – 10%	10,40 [*]
SNT – 15%	9,50 [*]
SNT – 20%	8,60 [*]

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

ns – não-significativo a 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett.

^a – médias de 27 observações.

STDR - sangue tratado com CO desidratado e reconstituído.

SLT - sangue líquido tratado com CO.

SNT - sangue não-tratado.

Os resultados mostram que, independentemente do tipo de sangue usado na sua formulação, o valor de b* da mortadela controle (sem adição de sangue) não difere ($P > 0,05$) daquele de mortadelas formuladas com até 5% de adição de sangue, mas diferiu significativamente ($P < 0,05$) do das mortadelas formuladas com níveis de 10, 15 e 20% de adição de sangue.

FERREIRA et al. (1994) relataram que a adição de até 4% de sangue curado líquido e curado cozido em produto cárneo emulsionado não provoca alterações relevantes nos valores de b*. O mesmo resultado foi relatado por OELLINGRATH e SLINDE (1985), ao comparar bolos de carne formulados com até 2% de adição de sangue com o controle (sem adição de sangue).

Os dados obtidos por FONTES (1999) mostram que os valores de b^* do sangue líquido fresco, sangue líquido tratado com CO e sangue tratado com CO desidratado são, respectivamente, de 2,33; 4,93; e 8,84, inferiores ao da mortadela controle. Assim, é de se esperar que, a partir de um maior nível de adição de sangue, os valores de b^* das mortadelas tendam a diminuir.

3.4. Avaliação da diferença de cor (ΔE^*)

Observa-se (Quadro 1) que as mortadelas formuladas com diferentes tipos de sangue não apresentaram diferença significativa ($P > 0,05$) e que os níveis de adição de sangue influenciaram ($P < 0,05$) a ΔE^* . O tempo de estocagem das mortadelas influenciou ($P < 0,05$) os valores de ΔE^* .

A Figura 7 apresenta a diferença de cor (ΔE^*) entre as mortadelas elaboradas com adição de diferentes níveis de sangue e o controle (sem adição de sangue).

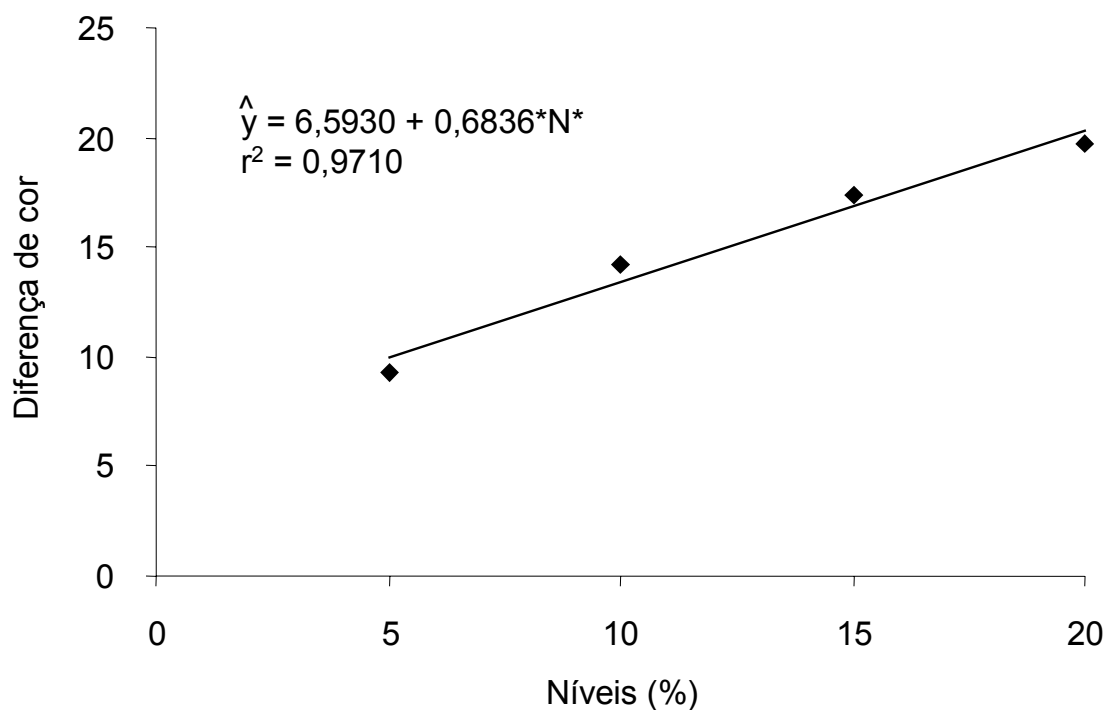
Verifica-se que a diferença de cor (ΔE^*) entre as mortadelas formuladas com sangue e a mortadela controle se torna mais acentuada ($P < 0,05$) com o aumento nos níveis de adição de sangue às mortadelas, o que é explicado pelo aumento da concentração de pigmentos nas mortadelas adicionadas de sangue, especialmente pelo seu efeito sobre os valores de L^* (MIELINK e SLINDE, 1983).

O ESTUDO DAS CORES (19--) relata uma classificação para a impressão de cores (Quadro 7).

Com base nesses dados, pode-se afirmar que a impressão inicial de cor entre as mortadelas adicionadas de sangue e o controle é classificada como forte, para todos os níveis de 5% de sangue, e muito forte, a partir dos demais níveis de adição de sangue.

FONTES (1999) mostrou que a diferença de cor era avaliada como forte para o sangue fresco e o tratado com CO desidratado. Esse resultado está de acordo com a classificação da concentração de 5% dos tipos de sangue utilizados neste trabalho.

A Figura 8 apresenta a análise de regressão da diferença de cor das mortadelas, em função do tempo de estocagem.



* - significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Figura 7 - Estimativa da diferença de cor das mortadelas, em função dos níveis de sangue.

Quando 7 - Avaliação da diferença de cor

Diferença de cor	Avaliação da diferença de cor
Até 0,2	Não perceptível
0,02-0,05	Muito fraco
0,5-1,5	Fraco
1,5-3,0	Claro
3,0-6,0	Muito claro
6,0-12,0	Forte
Acima de 12,0	Muito forte

Fonte: ESTUDO DAS CORES (199--).

