



CRISTIANE AYALA DE OLIVEIRA

**QUALIDADE DE LOMBOS SUÍNOS
INJETADOS NO PRÉ-RIGOR COM
DIFERENTES SOLUÇÕES SALINAS**

LAVRAS - MG

2016

CRISTIANE AYALA DE OLIVEIRA

**QUALIDADE DE LOMBOS SUÍNOS INJETADOS NO PRÉ-
RIGOR COM DIFERENTES SOLUÇÕES SALINAS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências de Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, para a obtenção do título de Doutor.

Orientador

Dr. Eduardo Mendes Ramos

Coorientadora

Dra. Alcinéia de Lemos Sousa Ramos

LAVRAS - MG

2015

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Oliveira, Cristiane Ayala de.

Qualidade de lombos suínos injetados no pré-rigor com
diferentes soluções salinas / Cristiane Ayala de Oliveira. – Lavras :
UFLA, 2016.

128 p. : il.

Tese(doutorado)–Universidade Federal de Lavras, 2015.

Orientador: Eduardo Mendes Ramos.

Bibliografia.

1. Marinação. 2. Desossa a quente. 3. Qualidade. 4. Maciez. I.
Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CRISTIANE AYALA DE OLIVEIRA

**QUALIDADE DE LOMBOS SUÍNOS INJETADOS NO PRÉ-
RIGOR COM DIFERENTES SOLUÇÕES SALINAS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências de Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 07 de agosto de 2015.

Dra. Alcinéia de Lemos Souza Ramos	UFLA
Dra. Éllen Waleska Nascimento da Fonseca Contado	UFLA
Dr. Paulo Rogério Fontes	UFV
Dra. Cristiane Patrícia de Oliveira	UESB

Dr. Eduardo Mendes Ramos
Orientador

LAVRAS - MG

2015

*Aos meus pais (avós) Horácio (in memoriam) e
Yasi e ao meu esposo Paulo, por me apoiarem em todos os momentos,
por acreditarem em mim e em meus sonhos.*

OFEREÇO

*Aos meus professores, pelo
conhecimento, simplicidade e emoção
ao lidar com a ciência dos alimentos,
por serem os verdadeiros mestres,
aqueles que inspiram.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Desafio maior que redigir esta tese foi tentar resumir em duas páginas a gratidão que tenho a todos (as) que fizeram parte da minha caminhada.

Início os agradecimentos por meus avós. Obrigada, Sr. Horácio Ledesma Ayala (*in memoriam*), com saudades agradeço, e tenho a certeza de que um dia poderei encontrá-lo novamente, você colaborou para hoje eu estar aqui e poder concluir mais uma etapa da minha vida. Sr^a Yasi Viera Ayala, que nunca poupou esforços (emocionais e financeiros) para que eu pudesse dar continuidade em meus estudos, indo em busca de meus sonhos. Sou uma parte de vocês, e me orgulho muito disso.

Ao meu esposo Paulo Garcez Leães, pelo companheiro e pelo amigo que é, por ser compreensivo e paciente diante de minhas ausências; Aos meus familiares Edenice, Élio, Érica e Gabriela pela torcida e apoio moral.

Aos meus orientadores e amigos Prof. D.Sc Eduardo Mendes Ramos e Profa. D.Sc Alcinéia Lemos de Souza Ramos, aos dois agradeço com carinho, não somente pela orientação, mas, sobretudo, pela amizade. Levo-os comigo como um grande exemplo pessoal e profissional a ser seguido.

Ao Prof. D.Sc Paulo Rogério Fontes, pelas conversas, dicas e conselhos.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro ao projeto e pela concessão da bolsa de pesquisa.

A Nutrili Indústria e Comércio de Carnes, por possibilitar a realização das coletas de amostras.

Agradeço, com muito carinho, aos colegas do laboratório de carnes Abel, Ana Alice, Ana Paula, Andressa, Bruna, Carol, Cecília, Douglas, Élide, Fernando, Gabi, Giselle, Henrique, Ítalo, Isis, Ligiane, Monalisa, Robledo e Thayná e, ainda, a outros que, mesmo sem citar nomes, considero mais do que

amigos e parceiros. Vocês fizeram, fazem e farão parte da minha história para sempre;

Aos amigos e colegas do Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos: Leonardo (Leo), Fausto, Telma, Viviane, Raul e Glécia, pela convivência e pela amizade;

Aos amigos e companheiros da república do “Bar do Deti”: Amélia, Clarissa, Paulinha e Júlio (Bendito fruto) pela convivência, pelas conversas descontraídas e pelas maratonas Rocky Balboa nos domingos tediosos;

Às amigas e companheiras da casa da praça: Maria Gabriela, Isadora e Mônica, por serem pessoas maravilhosas que surgiram na minha vida, por compartilharem os momentos bons e ruins, e por aturarem, junto comigo, a igreja do outro lado da rua com o som alto;

A todos os professores com quem tive o privilégio de conviver nestes quatro anos, e a todos que compõem o quadro de profissionais da UFLA, como o pessoal do laboratório central do DCA: Heloísa, Flávia, Tina, Cleuzinha e Sr. Miguel (*in memoriam*), meninas da limpeza, técnicos que sempre tinham a me oferecer um bom dia, boa tarde, um olá, e isso foi essencial nesta caminhada;

Aos meus amigos do IF-Sertão Pernambucano – Campus Salgueiro: Rodrigo Araújo; Josenildo; Getúlio; Camila Macedo; Luciana Façanha; Roberta Mesquita; Eriverton e Adriana e todos o que não consegui citar aqui, mas que me deram um apoio moral e que foram e são muito importantes para mim;

E, por fim, este trabalho é o resultado de uma longa caminhada. Muitos contribuíram para que eu chegasse até aqui. Agradecer, sem cometer injustiça, é uma tarefa difícil – portanto, agradeço a todos que, no anonimato, participaram desta minha conquista.

" Pensemos apenas nisto: não fomos consultados para vir para este mundo e não seremos consultados quando tivermos de partir. Isso dá bem a medida da nossa importância material na terra, mas deve ser um elemento de consolo e não de desespero."

Érico Veríssimo

RESUMO

O processamento acelerado para a obtenção da carne oferece grande vantagem à indústria, podendo encurtar alguns estágios de produção por meio da combinação de técnicas como a desossa a quente e a marinação. Neste estudo, objetivou-se avaliar os efeitos da injeção de diferentes soluções salinas na qualidade de lombos suínos durante o pré-rigor. Em um primeiro experimento, foram avaliadas oito soluções de marinação isoladas: acetato de sódio (ACE); bicarbonato de sódio (BIC); citrato de sódio (CIT); cloreto de sódio (SAL); lactato de sódio (LAC); cloreto de cálcio (CCa); tripolifosfato de sódio (TPP); e nitrito de sódio (NO₂). No segundo experimento, os efeitos de diferentes soluções de marinação na qualidade de lombos (*M. Longissimus thoracis et lumborum*; LTL) suínos, desossados pré-rigor (TDQ); pré-rigor resfriado (TDQ-F) e pós-rigor (TDF), foram avaliados. Três soluções foram analisadas isoladamente: Sal-TPP (400 mM de NaCl + 200mM de Na₅P₃O₁₀), Sal-CaCl₂ (400 mM de NaCl + 300 mM de CaCl₂) e CaCl₂ (300 mM). Foram realizadas análises que incluíram pH, purga, cor objetiva, perda de peso por gotejamento, perda de peso por cozimento, Ezdriploss e textura objetiva em ambos os experimentos. A marinação com as soluções SAL, CCa e TPP foram as que proporcionaram os melhores valores de maciez, purga e valores de pH elevados, tanto para a desossa à quente como para a fria, bem como os índices de cor. Quanto à cor objetiva, para os coeficientes dos índices de luminosidade (L*) as soluções de injeção promoveram uma redução nos valores de L* das carnes submetidas a desossa quente quando comparadas com as processadas em desossa fria. Para o segundo experimento, a injeção com a solução de Sal-TPP foi a que proporcionou os melhores valores de PPC, pH e Ezdriploss sendo que esta última apresentou efeito significativo ($p < 0,05$) com relação ao tipo de desossa. Quanto à cor objetiva, os coeficientes dos índices de luminosidade (L*) todas as soluções promoveram uma redução nos valores de L* das carnes submetidas a TDQ e TDQ-F quando comparadas com as processadas em desossa fria. O tratamento CCa proporcionou os menores valores de perda por cozimento e força de cisalhamento, contudo, foram constatadas alterações negativas da marinação sobre a cor da carne, tornando-a mais escura e menos vermelha.

Palavras-chave: Marinação. Desossa a quente. Qualidade. Maciez.

ABSTRACT

The accelerated processing of meat offers great advantage to the industry, and can shorten some meat production stages by combining techniques such as hot boning, and marinating. In this study, we sought to evaluate the effect of injection of different salt solutions as pork loins during the pre-rigor. Two experiments were performed. The first experiment was performed seeking to evaluate the following eight marinating solutions: sodium acetate; sodium bicarbonate; sodium citrate; sodium chloride (salt); sodium lactate; calcium chloride (CCa); sodium tripolyphosphate (TPP); and sodium nitrite. The second experiment was performed to study the effect of different marinating solutions as loins pig, boned pre-rigor (TDQ); pre-rigor cold (TDQ-F), and post-rigor (DFT). Three solutions were analyzed separately: salt-TPP, salt-CaCl₂, and CaCl₂. Analyses were carried out to estimate the following parameters: pH, purge, objective color, weight loss, drip, weight loss by cooking, Ezdriploss and objective texture. Marinating solutions containing salt, CCa and TPP resulted in the best softness estimates, purging and high pH, for both hot and cold bones, and color indices. Regarding the objective color, solutions promoted a reduction of coefficients of luminosity index for meat under hot boning more than for meat under cold bones. Injection of Salt-TPP solution in the second experiment resulted in the best PPC, pH and Ezdriploss. The Ezdriploss was found to have a significant effect with regard to the type of boning ($p < 0.05$). Regarding the objective color, all solutions resulted in the reduction of coefficients of brightness index for meat under TDQ and TDQ-F, more than those under cold bones. The treatment with CCA provided lower cooking loss estimates and shear strength, however, negative changes of marinating for meat color were found, which made it darker and less red.

Key-words: Marinating. Hot boning. Quality. Tenderness.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Esquema dos cortes dos lombos e organização dos tratamentos na primeira etapa.....	51
Figura 2	Esquema dos cortes dos lombos e organização dos tratamentos na segunda etapa	52
Figura 3	Valores de pH de lombos suínos desossados a quente e a frio e injetados com diferentes concentrações de citrato de sódio.....	58
Figura 4	Valores de luminosidade (L^*) da cor de lombos suínos desossados a quente e a frio e injetados com diferentes concentrações de citrato de sódio.....	61
Figura 5	Valores do índice de vermelho (a^*) da cor de lombos suínos desossados a quente e a frio e injetados com diferentes concentrações de citrato de sódio.....	62
Figura 6	Valores do ângulo de toanidade (h^*) da cor de lombos suínos desossados a quente e a frio e injetados com diferentes concentrações de citrato de sódio.....	63
Figura 7	Valores da saturação (C^*) da cor de lombos suínos desossados a quente e a frio e injetados com diferentes concentrações de citrato de sódio.....	64
Figura 8	Valores de purga da cor de lombos suínos desossados a quente e a frio e injetados com diferentes concentrações de lactato de sódio.....	68
Figura 9	Valores do índice de vermelho (a^*) da cor de lombos suínos desossados a quente e a frio e injetados com diferentes concentrações de lactato de sódio.....	70

Figura 10	Valores de pH de lombos suínos desossados a quente e a frio e injetados com diferentes concentrações de bicarbonato de sódio.	72
Figura 11	Valores do índice de vermelho (a^*) da cor de lombos suínos desossados a quente e a frio e injetados com diferentes concentrações de bicarbonato de sódio.....	73
Figura 12	Valores do índice de amarelo (b^*) da cor de lombos suínos desossados a quente e a frio e injetados com diferentes concentrações de bicarbonato de sódio.....	74
Figura 13	Valores da saturação (C^*) da cor de lombos suínos desossados a quente e a frio e injetados com diferentes concentrações de bicarbonato de sódio.....	75
Figura 14	Valores do ângulo de tonalidade (h^*) da cor de lombos suínos desossados a quente e a frio e injetados com diferentes concentrações de bicarbonato de sódio.....	75
Figura 15	Valores de pH de lombos suínos desossados a quente e a frio e injetados com diferentes concentrações de tripolifosfato de sódio.	77
Figura 16	Valores de perda por cozimento (PPC) de lombos suínos desossados a quente e a frio e injetados com diferentes concentrações de tripolifosfato de sódio.....	77
Figura 17	Valores de força de cisalhamento (WBsSF) de lombos suínos desossados a quente e a frio e injetados com diferentes concentrações de tripolifosfato de sódio.....	78
Figura 18	Valores da luminosidade (L^*) da cor de lombos suínos desossados a quente e a frio e injetados com diferentes concentrações de tripolifosfato de sódio.....	79

Figura 19	Valores do índice de vermelho (a^*) da cor de lombos suínos desossados a quente e a frio e injetados com diferentes concentrações de tripolifosfato de sódio.....	80
Figura 20	Valores do índice de amarelo (b^*) e da saturação (C^*) da cor de lombos suínos desossados a quente e a frio e injetados com diferentes concentrações de tripolifosfato de sódio.....	81
Figura 21	Valores do ângulo de tonalidade (h^*) da cor de lombos suínos desossados a quente e a frio e injetados com diferentes concentrações de tripolifosfato de sódio.....	82
Figura 22	Valores de purga de lombos suínos desossados a quente e a frio e injetados com diferentes concentrações de cloreto de cálcio.	84
Figura 23	Valores de força de cisalhamento (WBsSF) de lombos suínos desossados a quente e a frio e injetados com diferentes concentrações de cloreto de cálcio.	85
Figura 24	Valores do índice de vermelho (a^*) e do ângulo de tonalidade (h^*) da cor de lombos suínos desossados a quente e a frio e injetados com diferentes concentrações de cloreto de cálcio.....	88
Figura 25	Valores do índice de vermelho (L^*) da cor de lombos suínos desossados a quente e a frio e injetados com diferentes concentrações de cloreto de sódio.	91
Figura 26	Valores do índice de amarelo (b^*) e saturação (C^*) da cor de lombos suínos desossados a quente e a frio e injetados com diferentes concentrações de cloreto de sódio.	92
Figura 27	Valores do ângulo de tonalidade (h^*) da cor de lombos suínos desossados a quente e a frio e injetados com diferentes concentrações de cloreto de sódio.	93
Figura 28	Valores de pH de lombos suínos desossados a quente e a frio e injetados com diferentes concentrações de nitrito de sódio.	94

Figura 29	Valores do índice de amarelo (b^*) e da saturação (C^*) da cor de lombos suínos desossados a quente e a frio e injetados com diferentes concentrações de nitrito de sódio.	96
Figura 30	Valores do índice de vermelho (a^*) e do ângulo de tonalidade (h^*) da cor de lombos suínos desossados a quente e a frio e injetados com diferentes concentrações de nitrito de sódio.	97

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Concentração de sais utilizados nos tratamentos de marinação	50
Tabela 2	Combinação das concentrações (mM) de sais utilizados nas soluções de marinação.....	52
Tabela 3	Valores de pH das soluções de marinação de acordo com a concentração de citrato de sódio	58
Tabela 4	Efeito do tipo de desossa nos valores de purga, perda por cozimento (PPC) e força de cisalhamento (WBsSF) de lombos suínos injetados com solução de citrato de sódio.....	59
Tabela 5	Valores de pH das soluções de marinação de acordo com a concentração de acetato de sódio	65
Tabela 6	Efeito da desossa sobre os parâmetros de pH, purga, perda por cozimento (PPC) e força de cisalhamento (WBsSF) de lombos suínos injetados com solução de acetato de sódio.....	65
Tabela 7	Efeito do tipo de desossa nos parâmetros de cor de lombos suínos injetados com solução de acetato de sódio.....	66
Tabela 8	Valores de pH das soluções de marinação de acordo com a concentração de lactato de sódio	67
Tabela 9	Efeito da desossa sobre os parâmetros de pH, perda por cozimento (PPC) e força de cisalhamento (WBsSF) de lombos suínos injetados com solução de lactato de sódio	68
Tabela 10	Efeito do tipo de desossa nos parâmetros de cor de lombos suínos injetados com solução de lactato de sódio	69
Tabela 11	Valores de pH soluções de marinação de acordo com a concentração de bicarbonato de sódio	71

Tabela 12	Efeito da desossa sobre os parâmetros de purga, perda por cozimento (PPC) e força de cisalhamento (WBsSF) de lombos suínos injetados com solução de bicarbonato de sódio	73
Tabela 13	Valores de pH das soluções de marinação de acordo com a concentração de tripolifosfato de sódio.	76
Tabela 14	Valores de pH das soluções de marinação de acordo com a concentração de cloreto de cálcio.....	83
Tabela 15	Efeito da desossa sobre os parâmetros de pH e perda por cozimento (PPC) de lombos suínos injetados com solução de cloreto de cálcio	83
Tabela 16	Efeito da desossa sobre os parâmetros de cor de lombos suínos injetados com solução de cloreto de cálcio.....	87
Tabela 17	Valores de pH das soluções de marinação de acordo com a concentração de cloreto de sódio	89
Tabela 18	Efeito da desossa sobre os parâmetros de pH, purga, perda por cozimento (PPC) e força de cisalhamento (WBsSF) de lombos suínos injetados com solução de cloreto de sódio.....	90
Tabela 19	Efeito da desossa sobre os parâmetros de cor de lombos suínos injetados com solução de cloreto de sódio.....	91
Tabela 20	Valores de pH das soluções de marinação de acordo com a concentração de nitrito de sódio.....	94
Tabela 21	Efeito da desossa sobre os parâmetros de purga, perda por cozimento (PPC) e força de cisalhamento (WBsSF) de lombos suínos injetados com solução de nitrito de sódio	95
Tabela 22	Efeito do tipo de desossa nos valores de purga de lombos suínos injetados com diferentes soluções de marinação.....	98

Tabela 23	Efeito das soluções de marinação nos valores de purga, perda por cozimento (PPC) e força de cisalhamento (WBsSF) de lombos suínos	99
Tabela 24	Efeito do tipo de desossa aplicada valores de força de cisalhamento (WBsSF) de lombos suínos	101
Tabela 25	Efeito do tipo de desossa nos valores de EZ driploss de lombos suínos injetados com diferentes soluções de marinação.....	102
Tabela 26	Efeito do tipo de desossa nos valores de luminosidade (L^*) de lombos suínos injetados com diferentes soluções de marinação....	104
Tabela 27	Efeito do tipo de desossa nos valores de índice de amarelo (b^*) de lombos suínos injetados com diferentes soluções de marinação.....	105
Tabela 28	Efeito do tipo de desossa nos valores de saturação (C^*) de lombos suínos injetados com diferentes soluções de marinação....	106
Tabela 29	Efeito do tipo de desossa nos valores de ângulo de tonalidade (h^*) de lombos suínos injetados com diferentes soluções de marinação.....	106

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
2.1	Panorama da Carne suína	19
2.2	Tecido Muscular Esquelético	23
2.3	Conversão do Músculo em Carne	25
2.4	Condições que afetam as características tecnológicas da carne suína	29
2.5	Maciez da carne: considerações gerais	36
2.5.1	Carne pré-rigor	39
2.5.2	Desossa pré-rigor	40
2.6	Marinação	42
3	MATERIAL E MÉTODOS	49
3.1	Dados do Experimento	49
3.2	Obtenção e preparo das amostras	49
3.3	Procedimentos analíticos	53
3.3.1	Medidas de pH	53
3.3.2	Purga	53
3.3.3	Cor Instrumental	54
3.3.4	Perda de peso por cozimento	54
3.3.5	Força de cisalhamento	55
3.3.6	Perda de peso por gotejamento	55
3.4	Análise estatística	56
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	57
4.1	Avaliação das soluções de marinação	57
4.1.1	Citrato de sódio	57
4.1.2	Acetato de sódio	64
4.1.3	Lactato de sódio	67
4.1.4	Bicarbonato de sódio	71
4.1.5	Tripolifosfato de sódio	76
4.1.6	Cloreto de cálcio	82
4.1.7	Cloreto de sódio	89
4.1.8	Nitrito de sódio	93
4.2	Avaliação das misturas de soluções de marinação	97
5	CONCLUSÕES	108
	REFERÊNCIAS	109

1 INTRODUÇÃO

A produção nacional de carne suína vem apresentando índices consideráveis de crescimento nos últimos 20 anos, aproximadamente de 111.845 milhões de toneladas, apresentando uma variação de 1,12% frente as 110.606 milhões de toneladas produzidas em 2014. Isso se deve às características peculiares da carne suína que permitem diversificar o seu processamento, oferecendo uma grande variedade de produtos sob diversas opções de consumo.

O método tradicional de corte de carcaças é comumente realizado após refrigeração, quando o rigor mortis está estabelecido, sendo esse processo chamado de “desossa a frio”. Neste sistema, se faz necessário o emprego de grandes espaços para resfriamento e a utilização de muita energia para esse tipo de processamento. É nesse contexto que pesquisas para aplicação comercial de desossa pré-rigor ou “desossa a quente” estão sendo executadas, mas problemas associados ao encurtamento pelo frio, ainda são pontos críticos deste método, pois afeta, diretamente, a maciez do produto final. A marinação, que consiste na incorporação de ingredientes e aditivos em soluções, está entre as estratégias empregadas para minimizar e controlar alterações indesejáveis em carnes frescas. Tem sido mostrado que os sais de sódio ou de potássio, por exemplo, podem vir a promover melhorias na maciez da carne.

Visando, portanto, aos benefícios econômicos para a indústria e a propiciar a satisfação do consumidor, torna-se essencial desenvolver diferentes processos *post mortem* adaptados à realidade nacional, com o objetivo de maximizar o processo de obtenção e melhorar a maciez da carne. Objetivou-se, neste estudo avaliar os efeitos da injeção de diferentes soluções salinas na qualidade de lombos suínos durante o pré-rigor.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Panorama da Carne suína

A carne suína é uma das mais antigas formas de alimentação, tendo sido o animal domesticado a cerca de 5000 AC, tanto no Oriente próximo quanto na China. A sua natureza adaptável e dieta onívora permitiu que os humanos primários o domesticassem, muito antes de que qualquer outro animal, como o gado, além de ser frequentemente utilizado como alimento, sua pele servia também de abrigo, seus ossos como ferramentas, armas, e seus pelos para o fabrico de escovas (ABAPA, 2015). Juntamente com a melhoria dos padrões de vida das pessoas e o desenvolvimento da economia, as carnes e produtos derivados tornaram-se um importante item alimentar na dieta humana. Nos últimos 50 anos, o consumo mundial de carne quadruplicou de 70 milhões de toneladas em 1961 para um total de 253.170 milhões de toneladas em 2015. Dentre os tipos de produtos mais consumidos estão os que derivam de carne suína (aproximadamente 43,4%) seguidos dos de carnes de aves (33,9%) e, por fim, de bovinos (22,8%) (RIO GRANDE DO SUL, 2015).

Em 2015, estima-se que a produção mundial de carne suína seja de aproximadamente de 111.845 milhões de toneladas, apresentando uma variação de 1,12% frente a 110.606 milhões de toneladas produzidas em 2014. A China e o Japão destacam-se por produzirem a metade do total mundial (aproximadamente 56.500 milhões de toneladas), já, a União Europeia (UE) apresenta uma produção de 22.400 milhões de toneladas, os Estados Unidos (EUA) com 10.329 milhões de toneladas e o Brasil (3.344 milhões de toneladas), apresentando-se como o quarto maior produtor e exportador, com 3% da produção mundial e 11% das exportações e crescente inserção internacional (MACHADO, 2015).

Conforme a Associação Brasileira de Proteína Animal (ABAPA, 2015), a produção suinícola brasileira apresenta-se entre as cadeias produtivas mais avançadas do mundo, adotando alta tecnologia e total controle de processos para produzir uma carne com elevados padrões de qualidade. A suinocultura brasileira adota como modelo produtivo, em sua maioria, a gestão de integração entre produtores e indústrias. Machado (2015) afirma que a produção nacional de carne suína vem apresentando índices consideráveis de crescimento nos últimos 24 anos, em torno de 3,8% ao ano, em virtude do fortalecimento do mercado interno, evidenciado pelo aumento das vendas domésticas. Isso se deve às características peculiares da carne suína que permitem diversificar o seu processamento, oferecendo uma grande variedade de produtos sob diversas opções de consumo, pois do total da carne suína produzida no Brasil, 85,8% foram consumidos no mercado interno (30% in natura e 70% industrializada) e os 14,2 % restantes tiveram como destino o mercado internacional. Já, de acordo com Büll (2015), no ano de 2015, a exportação brasileira de carne suína apresenta uma perspectiva de crescimento entre 13% e 15% em relação a 2014.

Os maiores produtores de carne suína no Brasil são os estados da região sul do país, Santa Catarina lidera produzindo 26,68% seguida pelo Rio Grande do Sul (22,31%) e Paraná (20,04%), o estado de Minas Gerais é o 4º maior produtor de carne suína com 11,46% (ABAPA, 2015). Contrariamente ao perfil mundial, o consumo de carne suína no Brasil é inferior ao das carnes de frango e bovina tal fato pode ser atribuído a questões como: a disponibilidade abaixo do potencial da demanda, as exportações apresentarem maior importância na sustentação do preços, além da crise econômica e o aumento da oferta frangos que afetam, diretamente o consumo (MACHADO, 2015).

O consumo da carne suína ocorre, preferencialmente, por meio de produtos processados (89%) em detrimento da carne suína in natura (11%) (ABAPA, 2015). Segundo Parmigiani (2011), entre dez categorias de

industrializados cárneos, sete possuem a carne suína como principal fonte de matéria-prima: linguiça, salsicha, salsichão, mortadela, presunto, apresuntado e salame. Miele e Machado (2010) afirmam que há uma significativa participação do consumo de carne suína *in natura*, suprido por meio da produção para subsistência, números estes que não são contabilizados.

O consumo per capita de carne suína *in natura* varia não somente em função das diferenças econômicas entre regiões, mas também, em razão da grande extensão territorial brasileira, que, além de permitir a produção de bovinos a baixo custo, promove o grande desenvolvimento da avicultura industrial. Outros fatores que determinam seu baixo consumo podem estar relacionados à diferenciação dos cortes de bovinos e aves, e alguns preconceitos relacionados à carne suína (HEDRICK; ABERLE; FORREST, 1989; PARDI et al., 2006; TRAMONTINI, 2000). De acordo com a Associação Brasileira de Proteína Animal (ABAPA, 2015), o consumo per capita de carne suína no Brasil no ano de 2014 foi de 14,6 kg/hab/ano, sendo a terceira carne mais consumida, quando comparada à carne de frango 26,0 kg/ano e bovina 40,0 kg/ano. Ao ser comparada com outros alimentos, a carne suína é rica em proteína, e pobre em carboidratos. A composição química do pernil suíno apresenta 15,2% de proteína, 31,0% de gordura, 53,8% de umidade e contém um nível energético relativamente baixo (em torno de 147 kcal/100g de carne suína) (BRAGAGNOLO; RODRIGUEZ-AMAYA, 2002).

O Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia - INMETRO (2012) afirma não haver significativas diferenças no teor de colesterol entre diferentes cortes, de carnes de aves, bovinos e suínos (tanto cozidos como crus), e que o toucinho suíno possui menor concentração de colesterol do que a pele de frango. No entanto, a grande expansão da cadeia e o aumento da demanda dos consumidores por alta qualidade também têm produzido novos desafios para a indústria.

O mercado de carne suína foi submetido a várias mudanças influenciadas por necessidades dos consumidores, que demonstram preferência por carcaças mais magras e saudáveis. Estratégias têm sido pensadas para modificar a fração lipídica de carne suína, contudo, afetam a sua qualidade global. Sua composição lipídica varia ,dependendo do tipo de fibra muscular e do músculo, e é influenciada por muitos fatores, tais como a espécie animal, o genótipo, criação e de alimentação (MACHADO, 2015) .

A intensificação dos esforços buscando, por meio do melhoramento genético de suínos, uma maior eficiência na deposição de tecido magro, levou a mudanças na composição da carcaça, aumentando, consideravelmente, a deposição de tecido muscular e reduzindo a taxa de deposição de gordura, porém, ocasiona modificações bioquímicas do músculo, com evidentes alterações em sua percepção sensorial (ROSENVOLD et al., 2001).

De acordo com Ramos e Gomide (2007) carne suína considerada ideal é identificada como RFN (*Reddish Pink, Firm, Non-Exudative*), apresentando coloração vermelho-rosada, textura firme e livre de exsudação de água na superfície. Alterações de qualidade influenciadas pelo pH podem estar relacionadas ao aparecimento de carnes PSE (*Pale, Soft, Exudative*), de coloração muito clara, textura mole e apresentando exsudação de água na superfície carne; carnes RSE (*Reddish Pink, Soft, Exudative*), de coloração típica da carne RFN, enquanto as demais características são semelhante à carne PSE e carne DFD (*Dark, Firm, Dry*), de coloração escura, textura firme e muito seca, observada com menor frequência em suínos. Essas alterações afetam diretamente a percepção do consumidor e influenciando sua atitude de compra.

2.2 Tecido Muscular Esquelético

O tecido muscular apresenta uma organização peculiar, que se diferencia dos outros tecidos do organismo animal. O músculo estriado esquelético é formado por feixes de células muito longas, multinucleadas e com estriações transversais. A célula muscular, denominada fibra muscular, é delimitada por uma membrana chamada sarcoplasma e, no interior de seu citoplasma, encontram-se fibrilas paralelas, chamadas de miofibrilas (ABERLE, 2001).