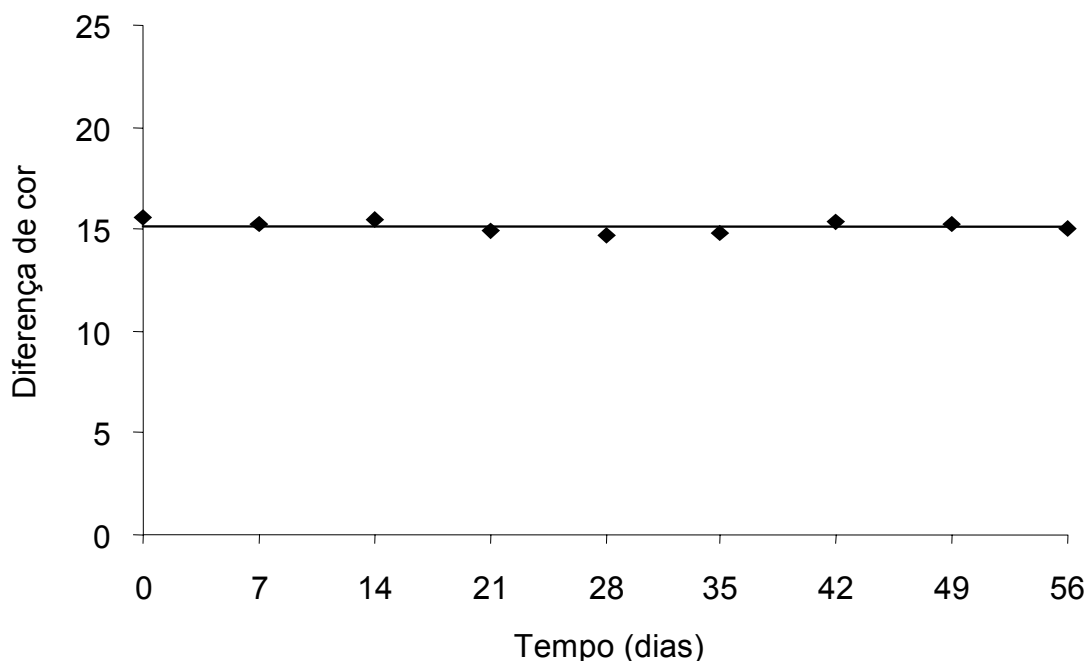


Figura 8 - Estimativa da diferença de cor das mortadelas formuladas com sangue, em função do tempo de estocagem.

Verifica-se que a ΔE^* entre as mortadelas formuladas com os diversos tipos de sangue e a mortadela controle (sem adição de sangue) não se alterou durante o período de estocagem, resultando no modelo $\hat{y} = 15,14$. Isto pode ser explicado pela ausência de variação no tempo dos valores de a^* e b^* e por uma variação pequena nos valores de L^* das mortadelas formuladas com os diversos tipos de sangue.

Considerando uma mortadela comercial como padrão para calcular a ΔE^* , das mortadelas adicionadas de diferentes níveis e tipos de sangue, obteve-se a mesma classificação para as mortadelas adicionadas de sangue, quando comparadas com o controle. Assim, os níveis de 5% são classificados como forte e de 10, 15 e 20% como muito forte em todos os tipos de adição de sangue.

A Figura 9 permite visualizar a real diferença de cor entre a mortadela controle (sem adição de sangue) e as mortadelas adicionadas dos diferentes níveis e tipos de sangue, bem como compreender melhor os resultados obtidos, especialmente as variações nos valores de L^* e a^* .

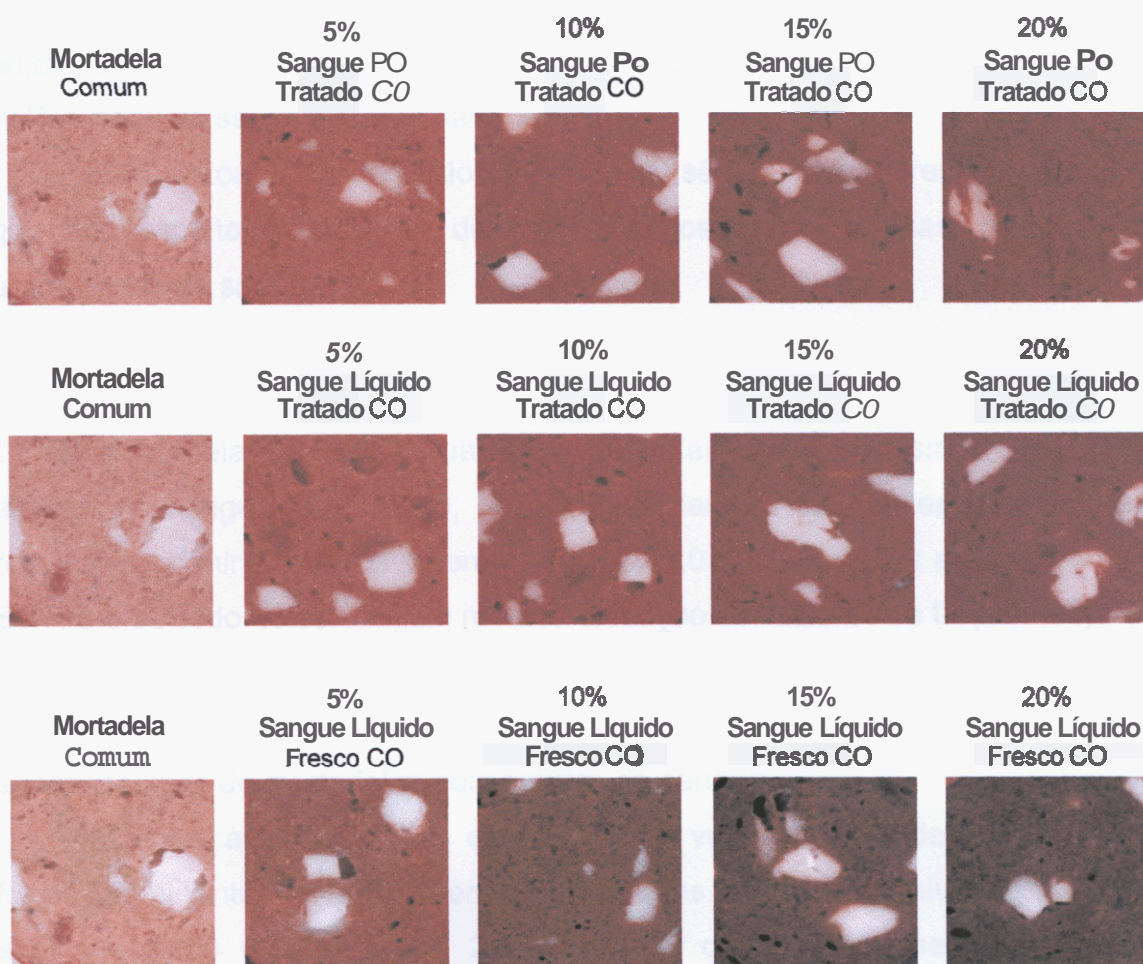


Figura 9 - Cor das mortadelas controle (sem adição de sangue) e formuladas com adição de sangue nos diferentes tipos e níveis.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

Foram estudadas as alterações de cor que ocorrem em mortadelas adicionadas de diferentes concentrações (5, 10, 15, e 20%) de STDR, SLT e SNT e naquela sem adição de sangue.

Constatou-se que os valores de L^* e a^* são os mais representativos no que diz respeito à detecção de alteração nos pigmentos das mortadelas adicionadas de sangue.

Entre as formulações testadas com diferentes concentrações e tipos de sangue, verificou-se que os tratamentos com CO não alteraram os valores de L^* das mortadelas ($P > 0,05$), quando comparadas entre os mesmos níveis de adição de sangue. Entretanto, a elevação das concentrações de sangue resultou na diminuição dos valores de L^* ($P < 0,05$), sendo mais acentuado no SNT, e o período de estocagem revelou elevação dos valores de L^* ($P < 0,05$). A mortadela controle diferiu das mortadelas adicionadas de diferentes concentrações e tipos de sangue ($P < 0,05$), apresentando valores de L^* superiores aos de mortadelas adicionadas de sangue.

Dentre as formulações estudadas, os valores de a^* das mortadelas foram semelhantes entre si, quando comparados nos mesmos níveis ($P > 0,05$), exceto quando da adição de 20% do SNT, que resultou na redução da intensidade de vermelho, em relação aos outros tipos de sangue ($P < 0,05$). O comportamento dos tipos nos diferentes níveis de sangue mostrou que a elevação das concentrações de sangue diminuiu a intensidade de vermelho

independentemente do tipo de sangue ($P < 0,05$). O período de estocagem não interferiu nos valores de a^* das mortadelas adicionadas de sangue ($P > 0,05$). A comparação da mortadela controle (sem adição de sangue) com aquelas adicionadas de diferentes concentrações e tipos de sangue mostrou valores de a^* semelhantes ($P > 0,05$).

A adição de sangue acarretou diminuição dos valores de b^* , segundo a elevação das concentrações de sangue ($P < 0,05$). No entanto, os valores de b^* permaneceram constantes durante o período de estocagem ($P > 0,05$). Comparando os valores de b^* da mortadela controle com aqueles de mortadelas adicionadas de diferentes concentrações e tipos de sangue, verificou-se diferença entre o controle e os tratamentos ($P < 0,05$) nos níveis de adição de sangue de 10, 15 ou 20%.

A elevação das concentrações de sangue levou a maiores diferenças de cor, classificando-a como forte nos níveis de 5% e muito forte nos níveis de 10, 15 e 20% de adição de sangue.

3. RESUMO E CONCLUSÕES

A fim de buscar novas alternativas para o aproveitamento do sangue animal, foi estudado o efeito da adição, em diferentes níveis (5, 10, 15 e 20%), de SNT, SLT e STDR sobre a estabilidade química (valor de TBA e teor de nitrito residual), a composição centesimal (teores de proteínas, gorduras, umidade, cinzas, carboidratos e ferro) e as características de cor no sistema CIELAB (valores de L^* , a^* , b^* e ΔE^*) de mortadelas, comparando-os com aqueles de uma mortadela controle (sem adição de sangue).

A oxidação lipídica das mortadelas não foi influenciada ($P > 0,05$) pelo tipo ou nível de adição de sangue ou pelo período de estocagem, com os valores de TBA permanecendo sempre abaixo do valor limiar de percepção.

Constatou-se que as mortadelas controle (sem adição de sangue) não diferiram ($P > 0,05$) daquelas formuladas com adição de diferentes níveis e tipos de sangue, quanto ao valor de TBA, ao teor de nitrito residual, à composição centesimal e aos valores de a^* . O mesmo ocorreu com os valores de b^* até o nível de 5% de adição; acima deste nível, os valores de b^* das mortadelas controle foram maiores ($P < 0,05$) que aqueles de mortadelas adicionadas de sangue, independentemente do tipo utilizado. Os valores de L^* das mortadelas controle foram superiores ($P < 0,05$) àqueles de mortadelas adicionadas de diferentes tipos e concentrações de sangue. O teor de ferro da mortadela controle diferiu ($P < 0,05$) daqueles de mortadelas formuladas com 20% de sangue, independentemente do tipo de sangue.

Quando comparado no mesmo nível de adição de sangue, os valores de L* das mortadelas não diferiram ($P>0,05$) em função do tipo de sangue utilizado na formulação. O mesmo ocorreu em relação aos valores de a*, exceto no nível de 20% de adição, em que as mortadelas apresentaram ($P<0,05$) menor valor de a* quando formuladas com SNT.

A elevação nos níveis de adição de sangue resultou ($P<0,05$) na redução dos valores de nitrito residual e dos valores de L*, a* e b* e na elevação da diferença de cor (ΔE) e da concentração de ferro das mortadelas. A diferença de cor das mortadelas foi classificada como forte até os níveis de 5% e como muito forte para os demais níveis de adição de sangue.

O tempo de estocagem também não interferiu ($P>0,05$) na oxidação lipídica, nos valores de a* e b* ou na diferença de cor (ΔE^*), mas levou ($P<0,05$) a uma redução no teor residual de nitrito e a um aumento dos valores de L* das mortadelas.

As mortadelas formuladas com STDR apresentaram ($P<0,05$) maiores valores de nitrito residual do que aquelas formuladas com SNT. Não houve diferença ($P>0,05$) entre as mortadelas formuladas com estes sangues e aquelas formuladas com SLT. Nenhuma das mortadelas, independentemente do tipo ou nível de sangue adicionado, apresentou teores residuais de nitrito inferiores a 10 mg/kg, indicado como necessário para o controle eficaz de *C. botulinum*.

Verificou-se, do ponto de vista químico, ser viável a adição de sangue a produtos cárneos emulsionados, especialmente quando tratado com CO. Um dos pontos positivos é, sem dúvida, o aumento do teor de ferro conferido a esses produtos. No entanto, as alterações de cor, ainda que inferiores às provocadas pela adição de SNT, poderiam causar restrição do consumidor ao produto, se este for apresentado com denominação semelhante à dos existentes no mercado. Assim, seria interessante utilizar outra denominação para o produto formulado com sangue tratado com CO.

Experimentos posteriores precisam ser conduzidos com o uso do sangue tratado com CO como ingrediente na formulação de embutidos (mortadelas), a fim de se verificar a possibilidade de efeito tóxico resultante da ingestão desse produto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADICON - Indústria e Comércio de Aditivos Ltda. **Mortadela**. São Bernardo do Campo, SP. [199-] (Boletim Técnico).
- AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTRY – A. A. C. C. **Cereal laboratory methods**. 7.ed. Saint Paul, 1962. v.1.
- ANTONINI, E., BRUNORI, M. Hemoglobin and myoglobin in their reactions with ligands. In: NEUBERGER, A., TATUM, E.L. (Eds.). **Frontiers of biology**. Amsterdam: 1971. v.21. 436p.
- ARAÚJO, A.C.P., MIDIO, A.F. Nitratos, nitritos e compostos N-nitrosos em alimentos: onde está o problema? **Ciência e Cultura**, v.41, n.10, p.947-956, 1989.
- ARAÚJO, J.M.A. **Química de alimentos: teoria e prática**. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 1999. 416p.
- ASGHAR, A., GRAY, J.I., BUCKLEY, D.J., PEARSON, A.M., BOOREN, A.M. Perspectives on warmed-over flavor. **Food Technology**, v.42, n.6, p.102-108, 1988.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS – AOAC. **Official methods of analysis**. 14.ed. Arlington, D.C., 1984. 1141p.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS – AOAC. **Official methods of analysis**. 15.ed. Washington, D.C., 1990. p.931-948.