A fibra muscular esquelética é uma célula multinucleada, ligada à membrana que apresenta de 10 a 100 microns em diâmetro. A diversidade do músculo esquelético pode ser atribuída às características heterogêneas individuais das fibras musculares e a sua composição (BOTTINELLI, 2001; SCHIAFFINO et al., 1989; TABER, 1998). Quase todos os tipos de fibras são observadas nos músculos, porém, os parâmetros que possibilitam agrupá-las de forma a determinar suas propriedades metabólicas do musculo são: forma, proteínas miofibrilares, enzimas metabólicas, perfis e propriedades estruturais e contráteis (KLONT; BROCKS; EIKELNBOOM, 1998; LEFAUCHEUR, 2010; OZAWA et al., 2000; RYU; KIM, 2005).

O fator crucial para determinar os tipos de fibras musculares é a constituição das proteínas do musculo esquelético. Este é composto por três grupos de proteínas classificadas pela solubilidade e sua localização no tecido muscular. Elas são representados por proteínas sarcoplasmáticas, miofibrilares e do estroma, sendo as proteínas miofibrilares especialmente responsáveis pelas propriedades contráteis do músculo (GOLL et al., 2008).

Fibras musculares esqueléticas são caracterizadas pela sua organização em numerosas unidades que se repetem, chamadas sarcômeros, os quais são constituídos por um arranjo paralelo de filamentos finos e grossos. Os filamentos finos e grossos do sarcômero formam o padrão de bandas claras e escuras

alternadas, a faixa escura é anisotrópica, o que confere a denominação de banda A, enquanto a faixa clara, ou banda I, é isotrópica. No centro de cada banda I, aparece uma linha transversal escura, a chamada linha Z. A banda A revela a presença de uma zona mais clara no seu centro, denominada de zona H. A análise mais detalhada dessas bandas revela que a estriação da miofibrila é decorrente da repetição de unidades iguais, chamadas sarcômero, que estão localizados entre duas linhas Z sucessivas e apresentam uma banda A, separando duas semibandas I (OUALI, 1992). As miofibrilas do músculo estriado contêm, pelo menos, quatro principais proteínas: actina, miosina, troponina e tropomiosina. Os filamentos grossos são formados por centenas de moléculas de miosina, associadas, cauda a cauda e as outras três proteínas são encontradas nos filamentos finos e na linha Z (ABERLE, 2001).

O comprimento do sarcômero muda dependendo do estado de contração do músculo e repouso. A contração ocorre com o deslizamento dos filamentos finos sobre os grossos, resultando no aumento ou diminuição do comprimento do sarcômero. Os filamentos finos e grossos não mudam de comprimento, mas o grau de sobreposição entre os filamentos muda (HAMM, 1986). A estrutura e a composição molecular dos sarcômeros são notadamente similares entre os diferentes tipos de fibras musculares. No entanto, subjacente a esta aparente uniformidade, há também um grau elevado de variabilidade molecular, em razão da existência de múltiplas isoformas da miosina de alto peso molecular de cada componente miofibrilar (CLARK et al., 2002; SCHIAFFINO; REGGIANI, 1996).

Uma das proteínas miofibrilares mais abundantes são as cadeias de miosina de alto peso molecular. Em geral, existem quatro diferentes isoformas individuais da miosina de alto peso molecular identificadas nos tipos de fibras baseadas na ATPase, que são: tipo I e fibras IIb, também conhecidas pelo mecanismo lento-rápido-oxidativo e glicolítico, respectivamente, representam

dois perfis metabólicos extremos, são conhecidas também como fibras vermelhas. As IIa e IIx constituem o subtipo mais característico. São fibras de contração rápida, (conhecidas como fibras brancas) nas quais o metabolismo anaeróbico é dominante, o que origina uma grande acumulação de ácido láctico no final do exercício (KLONT et al., 1998). As diferenças citológicas entre os três tipos de fibras conferem as mesmas diferenças fisiológicas. Sendo assim, a fibra vermelha possui uma velocidade de contração lenta e tônica e um metabolismo oxidativo intenso. A fibra branca possui um conteúdo de glicogênio alto, com abundante metabolismo e uma contração rápida e fásica (ABERLE, 2001; BYRNE; TROY; BUCKLEY, 2000). Muitos estudos demonstraram os efeitos dos fatores intrínsecos e extrínsecos sobre a variação fibra muscular: tais como: seleção, sexo, idade, raça, hormônios, e atividade física, contudo, as características morfológicas e bioquímicas dos tipos de fibras musculares são os principais fatores que influenciam o metabolismo de energia nos músculos esqueléticos de animais vivos, bem como durante a conversão *post-mortem* de músculo para carne (CHOI; KIM, 2009; RYU; KIM, 2005; SCHIAFFINO; REGGIANI, 1996).

2.3 Conversão do Músculo em Carne

No animal vivo, as membranas celulares possuem uma polaridade bem definida que depende da distribuição de fosfolípidos. Os grupos fosfatidilserina eletronegativos, estão na face interna da membrana plasmática celular, enquanto os grupos de fosfatidilcolina e fosfatidiletanolamina eletropositivos, estão na face externa.

O processo de conversão de músculo em carne pode ser dividido em três fases: 1) Fase pré-rigor, durante o qual o músculo ainda é extensível; 2) Fase de *Rigor mortis*, quando as fontes de energia das células são esgotadas

(Adenosina Trifosfato (ATP), fosfocreatina e glicogênio); 3) Fase onde a interrupção da estrutura muscular ocorre (RAMOS; GOMIDE, 2007).

Uma vez que o animal é abatido ocorre um declínio rápido e inesperado de oxigênio e nutrientes para todas as células do corpo, levando o músculo a começar a processar as reservas de glicogênio para sintetizar ATP, resultando em uma mudança do metabolismo aeróbico para o metabolismo anaeróbico (ENGLAND et al., 2013). Uma molécula de glicose irá gerar três moles de ATP por meio de glicólise anaeróbia, fornecendo a energia necessária para a contração do músculo *post-mortem*. O organismo tenta manter sua homeostase, por meio da glicólise anaeróbica e o ácido láctico é produzido, se fosse sob condições aeróbias, o ácido láctico não se acumularia e seria oxidado resultando em CO₂ e água. Em músculos bovinos mantidos a 20°C, o início do rigor mortis ocorre quando concentrações de ATP alcançam valores próximos de 1,0 μmol/g. Nessa concentração, o pH do músculo geralmente se encontra próximo ao valor de 5,9, desde que a concentração de glicogênio do músculo na hora da morte esteja em níveis normais (RAMOS; GOMIDE, 2007). Os principais processos bioquímicos do músculo após o abate são, principalmente, os de degradação e ressíntese de ATP. Como uma consequência da morte, três fontes de energia tornam-se disponíveis: ATP, creatina fosfato (CP) e o glicogênio. Tanto o ATP como a CP estão presentes em pequenas quantidades no músculo, fazendo com que o glicogênio seja a principal fonte de energia para a glicólise.

Embora a taxa de metabolismo *post-mortem* seja importante na condução de desenvolvimento da qualidade da carne, é relativamente bem estabelecido. A conversão do músculo em carne envolve uma série de processos bioquímicos complexos e que ocorrem simultaneamente e são dependentes dos tratamentos *ante mortem*, do processo de abate e das técnicas de armazenamento da carne (FORREST et al., 1979; PRÄNDL; FISCHER; SCHMIDHOFER, 1994).

Uma vez liberado no retículo sarcoplasmático o cálcio reage com troponina na miofibrila e altera a sua configuração que, por conseguinte, junta-se a extremidade da cabeça da actina, ou seja, são formadas pontes cruzadas permanentes entre os filamentos de actina com os de miosina, formando o complexo chamado de actomiosina, resultando no encurtamento do músculo, essa tensão e rigidez muscular que leva à criação do *rigor mortis* (ABERLE, 2001; KOOHMARAIE, 1996; RAMOS; GOMIDE, 2007).

A fase de pré-rigor no músculo ocorre no início *post-mortem*, enquanto a glicólise post-mortem está em curso. Por isso, é uma fase bioquimicamente dinâmica que envolve a interação de pH, temperatura e tempo (WHITE et al., 2006b). Durante a primeira fase do rigor, a flexibilidade e a elasticidade do músculo permanecem inalterados, o músculo é ainda extensível, porque existe ATP produzida pelos mecanismos imediato, aeróbio e anaeróbio disponíveis para se ligar com o Mg^{++} e promover a desconexão das pontes cruzadas de actomiosina, permitindo, dessa forma, que os músculos relaxem (RAMOS; GOMIDE, 2007).

Esse período pré-rigor tem uma influência crítica sobre a maciez, pois é nesse ponto em que o grau de rigor e da atividade de enzimas proteolíticas envolvidas na maciez são determinados. A fase inicial do rigor mortis é acompanhada por uma diminuição da capacidade de retenção de água pelo músculo, que não se deve somente pela queda do pH ou pela desnaturação das proteínas sarcoplasmáticas, mas também, devido ao esgotamento dos níveis de ATP e à consequente formação de actomiosina (LAWRIE, 2005).

A conversão de glicogênio em ácido láctico continuará a diminuir o pH da carne até que o glicogênio ou as fontes de ATP são esgotadas ou até que as proteínas contrácteis deixem de funcionar como um resultado do baixo pH intramuscular. A formação de ácido láctico fornece energia para a “reabilitação” da creatina fosfato, permitindo a contração muscular. Como não há mais fluxo

sanguíneo, o ácido láctico produzido se acumula no músculo. Conseqüentemente, há um declínio do pH no músculo *post mortem*, essencialmente ligado à quantidade de glicogênio presente no músculo no momento do abate. Outro fator que contribui para o aumento do pH no músculo *post mortem* é o fato de que as enzimas da cadeia respiratória, que atuam como receptoras de íons hidrogênio, não mais estão ativas (MANTESE, 2002). A diminuição do pH causa inativação gradual do complexo troponina, levando a um aumento da atividade da miosina-ATPase e acelera a hidrólise do ATP (PRÄNDL et al., 1994). A atividade da mioquinase é aumentada, gradualmente, também por efeito da queda do pH. A quebra do glicogênio não ocorre de maneira uniforme em todos os estágios após o abate. Segundo Bate-Smith (1948) citado por Lawrie (2005), parece haver um aumento progressivo na velocidade da glicólise até atingir o pH que corresponde ao momento em que as membranas perdem a resistência. Nesse momento, o músculo perde sua capacidade de contração e há livre passagem de íons pelas membranas. Disso resulta uma rápida equalização do pH em todo o tecido. Desse ponto em diante, a glicólise vai diminuindo até que as reservas de glicogênio estejam esgotadas ou até que o pH seja tão baixo, ao ponto de inibir completamente as enzimas glicolíticas (pH <5,4).

Os fatores internos mais importantes são as reservas de glicogênio e creatina fosfato (CP). Quanto maior é o conteúdo de glicogênio e CP no momento do abate, mais tarde aparece o *rigor mortis* e vice-versa. A CP é esgotada, durante essa fase, inibindo a fosforilação do ADP (adenosina difosfato) em ATP, causando uma diminuição acentuada no nível ATP, e as bombas ATP-dependentes (Ca^{++2} ; Na^+ e K^+) passam a não funcionar e, portanto, ocorre uma despolarização lenta e progressiva nas membranas celulares e não há mais a retirada dos íons cálcio do citoplasma e uma vez liberado no retículo sarcoplasmático o cálcio reage com troponina na miofibrila

e altera a sua configuração que, por conseguinte, junta-se a extremidade da cabeça da actina, ou seja, são formadas pontes cruzadas permanentes entre os filamentos de actina com os de miosina, formando o complexo chamado de actomiosina, e como o nível de ATP continua decrescendo até atingir valores menores que $0,1 \mu\text{mol/g}$, quando o rigor se estabelece (RAMOS; GOMIDE, 2007), esta passa a não ser suficiente para quebrar as ligações da actina com a miosina, os músculos não podem mais relaxar, tornando-se, conseqüentemente, inextensíveis, essa é a tensão e rigidez muscular que leva à criação do *rigor mortis* (ABERLE, 2001; KOOHMARAIE, 1996). Bendall e Swatland (1988) descrevem que, conhecendo-se a temperatura, o nível da reserva inicial e os níveis de ATP e CP, pode-se prever, com bastante precisão, o tempo de rigor mortis. Marsh (1954), citado por Lawrie (2005), afirma que o valor de pH sozinho dá uma boa aproximação geral do estado de *rigor mortis*.

O encurtamento provocado pelo *rigor mortis* difere da contração normal porque se formam mais pontes cruzadas de actomiosina. Durante a contração normal, ligam-se somente 20% dos sítios de ligação possíveis, durante o *rigor mortis*, praticamente todos os sítios de ligação entre actina e miosina são utilizados, fazendo com que ocorra um significativo encurtamento do sarcômero. Contudo, ainda continua ocorrendo uma degradação enzimática natural da carne que vai propiciar uma queda da tensão (*resolução*), após o estabelecimento do rigor (RAMOS; GOMIDE, 2007).

2.4 Condições que afetam as características tecnológicas da carne suína

A produção de carne suína apresenta-se em constante crescimento no mercado internacional, contudo, sofre ainda uma acirrada concorrência entre os países exportadores. Além disso, os consumidores estão levando em consideração não somente os aspectos relacionados a preço e qualidade, como

também os fatores relacionados ao bem-estar animal (VERMEULEN et al., 2015). Por isso, todos os elos da cadeia buscam uma produção de carne suína otimizada e qualitativamente superior. No entanto, muitos defeitos de carne ainda ocorrem, especialmente por que um grande número de fatores intrínsecos (relacionados ao animal) e extrínsecos (da concepção até o preparo final do produto para consumo) interagem e influenciam as diferentes características relacionadas com a qualidade da carne. Essa qualidade varia entre os diferentes mercados mundiais é percebida de forma distinta para cada segmento da cadeia (produtor, indústria e consumidor), apresentando-se de formas diferentes e dependendo do nível de formação e informação do consumidor (ADZITEY; NURUL, 2011; VAN DE PERRE et al., 2010a; VAN DE PERRE et al., 2010b).

Durante o processo de conversão do músculo em carne, ocorrem uma série de alterações no metabolismo e na estrutura física das células, os principais eventos observados são a perda do suprimento de oxigênio, esgotamento das reservas de energia das células, formação e acúmulo de ácido lático, queda do pH, queda na temperatura, aumento da concentração de íons de cálcio e aparecimento do rigor mortis, resultando no encurtamento dos sarcômeros (LAWRIE, 2005). O pH final tem uma influência marcante sobre a capacidade de carne fresca para reter água naturalmente ou adicionada, uma propriedade normalmente referida como a capacidade de retenção de água (CRA). A capacidade de retenção de água é mínima, cada vez mais que se aproxima do ponto isoelétrico (cerca de pH 4,5), melhorando em valores de pH mais elevados. Uma carne com baixa capacidade de retenção de água está associada com maior perda por gotejamento, maior perda por cocção, menor suculência e valores de maciez mais baixos.

A combinação desses eventos determina a qualidade final da carne e suas propriedades como cor, maciez, sabor, odor e capacidade de retenção de água (ROSENVOLD et al., 2001).