- BRASIL. Ministério da Agricultura. **Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA)**. Brasília, DF: 1997. 166p.
- CALDIRONI, H.A., OCKERMAN, H.W. Incorporation of blood proteins into sausage. **Journal of Food Science**, v.47, p.405-407, 1982.
- CAMMACKA, R., JOANNOU, C.L., CUI, X.Y., MARTINEZ, C.T., MARAJB, S.R. HUGHESB, M.N. Nitrite and nitrosyl compounds in food preservation. **Biochimica et Biophysica Acta (BBA) – Bioenergetics**, v.1411, p.475-488, 1999.
- CARBALLO, J., CAVESTANY, M., JIMÉNEZ-COLMENERO, F. Effect of light on colour and reaction of nitrite in sliced pork bologna under different chilled storage temperatures. **Meat Science**, v.30, p.235-244, 1991.
- CASSENS, R.G. Composition and safety of cured meats in the USA. **Meat Science**, v.59, n.4, p.561-566, 1997a.
- CASSENS, R.G. Residual nitrite in cured meat. **Food Technology**, v.51, n.2, p.53-55, 1997b.
- CHEN, C.C., PEARSON, A.M., GRAY, J.I., FOOLADI, M.H., KU, P.K. Some factors influencing the nonheme iron content of meat and its implications in oxidation. **Journal of Food Science**, v.49, p.581-584, 1984.
- CROSS, H.R., LEU, R., MILLER, M.F. Scope of warmed-over flavor and its importance to the meat industry. In: ANGELO, A.J.S., BAILEY, M.E. (Eds). **Warmed-over flavor of meat**. New York: Academic Press, 1987. p.1-18.
- DILL, C.W. Plasma in edible meat Products. **The National Provisioner**, n.28, p.56-62, 1976.
- DILL, C.W, LANDMANN, W.A. Food grade proteins from edible blood. In: PEARSON, A.M., DUTSON, T.R. (Eds.). **Advances in meat research**. New York: Elsevier Applied Sciences, 1988. v.5, p.127-145.
- 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.
- EMI-MIWA, M., OKIHIRO, O., FUJIMAKI, M. Comparison of the fate of nitrite added to whole meat, meat fractions and model systems. **Agricultural and Biological Chemistry**, v.40, n.7, p.1387-1392, 1976.
- ERDURAN, S., HOTCHKISS, J. H. Nitrite effects on formation of volatile oxidation products from triolein. **Journal of Food Science**, v.60, n.5, p.946-948, 1995.

- ESTUDO DAS CORES. [S.1.: s.n.], [19--]. 32p.
- FAO. Animal blood-processing and utilization. FAO **Agricultural services bulletin**. Roma, 1982. 101p.
- FERNÁNDEZ, J., PÉREZ-ÁLVAREZ, J.A., FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.A. Thiobarbituric acid test for monitoring lipid oxidation in meat. **Food Chemistry**, v.59, n.3, p.345-353, 1997.
- FERREIRA, K.S. **Quantificação e avaliação dos teores de minerais em alimentos e em dietas utilizadas no Brasil**. Viçosa, MG: UFV, 1999, 137p. Tese (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos)-Universidade Federal de Viçosa, 1999.
- FERREIRA, V.L.P., FERNANDES, S.V., YOTSUYANAGI, K. The colour of chicken and pork meat loaf with added cured bovine blood as evaluated by the Rab, Hunter Lab, L* a* b* and XYZ CIE systems. **Revista Española de Ciencia Tecnología 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**. Viçosa, MG: UFV, 1999, 140p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, 1999.
- FOX, J.B., BENEDICT, R.C. The role of heme pigments and nitrite in oxidative processes in meat. In: ANGELO, A.J.S., BAILEY, M.E. (Eds). **Warmed-over flavor of meat**. New York: Academic Press, 1987. p.119-140.
- FUJIMAKI, M., EMI, M., OKITANI A. Fate of nitrite in meat-curing model systems composed of myoglobin , nitrite and ascorbate. **Agricultural and Biological Chemistry**, v.39, n.2, p.371-377, 1975.
- GIDDINGS, G.G. The basis of color in muscle foods. **Critical Reviews Food Science Nutrition**, v. 8, p.81-134, 1977.
- GOMIDE, L.A.M. **Integration of production and postmortem technologies for improvement of USDA select grade beef**. West Lafayette: Purdue University, 1992. 165 p. Dissertação (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Purdue University, 1992.
- GORBATOV, V.M. Collection and utilization of blood and blood proteins for edible purposes in the USSR. In: PEARSON, A.M., DUTSON, T.R. (Eds.). **Advances in meat research**. New York: Elsevier Applied Sciences, 1988. v.5, p.167-196.
- GOVINDARAJAN, S., HULTIN, H.O., KOTULA, A.W. Myoglobin oxidation in ground beef: mechanistic studies. **Journal of Food Science**, v.42, n.3, p.571-577, 1977.

- GRAY, J.I. Measurement of lipid oxidation: a review. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v.55, p.539-546, 1978.
- GRAY, J.I., PEARSON, A.M. Rancidity and warmed-over flavor. In: Pearson, A.M., Dutson, T.R. (Eds.). **Advances in meat research**. New York: Elsevier Applied Sciences, 1987. v.3. p.221-269.
- GUZMÁN, J.C., MCLILLIN, 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.
- HAN, D., MCMILLIN, K.W., GODBER, J.S., BIDNER, T.D., YOUNATHAN, M.T., HART, L.T. Lipid stability of beef model systems with heating and iron fractions. **Journal of Food Science**, v.60, n.3, p.599-603, 1995.
- HAYAKAWA, S., OGAWA, T., SATO, Y. Some functional properties under heating of the globin prepared by carboxymethyl cellulose procedure. **Journal of Food Science**, v.47, p.1415-1418, 1982.
- HIRANO, Y., OLCOTT, H.S. Effect of heme compounds on lipid oxidation. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v.48, n.9, p.523-524, 1971.
- IBGE. **Anuário Estatístico do Brasil**, 51. Rio de Janeiro, RJ. 1991.
- IGENE, J.O., KING, J.A., PEARSON, A.M., GRAY, J.I. Influence of heme pigments, nitrite, and non-heme iron on development of warmed-over flavor (WOR) Development in Cooked Meat. **Journal Agricultural Food Chemistry**, v.27, n.4, p.838-842, 1979.
- IGENE, J.O., PEARSON, A.M. Role of phospholipids and triglycerides in warmed-over flavor development in meat model systems. **Journal Food Science**, v.44, p.1285-1290, 1979.
- JUDGE, M.D., ABERLE, E.D., FORREST, J.C., HEDRICK, H.B., MERKEL, R.A. **Principles of meat science**. 2.ed. Dubuque: Kendal/Hunt Publishing Company, 1989. 351p.
- KINSELLA, J.E. Functional properties of soy proteins. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v.56, p.242-258, 1979.
- KNIFE, C.L. Production and use of animal blood and blood protein for human food. In: PEARSON, A.M., DUTSON, T.R. (Eds.). **Advances in meat research**. New York: Elsevier Applied Sciences, 1988. v.5, p.147-163.