O adequado manejo pré-abate de suínos é muito importante, já que há uma relação direta entre a qualidade da carne e o bem-estar animal. A forma como os animais respondem ao estresse pré-abate depende da raça, idade e, principalmente, das condições do abate (densidade elevada de animais/área, condições meteorológicas adversas, privação de alimentação e água, estabulação, tempo de viagem e mistura de diferentes grupos genéticos. Portanto, não há dúvidas de que as más condições ambientais durante o manejo pré-abate, podem também, irreversivelmente, afetar a qualidade da carne (ADENKOLA et al., 2008; ALVAREZ; GARRIDO; BANON, 2009; DALLA COSTA et al., 2007; MUCHENJE et al., 2009; MUCHENJE; NDOU, 2011; RITTER et al., 2007).

São reportados dois grandes defeitos relacionados à qualidade da carne de suínos, sendo que estão diretamente relacionados com a velocidade da queda do pH e a temperatura corporal, podendo ser PSE (*pale, soft and exudative*, em português: pálida, mole e exudativa) ou DFD (*Dark, Firm, Dry*, em português: Escura, dura e seca). O primeiro defeito ocorre quando os animais sofrem estresse agudo antes do abate e os suínos têm reservas suficientes de energia para causar um rápido aumento no teor de ácido láctico, durante o período post-mortem imediato e, conseqüentemente, elevando o pH do músculo para valores inferiores a 6,0, antes da primeira hora após o abate (BRISKEY, 1964; OLIVER; GISPERT; DIESTRE, 1988).

A carne PSE representa o principal problema de qualidade na indústria de carne suína, resultando em carnes com características indesejáveis como a exsudação excessiva, descoloração textura flácida que levam às elevadas perdas de água durante o processamento, proveniente de diferentes mecanismos

fisiológicos e bioquímicos. A principal causa do desenvolvimento da condição carne PSE é uma decomposição acelerada do glicogênio após o abate, que causa um valor de pH muscular baixo, geralmente inferior a 5,7 enquanto a temperatura do músculo ainda está próxima do estado fisiológico (>38 °C) (MAGANHINI et al., 2007).

Alguns suínos são extremamente sensíveis ao estresse. Nesses animais ocorre uma síndrome (PSS - *Porcine Stress Syndrome*). O gene halotano, além de determinar a maior predisposição ao estresse em suínos, é responsável pela produção de carcaças com maior produção de carne magra, porém, também relaciona-se à produção de carne PSE, um problema grave para a industrialização de carnes (SELLIER et al., 1988). Fujii et al. (1991) encontraram uma mutação no gene que codifica para o receptor rianodina do músculo esquelético, correlacionada com a hipertermia maligna, há evidências de que o alelo RyR1 (n) tem uma grande influência sobre a queda do pH, através de uma aceleração da glicogenólise *post-mortem* observada nas carnes PSE. As linhagens genéticas que foram melhoradas para o ganho de peso e produção de carne magra apresentaram ocorrência elevada para a síndrome do PSE, em decorrência do metabolismo energético insuficiente. Assim, as empresas de melhoramento genético têm procurado revertê-lo, tentando eliminar o gene halotano dos animais (CULAU et al., 2002). Porém, mesmo que exista correlação significativa entre animais portadores do gene halotano e produção de carne PSE (SILVEIRA, 1996), afirma-se que o genótipo por si só não explica totalmente a ocorrência de carne PSE (WARRIS, 1995) pois essa condição também pode ocorrer em animais normais submetidos a condições de estressantes antes do abate.

A quantidade de glicogênio do músculo no momento da morte do animal determina a taxa e a extensão da glicólise e, portanto, o pH final a capacidade de retenção de água e cor de carne (BENDALL; SWATLAND, 1988; BENDALL;

WISMER-PEDERSEN, 1962; HAMILTON et al., 2002; MONIN; SELLIER, 1985). O glicogênio é convertido em ácido láctico que acumula-se e acidifica o músculo gradualmente. Como pH cai (abaixo de 5,4), enquanto a temperatura da carcaça ainda é alta (36-40 ° C) nas primeiras horas após o abate, ocorre a desnaturação da proteínas musculares, atingindo o seu ponto isoelétrico e reduzindo sua capacidade de retenção de água (CRA), além disso, a queda do pH provoca uma redução no espaçamento interfibrilar no músculo influenciando também a CRA (KÜCHENMEISTER; KUHN; ENDER, 2000; PEETERS et al., 2008; VAN DE PERRE et al., 2010a; VERMEULEN et al., 2015).

A capacidade de retenção de água (CRA) define-se como a capacidade da carne em reter sua umidade durante a aplicação de forças externas, como corte, aquecimento, trituração e prensagem. As miofibrilas são as principais responsáveis pela ligação entre a água e a proteína, fazendo com que a carne seja composta por aproximadamente 75% de água (LAWRIE, 2005). A baixa capacidade em reter água acarreta em tempo de armazenamento prejudicado, perdas consideráveis de peso e maior probabilidade de proliferação microbiana, além de gerar reflexos econômicos para a indústria em função das alterações nas características sensoriais, como cor, textura, firmeza, suculência e maciez (TEJERINA; GARCÍA-TORRES; CAVA, 2012). A perda de exsudato ocorre em consequência do encolhimento das miofibrilas, no período post mortem e é um dos principais fatores de perda de qualidade dos produtos cárneos nas indústrias, sendo influenciada também pelo pH final, tamanho das peças de carne e tempo de processamento, e juntamente com a perda de peso por cozimento indicam a capacidade de retenção de água (JENSEN et al., 2003a; MCKEE; HARGIS; SAMS, 1998). A condição PSE causa grande perda de água por exsudação, normalmente restrita aos músculos do pernil e lombo, podendo atingir em média 50% a mais de perda em comparação à carne normal,

elevando, consideravelmente, os prejuízos causados à indústria (KUO; CHU, 2003).

De acordo com Bendall e Restall (1983) perdas de peso por cozimento resultam do encolhimento das miofibrilas, durante a cocção e varia em função do tempo e da temperatura de cocção, pode ser explicada em quatro diferentes fases. À medida que as proteínas sarcoplasmáticas e miofibrilares desnaturam entre 40 a 53°C ocorre perda lenta de fluidos das miofibrilas constituintes para dentro dos espaços extracelulares, não ocorrendo o encurtamento simultâneo. Posteriormente, ocorre rápida perda de fluído pelas miofibrilas e o encolhimento pelo calor do colágeno da membrana basal quando a temperatura aumenta para 60°C. Entre 64°C e 90°C ocorre o encolhimento, pelo calor, dos colágenos endomisial, perimisial e epimisial, diminuindo o diâmetro das miofibrilas, aumentando, assim, a perda de umidade por cozimento. E, por fim, com o aquecimento prolongado, a conversão dos colágenos epimisial, endomisial e perimisial, em gelatina, promove o amaciamento da carne e perda de umidade, caracterizando, assim, a perda de peso por cozimento.

As características de cor de carne suína são afetadas pelo pH por meio da sua influência sobre a oxidação de desoximioglobina (Mb) e oximioglobina (MbO₂) sobre a superfície da carne fresca (MANCINI; HUNT, 2005). Além disso, o pH afeta a atividade de enzimas consumidoras de oxigênio (LEDWARD, 1992) e a desnaturação de proteínas (LINDAHL et al., 2006) que afetam a estabilidade da cor e propriedades de dispersão da luz da carne suína. Assim, um baixo pH pode resultar em descoloração mais pronunciada, durante o armazenamento. Características sensoriais como maciez, suculência, sabor da carne suína são positivamente correlacionados com pH (CAMERON et al., 1999; HUFF-LONERGAN et al., 2002). Em geral, esses resultados indicam que uma baixa taxa de declínio do pH tem um resultado positivo na melhoria da qualidade da carne.

Portanto, carnes PSE tem a propriedade de ter uma alta capacidade de dispersão de luz e uma baixa capacidade de retenção de água (CRA) (ADZITEY; NURUL, 2011; OFFER, 1991). Scheffler, Park e Gerrard (2011) afirmam que, para detectar a carne PSE, o pH da carne tem de ser medido de 30 min após o abate. Josell et al. (2000) definem que o valor do pH 30 minutos após o abate tem de ser inferior a 6,1. Porém Adzitey e Nurul (2011), Van de Perre et al. (2010a) e Vermeulen et al. (2015) relataram que, em países onde a incidência de carne PSE é elevada, um valor de pH mais rigorosas ($\leq 5,9$) pode ser utilizado.

Portanto, a combinação do pH baixo e elevada temperatura da carcaça levam a maior desnaturação de proteínas miofibrilares com consequente redução da capacidade de retenção de água e cor afetada da carne, o que representa um sério problema para a indústria, visto que, essas características prejudicam, consideravelmente, a sua utilização na elaboração de produtos cárneos, sendo que esta pode ser destinada, até certo limite para a elaboração de alguns produtos fermentados e certos tipos de emulsionados, mas é inadequada para a elaboração de presunto cozido e outros produtos curados cozidos, em razão comprometimento das propriedades funcionais das suas proteínas (CALDARA et al., 2012; WIRTH, 1986).

Já, o desenvolvimento da carne DFD também está relacionado com o manejo pré-abate, causando deterioração bacteriológica de carne fresca e importantes problemas tecnológicos em produtos secos curados (WIRTH, 1986). Os exercícios físicos, o transporte, a movimentação, o jejum prolongado e o contato com suínos estranhos ao seu ambiente acarretam o consumo das reservas de glicogênio, levando à lentidão da glicólise com relativa diminuição da formação de ácido láctico muscular. De acordo com Bidner et al. (2004), Eikelenboom, Bolink e Sybesma (1991), Lengerken, Maak e Wicke (2002); Partanen et al. (2007) e Wittmann et al. (1994) submeter os animais a um

estresse crônico como, por exemplo, a privação de alimento antes do abate, proporciona altos valores de pH em 24 h (pH₂₄) nas carcaças, em virtude da redução de reservas de glicogênio no músculo, evitando, assim, o ácido láctico suficiente de alcançar pH muscular valores inferiores a 6,0 em 24 h após o abate.

A carne DFD pode ser utilizada para o processamento de produtos emulsionados como salsicha tipo Frankfurt e produtos curados cozidos, formulados com 60% de carne normal para que seja obtida uma coloração desejável, não sendo recomendada para o processamento de produtos fermentados e secos (WIRTH, 1986).

Portanto, faz-se necessário o desenvolvimento de ferramentas para o monitoramento automático contínuo do bem-estar animal, visando a uma redução controlada de estoques de glicogênio, reduzindo a velocidade e extensão do declínio do pH *post-mortem* e, assim, melhorando os traços importantes de qualidade da carne.

2.5 Maciez da carne: considerações gerais

A carne é composta, em sua maior parte, por musculatura esquelética associada a tecido conjuntivo e gordura, organizados em uma estrutura complexa, variável entre espécies e entre músculos de uma mesma espécie. O entendimento do que é a carne deve estar fundamentado no fato de que os músculos são desenvolvidos e diferenciados para propósitos fisiológicos definidos e em resposta a vários estímulos intrínsecos e extrínsecos (LAWRIE, 2005).

Em geral, os consumidores consideram a textura e a maciez da carne os atributos mais importantes, no momento do seu consumo (VEISETH; KOOHMARAIE, 2001). Segundo Szczesniak (2002), textura é uma propriedade sensorial do alimento, já a maciez é um atributo da textura. A maciez final da

carne depende, principalmente, das alterações *pós-mortem* que afetam o sistema contrátil do músculo, além do tamanho dos feixes de fibras e este é determinado pelo número, diâmetro e tamanho de fibras e pela quantidade de perimísio que envolve cada feixe. A maciez também é afetada por outros fatores, tais como: (1) do tipo de fibra muscular, (2) a capacidade de retenção de água, (3) comprimentos do sarcômero miofibrilar e (4) a quantidade e a natureza do tecido conjuntivo (TEJERINA et al., 2012). Osório, Osório e Sañudo (2009) define a maciez como a facilidade com que a carne se deixa mastigar, podendo ser decomposta em três sensações: uma inicial, com facilidade de penetração e corte; outra mais prolongada, com resistência à ruptura e a final, com sensação de resíduo.

A maciez tende a ser maior em animais jovens e diminuir com a idade, em razão do acúmulo e à maturação do tecido conjuntivo e das fibras musculares. Porém, Van Laack, Stevens e Stalder (2001) afirmam que a idade média em que os suínos são abatidos (150 a 175 dias) não afeta de forma significativa a maciez da carne, pois nessa idade ainda não há grande quantidade de tecido conectivo nos músculos, as características que afetam diretamente a maciez nesse caso são: idade, o genótipo, o sexo, o uso de anabolizantes, a alimentação e os tratamentos *post mortem* (ALVES et al., 2005). Koohmaraie et al. (1988) sugeriram que, no momento do abate, todos os animais que receberem os mesmos tratamentos pré-abate apresentam características semelhantes de maciez, e que, as diferenças nessa característica são criadas nas primeiras 24 h post-mortem. Koohmaraie (1996) demonstrou que existe uma grande quantidade de variação na maciez (força de cisalhamento), após um dia de armazenamento post-mortem, e que a dureza máxima foi observada na faixa de 9-24 h.

A causa do endurecimento, durante as primeiras 24 horas *post mortem*, foi bastante revisada e numerosos estudos sugerem a existência de várias razões para esse aumento. Crouse, Koohmaraie e Seideman (1991) afirmam que o

endurecimento seja causado pela mudança no estado de força de interação actina/miosina e da possibilidade dessa mudança causar severo encolhimento muscular nas primeiras 24 h post-mortem. Alguns estudos demonstraram que o comprimento de sarcômero não afeta a maciez (SHACKELFORD et al., 1994). Entretanto, a maioria das pesquisas sugere que o encurtamento do sarcômero é o fator causal da diminuição na maciez dos músculos do momento do abate até 24 horas *post mortem*. Após 24 h, um aumento na maciez é observado como um resultado da degradação enzimática do tecido muscular. A temperatura de armazenamento pode afetar essa degradação enzimática, bem como de outros factores, incluindo: o pH, tipo de fibra muscular montante, e o grau de ligação cruzada de tecido conjuntivo, e as espécies animais. Degradação enzimática é causada por enzimas proteolíticas, tais como calpaínas e proteases lisossomais. O processo de envelhecimento, geralmente, leva 1-2 dias em frango, carne de porco em 3-6 dias e 10-20 dias em carne de boi.

Com relação ao marmoreio (ou percentagem de gordura intramuscular) e seu efeito na maciez, parece existir muitas controvérsias. Embora seja um fato aceito de que o conteúdo de gordura afeta a palatabilidade da carne, contudo, a relação com maciez não é bem clara (SCHÖNFELDT et al., 1993). De acordo com Roça (2000), apesar da carne suína apresentar um baixo teor de gordura entremeada, essas gorduras (intermusculares e intramusculares) funcionam como barreira contra a perda do suco muscular durante o cozimento, aumentando, portanto, a retenção de água pela carne e, conseqüentemente, sua suculência. No entanto, de acordo com Moelich, Hoffman e Conradie (2003) a condição PSE pode influenciar a suculência da carne. Os autores, ao avaliarem as características sensoriais da carne suína provenientes de animais portadores do genótipo halotano, encontraram diferenças significativas nos escores de suculência entre os genótipos avaliados, com menor valor observado para os animais homozigotos recessivos.