- KOŁODZIEJSKA, I., SKONIECZNY, S., RUBIN, L.J. Malondialdehyde-nitrite interactions in meat and model systems. **Journal of Food Science**, v.55, n.4, p.925-928, 946, 1990.
- KROPF, D.H. Problemas de color en carnes procesadas. **Carnetec**, v.5, n.6, p.30-34, 1988.
- 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.48, p.1788-1796, 1978.
- LEHNINGER, A.L., NELSON, D.L., COX, M.M. **Princípios de bioquímica**. São Paulo: Sarvier, 1995. p.118-146.
- LILLARD, D.A. Oxidative deterioration in meat, poultry, and fish. In: ANGELO, A.J.S., BAILEY, M.E. (Eds). **Warmed-over flavor of meat**. New York: Academic Press, 1987. p.41-68.
- LIVINGSTON, D.J., BROWN, W.D. The chemistry of myoglobin and its reactions. **Food Technology**, p.244-252, 1981.
- LOVE, J.D. Mechanism of iron catalysis of lipid oxidation in warmed-over flavor of meat. In: ANGELO, A. J. S., BAILEY, M. E. (Eds). **Warmed-over flavor of meat**. New York: Academic Press, 1987. p.19-40.
- LOVE, J.D., PEARSON, A.M. Metmyoglobin and nonheme iron as prooxidants in cooked meat. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.22, n.6, p.1032-1034, 1974.
- LOVE, J.L. The role of heme iron in the oxidation of lipids in red meats. **Food Technology**, v.37, n.7, p.117-120, 1983.
- MALHEIRO, A.C.G.C. **Determinação espectrofotométrica de carboxihemoglobina em indivíduos expostos ocupacionalmente ao monóxido de carbono**. São Paulo, SP: USP, 1991, 125p. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) - Universidade de São Paulo, 1991.
- MARASCA, R., TIerno, M.A., GRÜNDLING, M.C.D.P., TERRA, N.N. Obtenção de nitrosilhemoglobina para uso como corante em produtos cárneos. **Revista Nacional da Carne**, n.261, p.30-34, 1998.
- 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, p.1723-1725, 1983.

- MILLER, A.J., MENICHILLO, D.A. Blood fraction effects on the antibotulinal efficacy of nitrite in model beef sausages. **Journal of Food Science**, v.56, n.5, p.1158-1160, 1991.
- MILLER, A.J., MURPHY, C.A., CALL, J.E. Botulinal toxin development in beef sausages containing red blood cell fractions. In: **International Congress of Meat Science and Technology**. Germany. 1991.
- MORRISSEY, P.A., TICHIVANGANA, J.Z. The antioxidant activities of nitrite and nitrosylmyoglobin in cooked meats. **Meat Science**, v.14, p.175-190, 1985.
- 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, p.102-104, 1984.
- NAS. **Carbon Monoxide**. Washington: Division of medical sciences assembly of life sciences National Research Council, 1977. 239p.
- NAWAR, W.W. Lipids In: FENNEMA, O.R. (ED.) **Food chemistry**. New York: Marcel Dekker, 1996. p.225-319.
- OCKERMAN, H.W., HANSEN, C.L. **Animal by-product processing**. New York: VCH Publishers, 1988. p.232-255.
- OCKERMAN, H.W., HANSEN, C.L. **Industrialización de subproductos de origen animal**. Zaragoza: Acribia, 1994. 387p.
- OELLINGRATH, I.M., SLINDE, E. Color, Pigment and iron content of meat loaves with blood, blood emulsion, or mechanically deboned meat added. **Journal of Food Science**, v.50, n.6, p.1551-1555, 1985.
- 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.
- PARDI, M.C., SANTOS, I.F., SOUZA, E.R., PARDI, H.S. **Ciência, higiene e tecnologia da carne**. Goiânia: CEGRAF, 1993. Parte VII: Processamento tecnológico da carne.
- PEARSON, A.M., GRAY, J.I., WOLZAK, A.M., HORENSTEIN, N.A. Safety implications of oxidized lipids in muscle foods. **Food Technology**, v.37, n.7, p.121-129, 1983.
- PEARSON, A.M., LOVE, D.J. SHORLAND, F.B. "Warmed-over" flavor in meat, poultry, and fish. In: CHICHESTER, C.O., MRAK, E.M., STEWART, G.F. (Eds.). **Advanced food research**. New York: Academic Press, 1977. p.2-74.

- PÉREZ-RODRÍGUEZ, M.L., BOSCH-BOSCH, N., GARCÍA-MATA, M. Monitoring nitrite and nitrate residues in frankfurters during processing and storage. **Meat Science**, v.44, n.1-2, p.65-73, 1996.
- PÉREZ-RODRÍGUEZ, M.L., GARCÍA-MATA, M., BOSCH-BOSCH, N. Effect of adding smoke-flavouring to frankfurters on nitrite and nitrate levels. **Food Chemistry**, v.62, n.2, p.201-205, 1998.
- PIKUL, J., KUMMEROW, F.A. Lipid oxidation in chicken muscles and skin after roasting and refrigerated storage of main broiler parts. **Journal of Food Science**, v.55, n.1, p.30-37, 1990.
- PISKE, D. Aproveitamento de sangue de abate para alimentação humana: uma revisão. **Boletim ITAL**, v. 19, p. 227-252, 1982.
- RAEKER, M.Ö., JOHNSON, L.A. Thermal and functional properties of bovine blood plasma and egg white proteins. **Journal of Food Science**, v.60, n.4, p. 685-690, 1995.
- RAMARATHNAM, N., RUBIN, L.J., DIOSADY, L.L. Studies on meat flavor. 1. qualitative and quantitative differences in uncured and cured pork. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.39, p. 344-350, 1991.
- RHEE, K.S., ZIPRIN, A.Y., ORDONEZ, G. Catalysis of lipid oxidation in raw and cooked beef by metmyoglobin-H₂O₂, nonheme iron, and enzyme systems. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.35, p.1013-1017, 1987.
- RUST, R.E. Formulated meat products using edible meat by-products. In: PEARSON, A.M., DUTSON, T.R. (Eds.). **Advances in meat research**. New York: Elsevier Applied Science, 1988. v.5. p.341-356.
- SCHRICKER, B.R., MILLER, D.D. Effects of cooking and chemical treatment on nonheme iron in meat. **Journal Food Science**, v.48, p.1340-1345, 1983.
- SGARBIERI, V.C. **Proteínas em alimentos protéicos: propriedades, degradações, modificações**. São Paulo: Varela, 1996. p.270-279.
- SHAHIDI, F., HONG, C. Evaluation of malonaldehyde as a marker of oxidative rancidity in meat products. **Journal of Food Biochemistry**, v.15, p.97-105, 1991.
- SHAHIDI, F., NACZK, M., RUBIN, L.J., DIOSADY, L.L. Functional properties of blood globin. **Journal of Food Science**, v.49, p.370-372, 1984.
- 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.