De acordo com Sheard et al. (2005) a melhoria na textura e suculência pode ser alcançada de diversas maneiras: (1) do manejo (em particular raça e da dieta), (2) controlando fatores pós-abate (como a taxa de refrigeração, tempo de maturação, o método de suspensão ou o uso de estimulação elétrica), (3) promovendo o processamento acelerado (por exemplo, cura ou marinação).

Portanto, a maciez da carne é um resultado da combinação de todas as etapas da cadeia produtiva com fatores intrínsecos ao animal. Por isso, os procedimentos adequados de produção, transporte, abate e industrialização devem ser assegurados, para que se obtenha um produto final com qualidade.

2.5.1 Carne pré-rigor

A maciez é um dos atributos mais importantes a ser considerado, durante o consumo de carne, uma das razões principais para as variações nesse atributo associa-se, diretamente, a forma como a carcaça é tratada até o momento do rigor. A carne pré-rigor refere-se ao músculo antes do estabelecimento do *rigor mortis*, segundo Jolley, Honikel e Hamm (1981) afirmam que as características da carne pré-rigor a torna adequada para a produção de embutidos emulsionados, apresentando características de sabor, cor, aparência e textura mais atrativos, com maior estabilidade da cor curada, boa liga e menores valores de perda de peso por cocção.

A dinâmica da carne pré-rigor envolve a glicólise post-mortem, esta, por sua vez, é influenciada pelas interações entre pH / temperatura / tempo (WHITE et al., 2006b). O músculo apresenta-se macio, altamente hidratado. Caracterizado por queda do ATP e CP e ativação da via glicolítica, produção de ácido Láctico e queda no pH. A intensidade de queda no pH depende de reservas de glicogênio (nível de exaustão do animal).

A carne pré-rigor é conhecida pela sua funcionalidade, apresenta CRA e capacidade emulsificante superiores. Esse efeito é atribuído ao fato de que a quantidade de proteína solúvel em solução salina é maior que na carne post rigor (50% a mais), mas também que a quantidade de gordura emulsificada por unidade de proteína é 60% superior (ORDÓÑEZ, 2005). A funcionalidade de carne pré-rigor diminui à medida que se desenvolve rigor entre 12 e 14 horas após o abate (CLAUS; SØRHEIM, 2006). Em geral, a CRA é uma importante característica da qualidade da carne. As perdas de peso, durante a refrigeração e armazenamento estão diretamente relacionada a ela, a diminuição da CRA é determinada pela queda do pH. A glicólise anaeróbia é responsável pela diminuição do pH no músculo post-mortem. A falta de oxigênio e ausência de um sistema circulatório leva à acumulo de íons de lactato e de hidrogênio no músculo. Se glicólise ocorre a uma velocidade acelerada, o pH diminui muito rapidamente, e as proteínas do músculo desnaturam, em decorrência da combinação de pH baixo e de temperatura elevada.

Jolley et al. (1981) sugeriram que a carne pré-rigor, associada a soluções salinas, apresentam maior CRA, em razão da forte repulsão eletrostática entre as proteínas miofibrilares dissociadas (miosina e actina) causadas pela influência combinada do ATP, alto pH e aumento de força iônica resultante da adição de sais.

2.5.2 Desossa pré-rigor

O método tradicional de desossa das carcaças é comumente realizado 24 horas após o abate, quando o *rigor mortis* está estabelecido. Geralmente, após o abate as carcaças são acondicionadas em uma câmara frigorífica, de modo que vão reduzindo sua temperatura gradualmente, somente após atingir 5°C as carcaças são encaminhadas para a desossa. Esse processo denomina-se desossa

a frio. No entanto, faz-se necessário o emprego de grandes espaços para resfriamento e o consumo de muita energia, para esse tipo de processamento. É neste contexto que pesquisas e aplicação comercial de desossa da carcaça com músculo pré-rigor ou “desossa quente” estão sendo executadas em diferentes níveis. Cross e Seideman (1985) citam que os primeiros trabalhos sobre desossa pré-rigor foram feitos por Lowe e Stewart (1946), que estudaram o efeito da desossa de peito de aves, por Ramsbotton e Strandine (1949) que verificaram os efeitos da desossa pré-rigor na maciez da carne bovina e Paul et al. (1952), que verificaram que a carne cozida pré-rigor era mais macia do que a carne cozida após o *rigor mortis*.

A desossa a quente é o processo que corresponde à retirada dos músculos da estrutura óssea, antes que a temperatura corporal do animal seja substancialmente reduzida, o que significa diminuição do tempo normal entre o abate e a desossa. Porém, a técnica de desossa a quente pode afetar características de processamento positiva ou negativamente (LESIK et al., 1996). Essa técnica promete uma utilização mais racional da energia do que o método convencional de processamento de carne (VAN LAACK et al., 1998).

A aplicação da desossa a quente é de interesse para a indústria pois este é proposto como um meio para reduzir os custos trabalhistas e de energia associados ao processamento da carne. De acordo com Neel, Reagan e Mabry (1987) e Miller et al. (1984) a desossa de carcaças não resfriadas pode melhorar o sabor e suculência da carne, aumentar a capacidade de retenção de água (CRA) e reduzir as perdas por cozimento. Porém, além de suas possíveis vantagens econômicas, a desossa a quente pode afetar as características de qualidade de carne, tais como maciez, pois a queda brusca da temperatura do músculo desossado quente é mais uniforme que em músculos deixados na carcaça.

Herring et al. (1967) descobriram que os músculos removidos da carcaça logo após o abate, e com possibilidade de se contrair livremente sob

refrigeração, eram menos macios do que os músculos que não podiam se contrair durante o *rigor mortis* ou que eram removidos após resolução do rigor. Essa contração muscular extra, como já foi referido, constitui-se no fenômeno do encurtamento pelo frio. Estudos verificaram também que a diminuição da maciez acompanhava o maior grau de contração dos músculos, e sugeriram que o encurtamento pelo frio poderia ocorrer mesmo se os músculos permanecessem ligados ao esqueleto.

Posteriormente, Marsh et al. (1987) mostraram que o calor do corpo é capaz de dissipar a partir dos músculos quentes de ossos em uma taxa mais rápida do que no processamento normal, causando a contração dos músculos a uma taxa acelerada e resultando em menos carne macia (encurtamento pelo frio); ou a carne pode ser congelada antes do início do rigor que irá ocorrer após o descongelamento (rigor de descongelamento). Outros autores constataram aumentos nas perdas por gotejamento, após desossamento quente e subsequente resfriamento a 0 -2 °C (WEAKLEY et al., 1986).

Segundo White et al. (2006a), independentemente de a taxa de arrefecimento; processos de desossa a quente produzem uma carne mais resistente do que a carne submetida a desossa a frio. Na desossa quente, os músculos são removidos da carcaça em estado de pré-rigor e, portanto, são mais suscetíveis a contração e encurtamento, em razão da ausência da tensão promovida pelo esqueleto, produzindo uma carne mais dura (TROY; KERRY, 2010).

2.6 Marinação

O processamento acelerado nas carcaças é uma abordagem utilizada para reduzir os custos de desossa, mas sempre uma grande atenção deve ser dispensada no que diz respeito a qualidade da carne. O processamento acelerado

nada mais é que uma tecnologia aplicada para colocar o produto ao alcance do consumidor em um curto espaço de tempo, objetivando a redução de custos (TAYLOR; SHAW; MACDOUGALL, 1981). Atualmente, no Brasil, a lei determina a obrigatoriedade das meias carcaças atingirem a temperatura máxima de 7°C (medida na porção muscular mais profunda) nas primeiras 24 h pós-abate, antes que sejam fracionadas em cortes primários e secundários (BRASIL, 1996).

O sistema de processamento convencional da carne vermelha, nas condições descritas de temperatura e tempo, permitem que a carne esteja pronta para consumo no mínimo 24h após o abate e , além disso, qualquer aumento na produção implica no aumento da capacidade das câmaras de resfriamento. A utilização de técnicas que possibilitem a diminuição de alguns estágios da produção da carne fresca é muito vantajosa do ponto de vista da indústria, pois é possível que se realize um resfriamento rápido das carcaças ou dos cortes cárneos e se faça uso da desossa da carne *pré-rigor*, que dinamiza a obtenção dos cortes, embalagem e resfriamento, permitindo uma maior produção, diminuição de gastos com a cadeia do frio e uma otimização do processo.

A marinação de carnes consiste na incorporação de soluções com ingredientes funcionais e condimentos ao músculo, tendo em vista melhorar a maciez, sabor, suculência, além de promover o aumento da CRA, é uma técnica utilizada há muitos anos, gerando uma grande variedade de produtos, seu uso vem aumentando em proporção ao crescimento da demanda por produtos cárneos processados e tem por objetivo aumentar a retenção de fluidos e incrementar seus atributos sensoriais (BRASHEAR et al., 2002; DAGUER, 2009). A marinação vem se desenvolvendo desde os anos 80, principalmente nos Estados Unidos, no Reino Unido, na Noruega, na Suécia e na Finlândia, onde é regulamentada e resulta em produtos bem-aceitos pelos consumidores, que reconhecem o incremento do sabor e da textura. Com isso, o impacto da

utilização de soluções para incremento das características sensoriais da carne injetada/marinada tem demandado investigação científica relevante (SCHIRMER; HEIR; LANGSRUD, 2009).

Esse processo começou sendo utilizado de forma artesanal, contudo, a indústria da carne começou a avaliar as tecnologias com potencial para melhorar os fatores associados à intenção de compra, a palatabilidade e intensificou a prática da marinação para a produção em larga escala (BRASHEAR et al., 2002). Atualmente, são conhecidas três formas de se aplicar a técnica, por imersão (estático), injeção e por massageamento (dinâmicos). A imersão, o método mais antigo, consiste em submergir a carne na salmoura de modo que os ingredientes penetrem na carne, por meio de difusão. Esse método não é confiável na indústria da carne, porque ele não fornece regularidade da distribuição dos ingredientes e, porque aumenta o risco de contaminação bacteriana. Além disso, não é prático porque requer longos tempos de processamento e limita a quantidade de salmoura a ser absorvida (XARGAYÓ, 2001) .

Na marinação por injeção, a salmoura é injetada por meio de agulhas, sob pressão, para o interior do músculo. Basicamente, a absorção da salmoura é determinada pela pressão de injeção e pela velocidade da esteira, que desloca o corte. As vantagens desse método são: uniformidade do produto marinado; facilidade de aplicação em grandes volumes de produção; redução de mão de obra (em razão da perfuração) rapidez de cozimento, melhoria da maciez e da suculência da carne. As desvantagens são: o elevado custo inicial com equipamentos, exsudação, entupimento das agulhas, a técnica não pode ser utilizada para produtos cominuídos e formados (LEMOS; NUNES; VIANA, 1999). Já, pelo método de massageamento a operação é feita em um “tambor” metálico giratório (tambler), no qual se depositam as carnes e a salmoura, aumentando a incorporação dos ingredientes pela carne (BORTOLUZZI, 2006).

O sal e polifosfatos são ingredientes comuns em muitas soluções de marinação. De acordo com Babdji, Froning e Ngoka (1982) o sal é o ingrediente mais importante do processo de marinação, uma vez que melhora o sabor e a maciez da carne. Os autores observaram que o cloreto de sódio melhora a solubilização das proteínas miofibrilares, aumentando a capacidade de retenção de água. Froning e Sackett (1985) observaram o efeito sinérgico do sal e fosfatos na carne, para diminuir as perdas por cozimento, melhorando a textura e aumentando a capacidade de retenção de água.

Os polifosfatos têm um efeito significativo sobre as características dos produtos cárneos. Eles ajudam a estabilizar a cor e sabor e promovem melhora na maciez, apresentam capacidade de elevar o pH, reduzem perdas por fritura e cozimento, melhorando a capacidade emulsionante e a retenção de água, conferindo mais sabor e suculência à carne (LEMOS et al., 1999). Os fosfatos são sais de ácidos fosfóricos, divididos em ortofosfatos, com um único átomo de fósforo, e em polifosfatos com dois ou mais átomos de fósforo na molécula. Os fosfatos são agentes tamponantes e sequestrantes, além de atuarem aumentando a força iônica (STEINHAEUER, 1983). O mecanismo de ação dos polifosfatos para aumentar a CRA é multifatorial e algumas das suas ações são mal compreendidas, um dos seus mecanismos de ação é por meio da alteração do pH da carne, afastando o valor para longe do ponto isoelétrico (pH 5,5) das proteínas (CHENG; SUN, 2008). Outro mecanismo dos que são menos compreendidos é sua ação sobre actomiosina. Polifosfatos ou, principalmente, pirofosfato (IPP), agem como um análogo de ATP e ajudam na dissociação do complexo actomiosina e na extração miosina do filamento grosso (SHEN; SWARTZ, 2010; XIONG et al., 2000). Além do efeito sequestrante dos íons de Ca^{++} e Mg^{++} que também apresenta efeito direto no aumento da CRA, essa extração também melhora as propriedades de ligação e de gelificação da carne.

Os primeiros estudos sobre a utilização de polifosfatos estimularam trabalhos na década de 1960 e 1970 que objetivavam examinar a possibilidade de melhorar a maciez e suculência em carne de frango, injetando água e polifosfato em níveis baixos (GREY; ROBINSON; JONES, 1978). Diversos autores injetaram fosfatos em carnes e obtiveram aumentos na maciez e suculência (MURPHY; ZERBY, 2004; PRESTAT et al., 2002; ROBBINS et al., 2003a; 2003b; ROLDÁN et al., 2014; SHEARD et al., 1999; VOTE et al., 2000a).

A utilização de solução de cloreto de cálcio para marinar carnes é também uma alternativa interessante para promover a melhora na maciez, visto que o íon de cálcio ativa as proteinases endógenas: μ -calpaína, m-calpaína e calpastatina (um inibidor específico de ambas as calpaínas) que são responsáveis pela degradação de proteínas miofibrilares (KOOHMARAIE, 1996). No entanto, algumas das propriedades sensoriais, tais como cor e sabor, podem ser alteradas por esse tratamento, dependendo da concentração de cálcio (DRANSFIELD, 1994).

O bicarbonato de sódio é amplamente usado como uma solução de marinação na culinária chinesa (SKURRAY; PERKES; DUFF, 1986). Trabalhos recentes têm focado na utilização de bicarbonato, a fim de minimizar o problema de carne de porco pálida, mole e exudativa (PSE) (KAUFFMAN et al., 1998; VAN LAACK et al., 1998; WYNVEEN et al., 2001) e para mascarar aromas atípicos. O bicarbonato de sódio propicia um aumento da capacidade tamponante, reduzindo a perda por gotejamento e força de cisalhamento (KAUFFMAN et al., 1998). De acordo com Woelfel e Sams (2001) a utilização de soluções de marinação com pH elevado, obtidas por meio de fosfatos e bicarbonato de sódio mostraram-se eficientes na melhoria da capacidade de retenção de água tanto para carne PSE como para a carne normal.