- SØRHEIM, O., AUNE, T., NESBAKKEN, T. Technological, hygienic and toxicological aspects of carbon monoxide used in modified-atmosphere packaging of meat. **Trends in Food & Technology**, v.8, p.307-312, 1997.
- SØRHEIM, O., NISSENA H., NESBAKKEN, T. The storage life of beef and pork packaged in an atmosphere with low carbon monoxide and high carbon dioxide. **Meat Science**, v.52, p.157-164, 1999.
- St. ANGELO, A.J., VERCELLOTTI, J.R., LEGENDRE, M.G., VINNETT, C.H., KUAN, J.W., JAMES JR., C., DUPUY, H.P. Chemical and instrumental analyses of warmed-over flavor in beef. **Journal of Food Science**, v.52, n.5, p.1163-1168, 1987.
- STIEBING, A. Blood sausage technology. **Fleischwirtsch International**, v.3, p.34-40, 1990.
- TERRELL, R.N., CRENWELGE, C.H., DUTSON, T.R., SMITH, G.C. A technique to measure binding properties of non-meat proteins in muscle-juncture formation. **Journal of Food Science**, v.47, p.711-713, 1982.
- THOM, S.R. Carbon monoxide-mediated brain lipid peroxidation in the rat. **Journal American Physiological Society**, v.68, n.3, p.997-1003, 1990.
- TICHIVANGANA, J.Z., MORRISSEY, P.A. Merymyoglobin and inorganic metals as pro-oxidants in raw and cooked muscle systems. **Meat Science**, v.15, p.107-116, 1985.
- TOMPKIN, R.B., CHRISTIANSEN, L.N., SHAPARIS, A.B. Causes of variation in botulinal inhibition in perishable canned cured meat. **Applied and Environmental Microbiology**, v.35, n.5, p.886-889, 1978a.
- 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.
- TOMPKIN, R.B., CHRISTIANSEN, L.N., SHAPARIS, A.B. The effect of iron on botulinal inhibition in perishable canned cured meat. **Journal Food Techonology**, v.13, n.6, p.521-527, 1978b.
- 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**. Campinas, 1999. (Resumo do III Simpósio Latino Americano de Ciência de Alimentos, 16 a 19 novembro).
- TYBOR, P.T., DILL, C.W., LANDMAN, 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.
- VERMA, M.M., PARANJAPE, V., LEAWARD, D.A. Lipid and heme protein oxidation in meat emulsions. **Meat Science**, v.14, p.91-104, 1985.
- WALSH, M.M., KERRY, J.F., BUCKLEY, D.J., MORRISSEY, P A., LYNCH, P.B., ARENDT, E. The effect of dietary supplementation with α -tocopheryl acetate on the stability of low nitrite cured pork products. **Food Research International**, v.31, p.59-63, 1999.
- WHITNEY, E.N., HAMILTON, E.M.N. **Understanding Nutrition**. New York: West Publishing Company, 1987. p.407-436.
- WISMER-PEDERSEN, J. Utilization of animal blood in meat products. **Food Technology**, v.33, n.8, p. 76-80, 1979.
- WOLFE, S.K. Use of CO- and CO₂-enriched atmospheres for meats, fish, and produce. **Food Technology**, v.34, n.3, p.55-58, 1980.
- YOUNG, C.R., LEWIS, R.W., LANDMAN, W.A., DILL, C.W. Nutritive value of globin and plasma protein fractions from bovine blood. **Nutrition Reports International**, v.8, n.4, 1973.
- ZUBILLAGA, M.P., MAERKER, G., FOGLIA, T.A. Antioxidant activity of sodium nitrite in meat. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v.61, n.4, p.772-776, 1984.

APÊNDICE

APÊNDICE

APÊNDICE A

Quadro 1A - Resumo da análise de variância dos valores de TBA e teores de nitrito residual das mortadelas controle (sem adição de sangue) e das adicionadas de diferentes níveis de sangue, avaliados no decorrer do tempo de estocagem, com seus respectivos coeficientes de variação

FV	TBA		Nitrito residual	
	GL	QM	GL	QM
N	12	0,2747 ^{ns}	12	1203,445 ^{ns}
Resíduo (a)	26	0,8050	26	2708,842
T	4	0,0668*	8	2749,499*
T x N	48	0,0101 ^{ns}	96	52,3559 ^{ns}
Resíduo (b)	104	0,0153	208	104,3841
CV Parcela (%)		164,70		248,03
CV Subparcela (%)		22,715		48,690

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

ns – não-significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Quadro 2A - Resumo da análise de variância do teor de ferro das mortadelas controle (sem adição de sangue) e das adicionadas de diferentes níveis de sangue, com seus respectivos coeficientes de variação

FV	GL	QM
Nível	12	503,9766*
Resíduo	26	101,5789
CV (%)		17,55

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F ($P < 0,05$).

Quadro 3A - Resumo da análise de variância da composição centesimal das mortadelas controle (sem adição de sangue) e das adicionadas de diferentes níveis de sangue, com seus respectivos coeficientes de variação

FV	GL	QM				
		Proteínas	Lipídios	Umidade	Cinzas	Carboidratos
N	12	0,1951 ^{ns}	5,4687 ^{ns}	2,2006 ^{ns}	0,0059 ^{ns}	4,8571 ^{ns}
Resíduo	26	0,4059	5,0647	3,4729	0,4244	7,5057
CV Parcela (%)		11,41	21,61	55,90	6,79	34,02

ns – não-significativo a 5% de probabilidade pelo teste F ($P > 0,05$).

Quadro 4A - Resumo da análise de variância dos valores de “L*”, a* e b* das mortadelas controle (sem adição de sangue) e das adicionadas de diferentes níveis de sangue, avaliados no decorrer do tempo de estocagem, com seus respectivos coeficientes de variação

FV	GL	QM		
		L*	a*	b*
N	12	856,1032*	62,2647*	47,1343*
Resíduo (a)	26	4,0545	17,3204	0,8183
T	8	15,0962*	0,6342*	1,6241*
T x N	96	0,4223 ^{ns}	0,2428 ^{ns}	0,1980 ^{ns}
Resíduo (b)	208	0,7391	0,1845	0,1829
CV Parcela (%)		4,55	37,93	8,93
CV Subparcela (%)		1,94	3,91	4,22

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

ns – não-significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Quadro 5A - Valores médios e desvios-padrão dos teores de proteínas, lipídios, umidade, cinzas, carboidratos e ferro das mortadelas adicionadas de diferentes tipos e níveis de sangue e do controle (sem adição de sangue)