Lactatos apresentam propriedades antimicrobianas contra microorganismos patogênicos, estando disponíveis, comercialmente, como cálcio, potássio ou sódio. De acordo com Lawrence et al. (2004) e Mancini et al. (2005) o ânion de lactato promove a estabilidade da cor da carne, por meio da conversão da lactato desidrogenase (LDH) em piruvato, e a geração de NADH que diminui a formação de metamioglobina (MMb), sendo um potencial ingrediente para melhorar carnes tanto no aspecto microbiológico como de qualidade. No entanto, utilizar o lactato de potássio promove um escurecimento da carne e diminui os valores de luminosidade (L^*) (KNOCK et al., 2006).

A injeção utilizando ACE tem recebido muita atenção, tendo em vista que possibilita a melhoria da estabilidade da cor (LIVINGSTON et al., 2004), tanto o acetato sódio como o citrato sódio apresentarem propriedades de inibição da glicólise, pois inibem a ação da fosfofrutoquinase (PFK). A PFK é uma enzima que catalisa a fosforilação, uma das etapas mais importantes da glicólise, promovendo a conversão de frutose-6-fosfato (F6P) com o gasto de uma molécula de ATP formando frutose-1,6-bifosfato e ADP. Ambos inibem a PFK, porque se ligam a enzima e reduzem sua afinidade com o seu substrato (F6P), e seu ativador, ADP. Aumentam também a afinidade com a ATP que é o seu segundo inibidor. O produto dessa reação de glicólise é o ATP; portanto, o excesso de ATP na célula indica um excedente de energia. Por conseguinte, o ATP inibe PFK e retarda a reação da glicólise, atuando também como fonte de fosfato para a enzima e, conseqüentemente, aumentando os valores de pH (DALRYMPLE; HAMM, 1975; KEMP; KREBS, 1967; LEE et al., 2000; NEWSHOLME; SUGDEN; WILLIAMS, 1977; RHOADES et al., 2005).

Carnes com baixa CRA e coloração muito pálida, podem prejudicar os processos industriais, além de não apresentarem uma boa aceitação por parte dos consumidores. Portanto, torna-se extremamente importante para a indústria a

busca de métodos que possibilitem a minimização de problemas advindos desses defeitos, mesmo que parcialmente, por meio do processo de marinação.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Dados do Experimento

O experimento foi conduzido no Laboratório de Tecnologia de Carnes e Derivados (LabCarnes), do Departamento de Ciência dos Alimentos (DCA) da Universidade Federal de Lavras (UFLA). Para este estudo foram utilizados lombos provenientes de 40 animais oriundos do cruzamento entre linhagens das raças *Landrace* e *Large White*, machos e fêmeas, apresentando em torno de 05 a 06 meses de idade, peso vivo médio de 120 Kg, os animais foram abatidos no frigorífico Nutrili, localizado no município de Lavras, Minas Gerais. Os animais foram abatidos seguindo as normas de bem estar e abate regulamentadas pela legislação brasileira (BRASIL, 2000).

3.2 Obtenção e preparo das amostras

Após o processo de abate, imediatamente antes da refrigeração das carcaças (45 minutos após a sangria), músculo *Longissimus thoracis et lumborum* (LTL) da meia carcaça esquerda foram removidos (desossa a quente - TDQ) e encaminhados para o processo de marinação para depois serem resfriados. O músculo do lado direito foi identificado e permaneceu aderido à carcaça em câmara fria (0 ± 1 °C) por 24 horas (desossa a frio - TDF), sendo, posteriormente, removido e encaminhado para o processo de marinação.

Na primeira etapa deste estudo, além dos tipos de desossa (a quente e a frio), foram avaliados oito tratamentos de marinação, aplicados em diferentes concentrações, conforme descrito na Tabela 1.

Tabela 1 Concentração de sais utilizados nos tratamentos de marinação

No.	Tratamentos	Concentrações (mM)				
		1	2	3	4	5
1	ACE	50	100	200	300	0
2	BIC	50	100	200	300	0
3	TPP	50	100	200	300	0
4	LAC	50	100	150	200	0
5	SAL	200	400	600	800	0
6	CCA	100	200	300	400	0
7	NO ₂	5	10	15	20	0
8	CIT	50	100	200	300	0

Os lombos (direitos, TDF; e esquerdos, TDQ) foram, primeiramente, padronizados quanto à forma de apresentação, sendo retirada a camada de tecido adiposo subcutâneo aparente. Um bife de 2,5 cm de espessura de cada lombo foi retirado da região central do lombo, sendo considerado como amostra controle. O restante do lombo foi dividido em quatro partes de aproximadamente 10 cm de comprimento, sendo aleatorizados em quatro tratamentos de marinação. Posteriormente, essas peças foram subdivididas em quatro bifos de 2,5 cm de espessura, sendo pesados, identificados e aleatoriamente injetados com soluções salinas nas concentrações previstas para cada tratamento (Figura 1). Dessa forma, para a execução de todos os oitos tratamentos de marinação, foram utilizados os lombos de dois animais, sendo todo o experimento conduzido com cinco repetições por tratamento.

A marinação foi realizada por meio do processo de injeção, com o auxílio de uma seringa. As soluções de marinação foram preparadas em água destilada à temperatura de 4°C, sendo medido o pH das mesmas antes de seu uso. Após preparo das salmouras, as amostras foram pesadas e a solução injetada em quantidade de aproximadamente 10% do seu peso inicial, procurando-se

distribuir a solução de maneira uniforme por toda a peça. As peças injetadas e o controle foram individualmente embalados a vácuo, em embalagens de nylon-poli, e armazenadas a $0 \pm 1^\circ\text{C}$ por um período de 72 horas até o momento das avaliações em estufa tipo BOD (EletroLab).

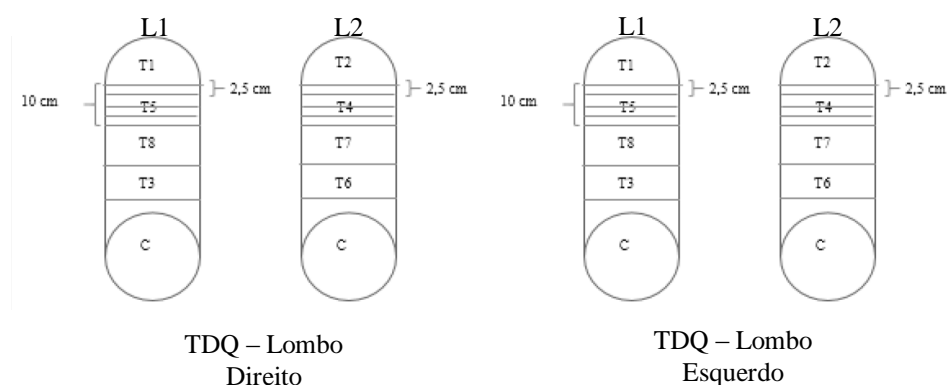


Figura 1 Esquema dos cortes dos lombos e organização dos tratamentos na primeira etapa

Na segunda etapa deste estudo, foram avaliadas a utilização de três soluções de marinação (Tabela 2), formuladas de acordo com os resultados obtidos na primeira etapa, em lombos que foram desossados/refrigerados de três formas: desossa a quente (TDQ); desossa a quente, seguido de refrigeração por 24 h a $0 \pm 1^\circ\text{C}$ (TDQ-F); e desossa a frio (TDF).

Os lombos TDQ foram divididos em duas partes de aproximadamente 20 cm e aleatoriamente distribuídos em dois tratamentos: TDQ e TDQ-F (Figura 2). No TDQ-F, a amostra foi primeiramente mantida sob refrigeração a $0 \pm 1^\circ\text{C}$ por 24 horas antes dos tratamentos, enquanto que no TDQ as amostras foram imediatamente submetidas aos tratamentos de marinação. Dos lombos, foram obtidos quatro bifês de 2,5 cm, que foram aleatorizados nos três tratamentos de

marinação (Tabela 2), sendo um bife como controle. Dessa maneira, todos os tratamentos foram testados em cada animal, sendo conduzido em cinco repetições.

Tabela 2 Combinação das concentrações (mM) de sais utilizados nas soluções de marinação

Sais	Soluções de marinação (mM)		
	T1	T2	T3
Cloreto de Sódio (NaCl)	400	400	-
Tripolifosfato de Sódio ($\text{Na}_3\text{P}_3\text{O}_{10}$)	200	-	-
Cloreto de Cálcio (CaCl_2)	-	300	300
Controle	-	-	-

Os procedimentos de injeção empregados na segunda etapa também foram similares aos da primeira. Foram realizados os mesmos procedimentos analíticos em ambos os experimentos.

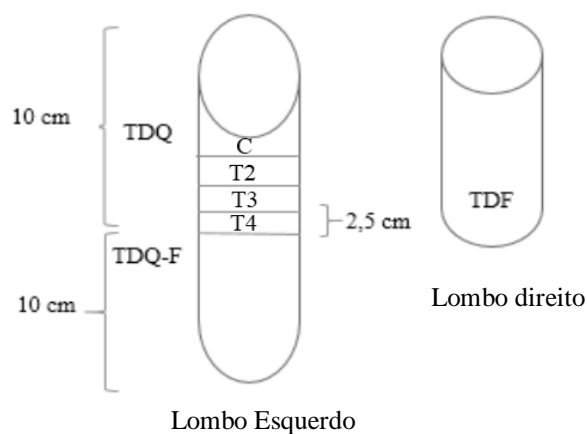


Figura 2 Esquema dos cortes dos lombos e organização dos tratamentos na segunda etapa

3.3 Procedimentos analíticos

3.3.1 Medidas de pH

O pH das amostras foi realizado no momento da coleta (45 minutos após o abate), bem como após as injeções com soluções salinas, utilizando um peagâmetro portátil HI 99163, acoplado a uma sonda com um eletrodo ponta fina de penetração (HANNA Instruments, Woomsocket, RI, EUA). As leituras foram realizadas em triplicata.

3.3.2 Purga

A perda de peso por exsudação (purga) foi determinada por meio da razão obtida entre os pesos das amostras imediatamente após a injeção das soluções e após 72 horas de armazenamento. As amostras foram desembaladas e secas em papel toalha, posteriormente foram pesadas em balança analítica. A diferença observada correspondeu à perda por purga ocorrida durante o período de equalização das soluções injetadas nas carnes. A porcentagem de perda por purga foi determinada conforme a Equação:

$$\% \text{ PURGA} = (P_i - P_f) / P_i \times 100)$$

em que:

P_i = peso imediatamente após a injeção;

P_f = peso após 72 horas de injeção.

3.3.3 Cor Instrumental

A análise objetiva da cor da carne foi avaliada usando um espectrofotômetro CM700 (Konica Minolta Sensung Inc, Osata, Japão), padronizado com os seguintes parâmetros: iluminante D65; ângulo do observador de 10°; e reflectância especular excluída (SCE). As leituras foram realizadas antes do processo de injeção e após 72 horas de armazenamento em BOD a $0\pm 1^{\circ}\text{C}$. Os índices de cor luminosidade (L^*), índice de vermelho (a^*), índice de amarelo (b^*), ângulo de tonalidade (h^*) e índice de saturação (C^*) foram obtidos considerando-se a média dos valores de cinco leituras realizadas em diferentes pontos da superfície dos bifes após exposição por 30 minutos ao ar atmosférico (blooming). Para os valores de C^* e h^* foram empregadas as seguintes equações: $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{0.5}$; e $h^* = \tan^{-1} (b^*/a^*)$.

3.3.4 Perda de peso por cozimento

A perda de peso por cozimento (PPC) foi calculada a partir do cozimento das amostras em grelha (Mega, Britânia, Curitiba, PR, Brasil) pré-aquecida por 10 minutos até temperatura de 150°C , os bifes foram pesados e grelhados até a temperatura interna atingir 68°C (uma vez que a temperatura da carne continua a subir de 5 a 6°C após retirada do cozimento, sendo a temperatura final de $71-73^{\circ}\text{C}$). As peças, após o resfriamento a temperatura ambiente, foram novamente pesadas e a diferença de peso antes e após o cozimento foi considerada, como sendo a perda de peso por cozimento, expressa em porcentagem do peso inicial (CROSS, 1978).

3.3.5 Força de cisalhamento

A determinação da força de cisalhamento foi conduzida pelo método *Warner-Bratzler Square Shear Force* (WBsSF), descrito por Silva et al. (2015), utilizando um texturômetro TA.XTplus (Stable Micro Systems, Ltda, Godalming, Surrey, UK). Foram removidos manualmente e alternadamente paralela à orientação da fibra muscular predominante de cada bife cinco núcleos cilíndricos com um corte transversal redondo (1,27 cm de diâmetro) e cinco núcleos cuboides com um corte transversal quadrado (1,0 cm × 1,0 centímetros) de cada bife cozido na determinação da PPC.). Os núcleos do corte transversal redondos foram obtidos pela manipulação de uma sonda e os núcleos quadrados de corte transversal foram obtidos utilizando uma caixa de dimensionamento de amostra e uma faca afiada. Cada subamostra foi completamente cisalhada, perpendicularmente à direção das fibras musculares, por uma lâmina tipo *Warner-Bratzler* a uma velocidade de 200 mm/minuto. A força de cisalhamento (Kgf) foi determinada como a média das forças máximas registradas no cisalhamento dos cinco *cores* de cada bife.

3.3.6 Perda de peso por gotejamento

A perda de peso por gotejamento (PPG) foi determinada por dois métodos, tradicional (HONIKEL, 1987) e EZ-DripLoss (CHRISTENSEN, 2003). No método tradicional, a perda por gotejamento foi medida como a perda de peso, durante a suspensão da amostra de um corte muscular padronizado (40-50 g), em um recipiente hermeticamente fechado, ao longo de 48 h a 4 ° C. A quantidade de água foi expressa como uma percentagem em relação ao peso inicial.

No método EZ-DripLoss, duas amostras cilíndricas foram obtidas dos bifés de 2,5 cm de espessura, com ajuda de um cortador cilíndrico (\emptyset 25 mm), individualmente pesadas e colocadas em tubos plásticos com formato de funil (*Christensen Aps Industrivaengetand, Denmark*). Após 24 horas de armazenamento a 4°C, os tubos contendo o exsudado foram pesados e a PPG calculada pela seguinte fórmula simples.:

$$EZ = \frac{(W_l - W_c) \times 100}{Pa}$$

Em que:

W_c é o peso do tubo vazio;

W_l é o peso do tubo contendo o exsudado; e

Pa é o peso da amostra.

3.4 Análise estatística

Na primeira etapa do estudo, foram avaliadas as oito soluções de marinação isoladamente. Assim, para cada solução, as amostras foram distribuídas em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 (tipo de desossa) x 5 (concentrações). Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), a um nível de significância de 5% e, quando significativo as médias dos tratamentos foram separadas pelo teste de *Tukey*.

Já, a segunda etapa do experimento foi conduzida em um delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 (qualidade de carne) x 3 (tipo de desossa/refrigeração) x 4 (soluções de marinação). Os dados foram avaliados (ANOVA), a um nível de significância de 5%, e quando significativo as médias dos tratamentos foram separadas pelo teste de *Tukey*.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os lombos obtidos apresentaram valores de pH que variaram entre $6,27 \pm 0,15$ nos primeiros 45 minutos após o abate e $5,55 \pm 0,02$ após 24 horas, havendo, entretanto, quantidade significativa de lombos com pH acima e abaixo desses valores. Pardi et al. (2006) afirmam que a faixa de pH considerada normal 24 horas após o abate é de 5,5 a 5,8, visto que, normalmente, o pH muscular, encontra-se em torno de 7,2 no momento do abate, cai para valores próximos a 6,0 na primeira hora *post mortem* e estabiliza após 24 horas sob valores próximos aos reportados. O valor e a velocidade da queda do pH da carcaça varia segundo a espécie animal, raça, manejo antes do abate, estimulação elétrica, composição da carcaça, reserva de glicogênio, sexo, idade do animal, enfim vários fatores podem alterar o valor de pH.

4.1 Avaliação das soluções de marinação

4.1.1 Citrato de sódio

Antes de iniciar as operações de injeção, o pH das soluções de citrato de sódio (CIT) apresentaram valores de pH que variaram entre 8,74 e 9,01 (Tabela 3), similar ao reportado na literatura (NEWSHOLME et al., 1977; STEPHENS et al., 2006). Szman et al. (2007) afirmaram que salmouras alcalinas são amplamente utilizadas muitas vezes em conjunto com sal, para aumentar a retenção de água e reduzir as perdas por cozimento.

Tabela 3 Valores de pH das soluções de marinação de acordo com a concentração de citrato de sódio

Concentração (nM)				Média
50	100	200	300	
8,74	8,92	8,94	9,00	8,90

O aumento dos valores pH para a carne desossada a quente (Figura 3) pode ser atribuído ao retardo ou inibição da glicólise *post-mortem* (JEREZ; CALKINS, 2003; LEE et al., 2000), uma vez que o citrato tem propriedade de inibir a ação da fosfofrutoquinase (PFK). A PFK é uma enzima que catalisa a fosforilação, uma das mais importantes etapas da glicólise, convertendo a frutose-6-fosfato (F6P) em frutose-1,6-bisfosfato e ADP, com o gasto de uma molécula de ATP. O citrato inibe a PFK, porque se liga a enzima e reduz sua afinidade com o seu substrato (F6P) e ativador (ADP), além de aumentar a afinidade da enzima com a ATP, que é o seu segundo inibidor (DALRYMPLE; HAMM, 1975; KEMP; KREBS, 1967; LEE et al., 2000; NEWSHOLME et al., 1977; RHOADES et al., 2005).

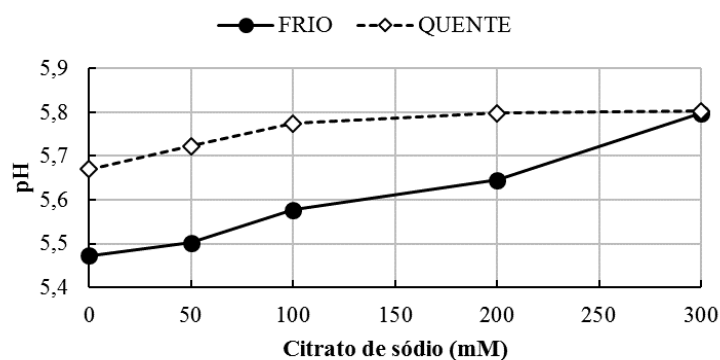


Figura 3 Valores de pH de lombos suínos desossados a quente e a frio e injetados com diferentes concentrações de citrato de sódio.

A inibição da PFK retarda a reação da glicólise mantendo constantes os valores de pH. Stephens et al. (2006) ao verificarem o efeito da injeção de CIT em carcaças suínas no pré-rigor, constataram uma aceleração glicólise e no declínio do pH, obtendo valores de pH que variaram de 5,96, nos primeiros 50 minutos *post-mortem*, a 5,55, 24 horas após o abate.

Diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os processos de desossa observados para os valores de pH, Eikelenboom (1993) menciona variações no pH de carnes desossadas em pré-rigor, porém essa variação está relacionada com a velocidade de resfriamento após a desossa, onde resfriamentos mais rápidos tendem a retardar a queda do pH. Nesse experimento, como as condições de refrigeração foram as mesmas, não foram verificadas alterações na velocidade de queda do pH em função do tipo de desossa.

Não foram observados efeitos da injeção de CIT para os parâmetros de Purga, PPC e WBsSF (kgf). Houve, no entanto, efeito significativo ($p < 0,05$) entre o tipo de desossa empregada e os valores de WBsSF (Tabela 4).

Tabela 4 Efeito do tipo de desossa nos valores de purga, perda por cozimento (PPC) e força de cisalhamento (WBsSF) de lombos suínos injetados com solução de citrato de sódio

Característica	Tipo de desossa		Média
	Frio	Quente	
Purga (%)	3,52	2,40	2,96
PPC (%)	25,38	22,17	23,78
WBsSF (kgf)	3,63 ^a	6,45 ^b	5,04

^{a-b} letras diferentes, na mesma linha, diferem ($P < 0,05$) entre si pelo teste Tukey.

Os valores de WBsSF (FC) foram menores para a carne submetida a TDF do que para o TDQ. Maiores valores de FC em lombos submetidos a TDQ

pode ser atribuído ao fenômeno de encurtamento pelo frio. De acordo com Parrish et al. (1973), o encurtamento pelo frio trata-se de um fator associado à maciez, trata-se do grau de contração do tecido muscular, causado pela exposição do músculo a baixas temperaturas antes do estabelecimento do rigor mortis. O tecido muscular sofre maior encurtamento quando está em pré-rigor e na temperatura entre 2 e 37 °C, exceto na faixa de temperatura entre 14 e 19 °C, onde o encurtamento é mínimo (LOCKER; HAGYARD, 1963). Os valores de WBSF (kgf) foram maiores no lombo desossado pré-rigor o que pode ser atribuído à inexistência de base óssea impedindo a contração muscular. Conforme Harris (1988), a desossa em pré-rigor, seguida de resfriamento rápido, promove uma maior contração por não existir a restrição óssea, já que, uma vez livre de seus pontos de inserção, o músculo realiza uma contração mais forte. Outros autores observaram um aumento nos valores de FC dos músculos *Semimembranosus* e *Longissimus lumborum* bovino submetidos ao TDQ e marinados com CIT (PIVOTTO et al., 2014).

Utilizando o teste *Warner-Bratzler slice Shear Force* (WBSF), Van Oeckel, Warnants e Boucqué (1999) propuseram um valor de FC de 3,9 kgf como limiar entre carnes suínas duras e macias. Considerando a equação proposta por Silva et al. (2015) para equivalência entre os métodos WBSF e WBSF, carnes macias podem ser consideradas quando $WBSF < 4,7$ kgf. Por esse limiar, as amostras obtidas no TDQ podem ser classificadas como duras e na TDF como macias.

Com relação à cor objetiva, os lombos analisados foram mais claros (maiores valores de L^*) na TDF do que no TDQ (Figura 4), o que pode ser explicado pelos menores valores de pH na carne desossada a frio, o que propicia uma maior dispersão da luz e uma aparência mais clara (RAMOS; GOMIDE, 2007). O uso dessas soluções nas carnes desossadas a frio não permitiu categorizá-las como de coloração normal, uma vez que todas apresentaram

valores de $L^* > 52$, proposto por Torres Filho et al. (2015) como limiar entre carnes pálidas e normais.

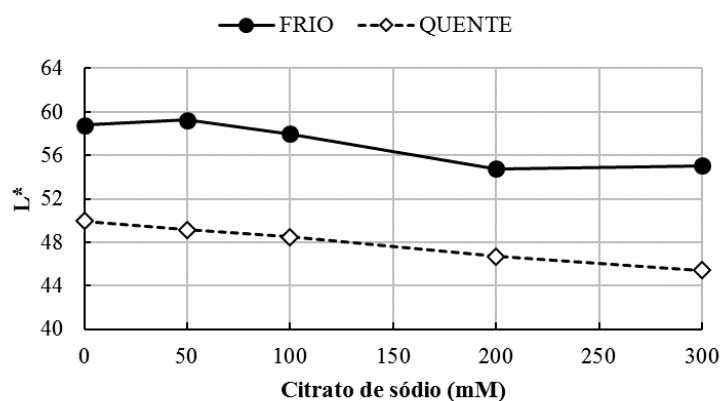


Figura 4 Valores de luminosidade (L^*) da cor de lombos suínos desossados a quente e a frio e injetados com diferentes concentrações de citrato de sódio.

Com a desossa quente, no entanto, todas as amostras que seriam categorizadas como carnes pálidas apresentaram uma coloração considerada normal ($L^* < 52$), apesar de que, nas injeções com concentrações de 200 e 300 mM de CIT as amostras apresentaram valores de L^* próximos do limiar ($L^* = 44$) entre carnes normais e escuras (TORRES FILHO et al., 2015). Segundo (VAN LAACK; SMULDERS, 1990), a redução dos valores de L^* também pode estar associada à compactação da estrutura miofibrilar em virtude do encurtamento pelo frio, o que limita o consumo de oxigênio, tornando a carne mais escura.

Para os demais índices de cor, a injeção com soluções de CIT reduziu os valores a^* e aumentou os valores de h^* (Figura 5).

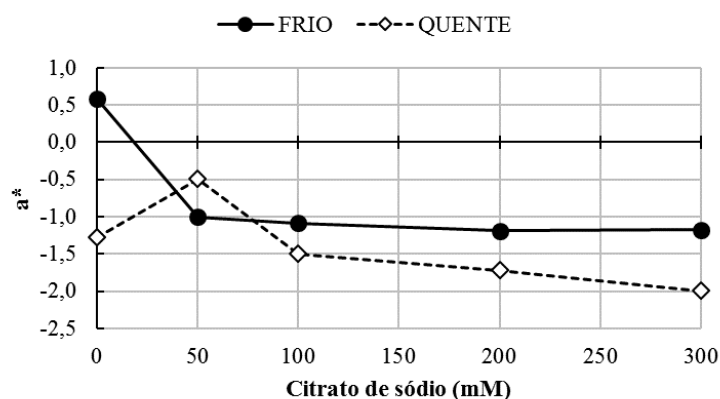


Figura 5 Valores do índice de vermelho (a^*) da cor de lombos suínos desossados a quente e a frio e injetados com diferentes concentrações de citrato de sódio.

Para os demais índices de cor, o efeito da injeção de CIT e o tipo de desossa reduziu os valores a^* e aumentou os valores de h^* . Jerez et al. (2003) ao investigarem os efeitos da injeção de 200mM de CIT em carne pré-rigor observaram uma ligeira, porém não significativa, redução nos valores de a^* . Stephens et al. (2006) também relataram efeito semelhante a este estudo e atribuíram o efeito a capacidade inibidora glicolítica do citrato que pode quimicamente ter induzido as alterações na cor do músculo. Kim et al. (2006) ressaltam, ainda, a possibilidade de que o aumento da concentração de citrato tenha propiciado o aumento da NADH e acelerado a redução de metamioglobina para deoximioglobina. Ponrajan et al. (2012) também atribuíram os efeitos do citrato na cor à redução da oxidação dos pigmentos a metamioglobina, por este promover um aumento no pH da carne.

O aumento dos valores de h^* com a adição de soluções de citrato, implica em uma coloração da carne com maior participação da tonalidade

amarela. Nas amostras não injetadas, aquelas provenientes do TDQ apresentaram maiores ($P < 0,05$) valores de h^* do que as amostras da TDF.

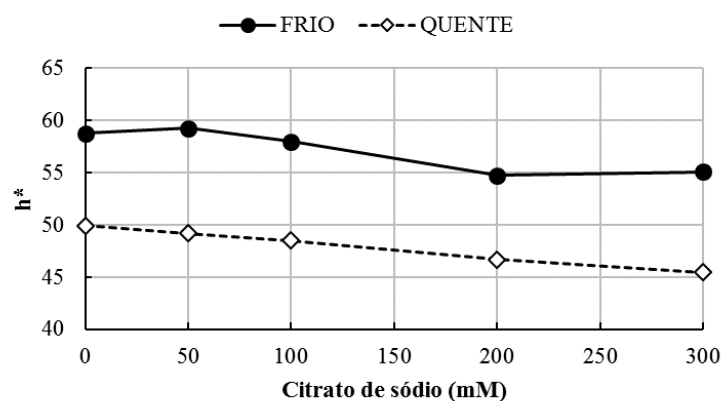


Figura 6 Valores do ângulo de toanlidade (h^*) da cor de lombos suínos desossados a quente e a frio e injetados com diferentes concentrações de citrato de sódio.

Os bifes desossados a quente, quando comparados ao controle, também apresentaram menores ($p < 0,05$) valores de C^* (Figura 7). A diminuição dos valores de chroma (C^*) para a desossa a quente está de acordo com Rees, Trout e Warner (2002) e Shaw e Powell (1995) que afirmam que a desossa quente da carne têm efeitos diretos sobre a cor, pois as alterações na taxa de declínio do pH e da temperatura de arrefecimento influenciam a extensão da desnaturação proteica e/ou a indução do encolhimento pelo frio dos músculos, produzindo uma matriz miofibrilar mais densa e compactada que reduz a dispersão de luz, dando, assim, à carne uma aparência mais escura.

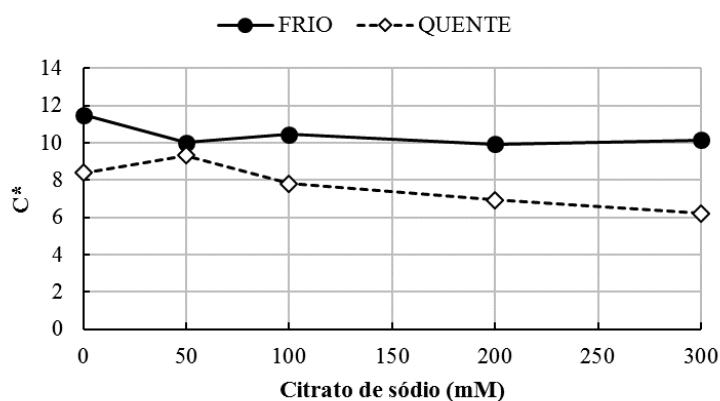


Figura 7 Valores da saturação (C^*) da cor de lombos suínos desossados a quente e a frio e injetados com diferentes concentrações de citrato de sódio.

Com a injeção de soluções de citrato até a concentração de 200 mM, os valores de h^* não foram diferentes entre os tipos de desossa, enquanto que na concentração de 300 mM essa diferença foi evidente.