	TS	Níveis				
		0 (Controle)	5	10	15	20
Proteínas	STDR	11,65 ± 1,25	11,53 ± 0,22	11,39 ± 0,10	11,52 ± 0,93	11,61 ± 0,87
	SLT	11,65 ± 1,25	11,48 ± 0,42	11,44 ± 0,73	11,14 ± 0,74	11,09 ± 0,51
	SNT	11,65 ± 1,25	10,90 ± 0,64	11,17 ± 0,03	11,77 ± 0,26	11,58 ± 0,12
Lipídios	STDR	21,26 ± 1,06	21,95 ± 1,57	22,28 ± 2,26	20,19 ± 0,89	19,24 ± 0,73
	SLT	21,26 ± 1,06	22,58 ± 2,49	21,55 ± 1,88	24,75 ± 3,32	20,76 ± 3,77
	SNT	21,26 ± 1,06	21,94 ± 2,75	22,44 ± 1,24	21,45 ± 3,08	20,53 ± 1,48
Umidade	STDR	53,94 ± 2,28	55,90 ± 2,52	54,90 ± 2,78	56,27 ± 1,96	55,76 ± 1,98
	SLT	53,94 ± 2,28	56,00 ± 2,31	55,84 ± 0,90	54,95 ± 0,97	56,53 ± 0,84
	SNT	53,94 ± 2,28	56,52 ± 1,42	57,04 ± 1,69	56,29 ± 1,96	56,72 ± 1,26
Cinzas	STDR	3,02 ± 0,29	3,04 ± 0,05	3,05 ± 0,14	3,04 ± 0,17	2,98 ± 0,93
	SLT	3,02 ± 0,29	3,05 ± 0,14	3,01 ± 0,24	3,00 ± 0,28	3,08 ± 0,19
	SNT	3,02 ± 0,29	3,03 ± 0,42	2,94 ± 0,32	3,06 ± 0,27	3,12 ± 0,18
Carboidratos	STDR	10,12 ± 2,90	7,58 ± 1,45	8,37 ± 0,70	8,98 ± 3,69	10,40 ± 0,74
	SLT	10,12 ± 2,90	6,89 ± 0,16	8,17 ± 2,44	6,16 ± 1,41	8,53 ± 4,43
	SNT	10,12 ± 2,90	7,59 ± 4,11	6,42 ± 1,68	7,43 ± 4,94	8,05 ± 0,79
Ferro	STDR	40,34 ± 15,42	42,71 ± 5,13	55,45 ± 13,70	62,02 ± 8,32	74,33 ± 9,20
	SLT	40,34 ± 15,42	42,70 ± 6,21	56,96 ± 14,10	59,53 ± 5,44	75,95 ± 10,36
	SNT	40,34 ± 15,42	45,21 ± 17,57	55,38 ± 0,73	58,95 ± 0,54	78,26 ± 5,28

* Valores expressos em base úmida.

^a – médias de três observações.

STDR - sangue tratado com CO desidratado e reconstituído.

SLT - sangue líquido tratado com CO.

SNT - sangue não-tratado.

Quadro 6A - Valores médios^a de **TBA**, para a mortadela controle (sem adição de sangue) e as adicionadas com os diferentes níveis e tipos de sangue, em função do período de estocagem

Dias	Níveis	STDR				SLT				SNT				
		0	5	10	15	20	5	10	15	20	5	10	15	20
0		0,59	0,72	0,78	0,52	0,63	0,71	0,38	0,33	0,64	0,42	0,64	0,78	0,60
14		0,61	0,70	0,71	0,36	0,44	0,66	0,40	0,45	0,80	0,38	0,67	0,66	0,60
28		0,66	0,64	0,69	0,37	0,51	0,64	0,40	0,31	0,58	0,36	0,60	0,63	0,53
42		0,59	0,65	0,62	0,40	0,48	0,64	0,33	0,24	0,54	0,38	0,55	0,52	0,40
56		0,62	0,64	0,63	0,32	0,43	0,63	0,33	0,26	0,63	0,37	0,68	0,76	0,67

^a - médias de três observações.

STDR - sangue tratado com CO desidratado e reconstituído.

SLT - sangue líquido tratado com CO.

SNT - sangue não-tratado.

Quadro 7A - Valores médios^a do teor de nitrito residual, para a mortadela controle (sem adição de sangue) e as com os diferentes níveis e tipos de sangue, em função do período de estocagem

Dias	Níveis	STDR				SLT				SNT				
		0	5	10	15	20	5	10	15	20	5	10	15	20
0		59,63	54,09	37,11	33,73	36,66	44,95	31,74	29,92	26,89	38,75	25,53	14,53	12,55
7		52,60	44,88	32,04	24,24	25,19	48,30	27,95	29,03	29,90	47,90	30,21	22,00	22,69
14		43,91	35,87	28,30	22,18	22,64	32,18	19,16	23,42	17,18	34,67	25,58	15,68	14,87
21		31,28	24,28	21,02	15,43	18,53	26,39	16,96	19,59	17,32	27,20	22,24	8,84	7,99
28		30,46	25,38	18,03	14,33	13,61	27,56	16,98	16,02	16,81	24,07	17,26	9,12	10,64
35		20,90	20,69	12,80	13,29	13,67	24,88	19,46	18,31	19,57	22,13	15,19	8,88	10,04
42		21,83	17,75	12,94	9,76	13,86	20,23	14,64	14,61	13,52	18,69	11,98	9,24	11,03
49		20,25	21,11	12,92	8,66	11,19	16,78	12,94	10,42	9,29	15,69	11,61	7,82	8,77
56		18,84	19,78	13,15	8,83	8,75	17,78	11,35	10,80	10,62	14,52	9,54	8,40	9,37

^a - médias de três observações.

STDR - sangue tratado com CO desidratado e reconstituído.

SLT - sangue líquido tratado com CO.

SNT - sangue não-tratado.

Quadro 8A - Valores médios^a de “L” para a mortadela controle (sem adição de sangue) e as adicionadas de sangue com os diferentes níveis e tipos de sangue, em função do período de estocagem

Dias	Níveis	STDR				SLT				SNT				
		0	5	10	15	20	5	10	15	20	5	10	15	20
0		56,46	47,53	42,36	39,50	37,29	48,40	43,08	39,96	37,33	47,79	43,14	38,64	36,37
7		57,59	48,45	44,05	40,97	38,46	49,48	44,14	40,87	38,44	48,33	43,53	40,08	38,03
14		57,62	48,25	43,30	40,71	38,15	49,72	43,65	40,92	38,25	48,64	43,41	39,50	38,10
21		57,80	48,74	44,42	41,05	38,83	50,02	44,09	41,25	40,52	49,10	44,40	40,38	39,12
28		57,51	48,66	43,82	41,65	38,67	50,28	44,26	41,85	39,31	48,63	44,24	40,72	38,79
35		57,49	48,36	43,78	39,85	38,31	50,07	44,71	41,50	39,16	49,34	44,18	40,87	38,59
42		57,92	48,84	44,11	42,18	39,25	49,50	44,32	41,30	38,56	47,98	43,30	40,32	38,25
49		58,72	49,47	44,88	42,04	39,42	50,58	44,95	41,76	39,36	49,91	45,03	41,54	39,02
56		58,05	48,67	44,02	41,72	39,36	50,04	44,54	41,27	38,75	49,64	44,38	40,98	39,10

^a - médias de três observações.

STDR - sangue tratado com CO desidratado e reconstituído.

SLT - sangue líquido tratado com CO.

SNT - sangue não-tratado.

Quadro 9A - Valores médios^a de "a" para a mortadela controle (sem adição de sangue) e as adicionadas com os diferentes níveis e tipos de sangue, em função do período de estocagem**

Dias	Níveis	STDR				SLT				SNT				
		0	5	10	15	20	5	10	15	20	5	10	15	20
0		8,82	12,22	12,68	11,20	10,58	12,77	12,41	11,89	11,28	11,67	9,79	8,05	6,58
7		9,27	12,13	12,65	11,69	11,42	12,28	12,34	11,68	11,70	12,33	10,30	8,89	7,33
14		9,31	12,37	12,51	11,29	10,93	12,36	12,11	11,78	11,37	11,94	10,39	8,66	7,35
21		9,32	12,29	12,58	11,64	11,41	12,25	12,39	11,76	12,08	11,82	10,22	9,12	7,55
28		9,33	12,33	12,42	11,23	11,38	12,43	12,50	11,70	11,73	12,22	10,25	8,92	7,82
35		9,27	12,17	12,30	10,71	10,81	12,29	12,21	11,58	11,69	11,88	10,26	9,02	8,04
42		9,26	12,37	12,31	11,57	11,58	12,55	12,19	11,39	11,62	11,90	10,49	8,95	7,78
49		9,06	12,10	11,99	11,22	11,12	12,13	12,00	10,99	11,35	12,40	10,24	9,12	8,29
56		9,12	11,99	11,76	10,81	10,75	12,22	11,83	11,12	11,34	11,71	10,30	9,03	8,49

^a - médias de três observações.

STDR - sangue tratado com CO desidratado e reconstituído.

SLT - sangue líquido tratado com CO.

SNT - sangue não-tratado.

Quadro 10A - Valores médios^a de “b*” para a mortadela controle (sem adição de sangue) e as adicionadas com os diferentes níveis e tipos de sangue, em função do período de estocagem

Dias	Níveis	STDR					SLT				SNT			
		0	5	10	15	20	5	10	15	20	5	10	15	20
0		13,04	11,05	9,91	8,94	7,82	11,30	9,97	9,04	8,10	10,70	9,74	8,45	7,55
7		12,83	11,43	10,25	9,46	8,63	11,81	10,21	9,44	8,60	10,98	10,21	9,45	8,38
14		12,90	11,39	9,98	9,33	8,28	11,50	10,18	9,60	8,55	11,04	10,28	9,09	8,28
21		12,96	11,44	10,52	9,40	8,51	11,33	10,27	9,23	10,11	11,14	10,58	9,73	8,60
28		12,88	11,54	10,24	9,46	8,62	11,62	10,30	9,26	8,65	11,07	10,31	9,48	8,52
35		12,73	11,50	10,25	8,92	8,34	11,37	10,16	9,27	8,67	11,10	10,56	9,73	8,93
42		12,87	11,69	10,46	9,90	8,95	11,52	10,31	9,26	8,69	11,02	10,54	9,43	8,60
49		12,94	11,65	10,47	9,63	8,73	11,82	10,42	9,15	8,68	11,42	10,68	10,04	9,20
56		12,81	11,36	9,97	9,29	8,51	11,47	10,24	9,23	8,51	11,11	10,66	10,07	9,35

^a - médias de três observações.

STDR - sangue tratado com CO desidratado e reconstituído.

SLT - sangue líquido tratado com CO.

SNT - sangue não-tratado.

Quadro 11A - Valores médios^a de "AE" para a mortadela controle (sem adição de sangue) e as adicionadas com os diferentes níveis e tipos de sangue, em função do período de estocagem

Dias	Níveis	STDR				SLT				SNT			
		5	10	15	20	5	10	15	20	5	10	15	20
0		9,85	15,03	17,66	20,00	9,26	14,22	17,29	19,97	9,51	13,90	18,53	21,02
7		9,69	14,19	17,13	19,72	8,75	14,07	17,26	19,78	9,94	14,54	17,92	20,18
14		9,98	14,96	17,42	20,08	8,59	14,54	17,22	19,97	9,55	14,72	18,62	20,17
21		9,66	13,99	17,28	19,62	8,48	14,33	17,15	17,84	9,24	13,85	17,80	19,30
28		9,45	14,30	16,35	19,46	7,98	13,88	16,26	18,84	9,53	13,71	17,20	19,31
35		9,67	14,26	18,12	19,75	8,13	13,39	16,52	18,93	8,73	13,70	16,96	19,34
42		9,68	14,37	16,22	19,29	9,14	14,18	17,16	19,96	10,49	15,04	18,01	20,21
49		9,83	14,37	17,15	19,88	8,77	14,34	17,50	19,95	9,55	14,12	17,49	20,12
56		10,10	14,56	16,79	19,27	8,69	14,05	17,29	19,90	9,01	14,12	17,38	19,34

^a - médias de três observações.

STDR - sangue tratado com CO desidratado e reconstituído.

SLT - sangue líquido tratado com CO.

SNT - sangue não-tratado.

Quadro 12A - Valores médios da diferença de cor de mortadela comercial e das adicionadas de sangue, nos diferentes níveis e tipos de sangue

Níveis	STDR	SLT	SNT
5	10,11	8,87	9,82
10	14,76	14,48	14,83
15	17,58	17,51	18,67
20	20,14	19,88	20,91

STDR - sangue tratado com CO desidratado e reconstituído.

SLT - sangue líquido tratado com CO.

SNT - sangue não-tratado.

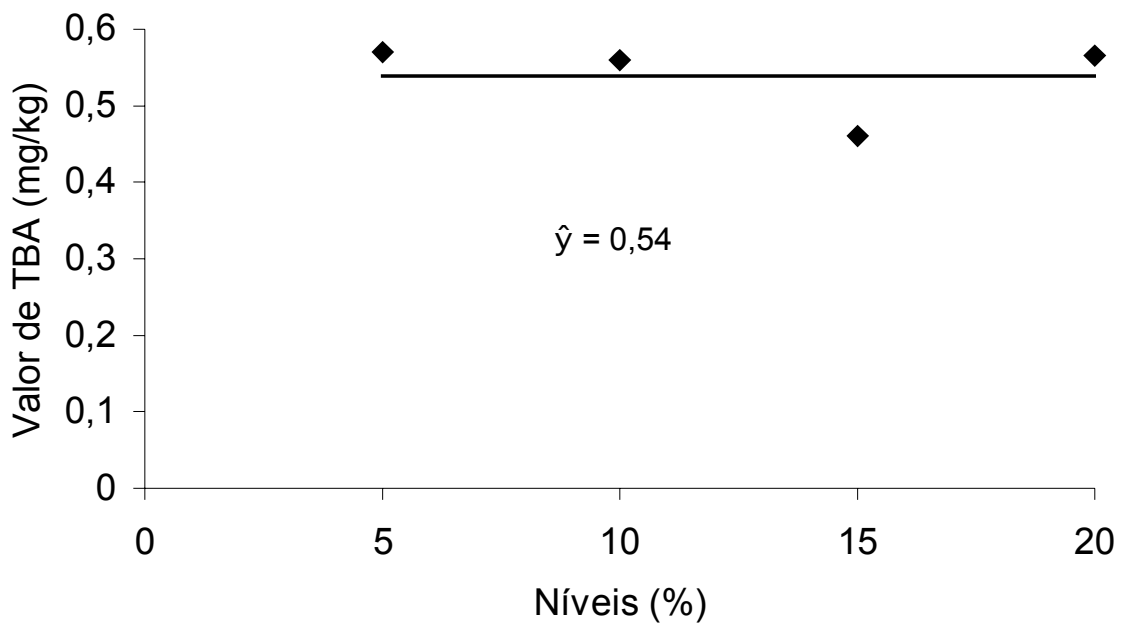


Figura 1A - Comportamento dos valores de TBA das mortadelas formuladas com os diferentes níveis de sangue.