4.1.2 Acetato de sódio

Os valores de pH das soluções de acetato de sódio (ACE) ficaram na faixa de 7,64 a 7,73 (Tabela 5), constatou-se que não houve efeito da injeção com ACE sob esse parâmetro. Neste experimento, apenas o efeito de desossa ($p < 0,05$) para todos os parâmetros avaliados foi observado.

Tabela 5 Valores de pH das soluções de marinação de acordo com a concentração de acetato de sódio

Concentração (nM)				Média
50	100	200	300	
7,64	7,68	7,70	7,73	7,69

Os valores de pH foram maiores ($P < 0,05$) no TDQ do que na TDF, o que pode estar diretamente associado ao processo de conversão de músculo em carne e a produção de ácido láctico advindo da glicólise (Tabela 6). A injeção com ACE não afetou ($P > 0,05$) os valores de pH nas carnes pré ou pós-rigor, o que contradiz a observação de que o acetato, assim como o citrato, apresentam as mesmas propriedades de inibição da glicólise e, conseqüentemente, acabam promovendo um aumento nos valores de pH (DALRYMPLE; HAMM, 1975; KEMP; KREBS, 1967; LEE et al., 2000; NEWSHOLME et al., 1977; RHOADES et al., 2005).

Tabela 6 Efeito da desossa sobre os parâmetros de pH, purga, perda por cozimento (PPC) e força de cisalhamento (WBsSF) de lombos suínos injetados com solução de acetato de sódio

Característica	Tipo de desossa		Média
	Frio	Quente	
pH	5,52 ^a	5,77 ^b	5,64
Purga (%)	4,06 ^a	1,89 ^b	2,98
PPC (%)	24,86	23,12	23,99
WBsSF (kgf)	3,63 ^a	6,08 ^b	4,86

^{a-b} letras diferentes, na mesma linha, diferem ($P < 0,05$) entre si pelo teste Tukey.

Os valores de pH podem ter influenciado os valores de purga (Tabela 6), as perdas por purga foram significativamente menores ($p < 0,05$) nas amostras

desossadas a quente, contudo, os valores de PPC não foram afetados. As carnes desossadas a quente apresentaram uma maior compactação da estrutura miofibrilar, evidenciado pelos maiores valores de WBsSF. Considerando o limiar de 4,7 kgf, as amostras obtidas no TDQ podem ser classificadas como duras e na TDF como macias.

Não foram observadas interações entre os parâmetros de cor e a injeção com ACE (Tabela 7). O TDQ implicou em menores valores de L^* , a^* , b^* e C^* e maiores valores de h^* , ficando as carnes mais escuras, com menor saturação de cor e com coloração com maior participação da tonalidade amarela. As carnes desossadas a quente apresentaram uma coloração considerada normal, enquanto as carnes desossadas à frio se apresentaram pálidas ($L^* > 52$). Os menores valores de L^* são oriundos dos maiores valores de pH das amostras desossadas a quente, mas também podem estar associado à maior compactação da estrutura miofibrilar em virtude do encurtamento pelo frio, o que limita o consumo de oxigênio (VAN LAACK; SMULDERS, 1990), tornando-as mais escuras.

Tabela 7 Efeito do tipo de desossa nos parâmetros de cor de lombos suínos injetados com solução de acetato de sódio

Característica	Tipo de desossa		Média
	Frio	Quente	
L^*	58,98 ^a	50,53 ^b	54,75
a^*	0,07 ^a	-0,80 ^b	-0,37
b^*	11,14 ^a	8,63 ^b	9,88
C^*	11,18 ^a	8,74 ^b	9,96
h^*	90,14 ^a	95,99 ^b	93,06

^{a-b} letras diferentes, na mesma linha, diferem ($P < 0,05$) entre si pelo teste Tukey.

Jensen et al. (2003b) e Livingston et al. (2004) relataram que a injeção de carnes com ACE tem se mostrado positiva na melhoria da estabilidade da cor

em carnes, fato não observado neste experimento. Contudo, de acordo com Seyfert et al. (2007), para promover uma estabilidade efetiva na cor, o acetato deve estar associado a outro tipo de sal. Os autores anteriormente citados observaram que, apesar do uso de ACE induzir em carne moída a cor vermelha mais intensa (maiores valores de a^* e C^*), não houve uma vantagem significativa na cor visual sobre o lactato de potássio, bem como para o tratamento controle.

4.1.3 Lactato de sódio

Os valores de pH das soluções de lactato de sódio (LAC) ficaram na faixa de 6,92 a 6,85 (Tabela 8), constatou-se que houve efeito da injeção LAC para os parâmetros de Purga e índice de vermelho (a^*). Nos demais parâmetros apenas o efeito de desossa ($p < 0,05$) foi observado.

Tabela 8 Valores de pH das soluções de marinação de acordo com a concentração de lactato de sódio

Concentração (nM)				Média
50	100	150	200	
6,92	6,81	6,84	6,82	6,85

Os valores de pH (Tabela 9) foram maiores ($P < 0,05$) no processo de TDQ do que na TDF, o que, provavelmente explica os menores valores de PPC observados para as amostras desossadas a quente. Entretanto, nos valores de purga houve efeito o inverso (Figura 8), sendo menores nas amostras desossadas a frio. Esse efeito pode ter ocorrido em virtude do processamento acelerado da carne pré-rigor, o que pode ter ocasionado um encurtamento das miofibrilas, maior expulsão da água livre e, conseqüentemente, uma maior perda por purga.

Tabela 9 Efeito da desossa sobre os parâmetros de pH, perda por cozimento (PPC) e força de cisalhamento (WBsSF) de lombos suínos injetados com solução de lactato de sódio

Característica	Tipo de desossa		Média
	Frio	Quente	
pH	5,52 ^a	5,67 ^b	5,59
PPC (%)	25,68	18,35	22,01
WBsSF (kgf)	3,75	6,72	5,24

^{a-b} letras diferentes, na mesma linha, diferem ($P < 0,05$) entre si pelo teste Tukey.

Essa maior compactação da estrutura miofibrilar é evidenciada pelos maiores valores de WBsSF nas amostras desossadas a quente. Por outro lado, da mesma forma que observado na injeção com lactato de cálcio que induziu a uma redução ($P < 0,05$) nos valores de pH sem, no entanto, afetar os valores de purga.

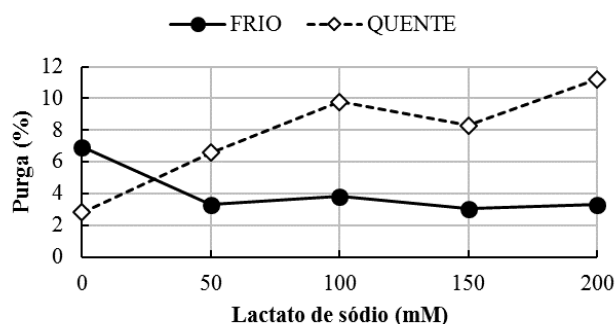


Figura 8 Valores de purga da cor de lombos suínos desossados a quente e a frio e injetados com diferentes concentrações de lactato de sódio.

A solução de LAC não afetou ($P > 0,05$) os valores de WBsSF, o que contradiz os resultados relatados por Vote et al. (2000b) ao injetar lombos com soluções de marinação, visando à melhoria da qualidade da carne. Esses autores observaram que as injeções com soluções, contendo LAC promoveram um redução nos valores de WBsSF (kgf).

Com relação à cor, ao TDQ implicou em menores valores de L^* , b^* e C^* (Tabela 10), ficando as carnes mais escuras e com menor saturação de cor; porém, sem afetar a tonalidade (h^*). Desses índices, a redução nos valores de L^* é positiva, uma vez que as carnes desossadas a quente apresentam uma coloração normal em relação à coloração pálida ($L^* > 52$) das carnes desossadas a frio. Menores valores de L^* são oriundos dos maiores valores de pH, mas também podem estar associados a maior compactação da estrutura miofibrilar em virtude do encurtamento pelo frio, o que limita o consumo de oxigênio (VAN LAACK; SMULDERS, 1990), tornando-as mais escuras.

Tabela 10 Efeito do tipo de desossa nos parâmetros de cor de lombos suínos injetados com solução de lactato de sódio

Característica	Tipo de desossa		Média
	Frio	Quente	
L^*	57,96 ^a	49,52 ^b	53,74
b^*	10,35 ^a	8,16 ^b	9,25
C^*	10,42 ^a	8,27 ^b	9,34
h^*	93,77	96,85	95,31

^{a-b} letras diferentes, na mesma linha, diferem ($P < 0,05$) entre si pelo teste Tukey.

Estudos recentes sugerem que os lactatos também podem beneficiar a cor das carnes injetadas, aumentando e a estabilidade da cor (KIM et al., 2006). Entretanto, neste experimento, a marinação com soluções de LAC não afetaram

($P > 0,05$) nenhum índice de cor das carnes, com exceção do índice de amarelo (a^*) (Figura 9).

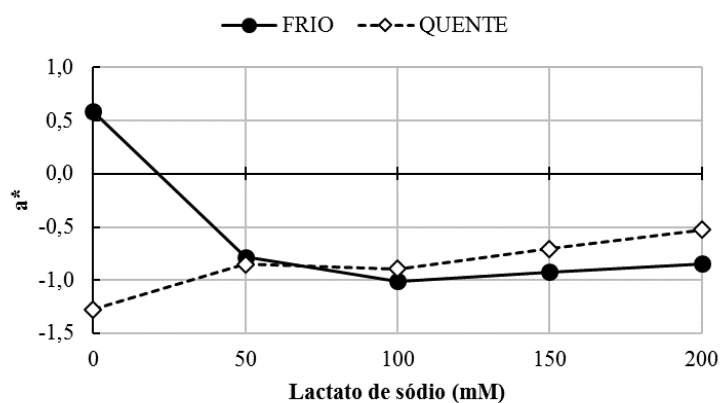


Figura 9 Valores do índice de vermelho (a^*) da cor de lombos suínos desossados a quente e a frio e injetados com diferentes concentrações de lactato de sódio.

Maca et al. (1999), ao adicionarem LAC visando a aumentar a vida útil da carne bovina, observaram que esse sal agiu como um estabilizador de cor, sendo que as amostras injetadas ficaram mais escuras e com maior participação da cor vermelha do que as amostras controles. Papadopoulos et al. (1991) também relataram que o aumento do nível de LAC proporcionou uma diminuição de L^* e b^* e aumentou os valores de a^* em carne bovina. Seyfert et al. (2007), ao avaliarem o efeito de diferentes concentrações ácido láctico e de quatro sais (LAC, lactato de potássio, lactato de cálcio e ACE) na estabilidade de cor em carne moída, concluíram que o LAC em baixas concentrações promoveram uma melhora na estabilidade da cor da carne moída, durante o período de armazenamento, contudo, esse efeito foi possível, pois o LAC estava associado ao lactato de cálcio. A utilização de baixas concentrações 0,06M de

LAC, não aumentou a estabilidade da cor da carne moída, quando comparada com a amostra controle.

Os dados sobre os efeitos do LAC na cor carne crua são limitados, Kim et al. (2006) e Bradford et al. (1993) teorizaram que o lactato promove um aumento na atividade de metamioglobina redutase (MRA) através do fornecimento do NADH, reduzindo a forma oxidada de metamioglobina à forma reduzida (oximioglobina ou deoximioglobina), favorecendo a estabilidade de cor da carne.

4.1.4 Bicarbonato de sódio

Os valores de pH das soluções de bicarbonato de sódio (BIC) ficaram na faixa de 8,39 a 8,61 (Tabela 11), valores similares aos reportados na literatura (SHEARD; TALI, 2004).

Tabela 11 Valores de pH soluções de marinação de acordo com a concentração de bicarbonato de sódio

Concentração (nM)				Média
50	100	200	300	
8,61	8,52	8,47	8,39	8,50

Houve efeito significativa ($P < 0,05$) das concentrações das salmouras nos valores de pH dos bifes injetados, apresentando efeitos similares aos reportados por outros autores (MURPHY; ZERBY, 2004; ROBBINS et al., 2003a; SHEARD et al., 1999; SHEARD; TALI, 2004; SINDELAR et al., 2003; WYNVEEN et al., 2001; YANG et al., 2006) que observaram aumentos nos valores de pH da carne após marinação com soluções de polifosfatos e bicarbonatos de sódio (Figura 10).

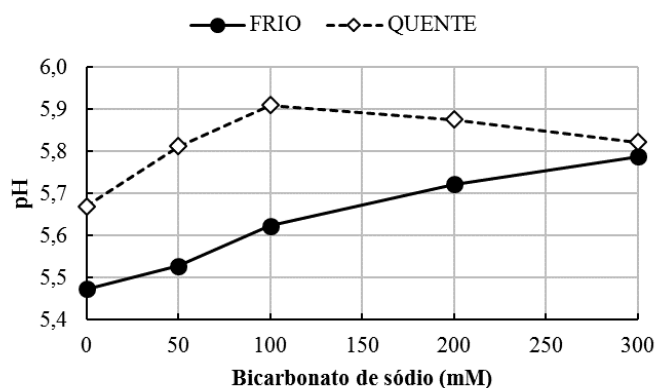


Figura 10 Valores de pH de lombos suínos desossados a quente e a frio e injetados com diferentes concentrações de bicarbonato de sódio.

Esse maior pH foi, provavelmente, o responsável pelos menores valores de purga observados para as amostras desossadas a quente (Tabela 12), apesar de não ter havido efeito sobre a PPC. Os bifes desossados a quente também apresentaram uma maior compactação da estrutura miofibrilar, evidenciado pelos maiores valores de WBsSF (kgf). Considerando o limiar de 4,7 kgf, as amostras obtidas no TDQ podem ser classificadas como duras e na TDF como macias. Constatou-se uma redução ($P < 0,05$) nos valores de purga das amostras desossadas a quente (Tabela 12) e não foi observado efeito de marinação para esse parâmetro, contradizendo o reportado por Sheard e Tali (2005), ao injetarem uma solução de 3% de bicarbonato em lombo suíno cozido, obteve um percentual de purga de 3,69%, valor este dentro da faixa do encontrado neste estudo. Vosgen (1993) relata que, quando adicionou BIC na carne desossada a quente, obteve uma melhora na capacidade de retenção de água. Yang et al. (2006) também sugeriram que a injeção de BIC em músculo suíno pré-rigor pode ser utilizada para melhorar a capacidade de retenção de água dos produtos cárneos.

Tabela 12 Efeito da desossa sobre os parâmetros de purga, perda por cozimento (PPC) e força de cisalhamento (WBsSF) de lombos suínos injetados com solução de bicarbonato de sódio

Característica	Tipo de desossa		Média
	Frio	Quente	
Purga (%)	5,84 ^a	1,59 ^b	3,72
PPC (%)	24,04	20,58	22,31
WBsSF (kgf)	3,80 ^a	5,81 ^b	4,80

^{a-b} letras diferentes, na mesma linha, diferem ($P < 0,05$) entre si pelo teste Tukey.

A marinação com maiores concentrações das soluções de BIC, reduziram ($P < 0,05$) os valores de a^* (Figura 11).

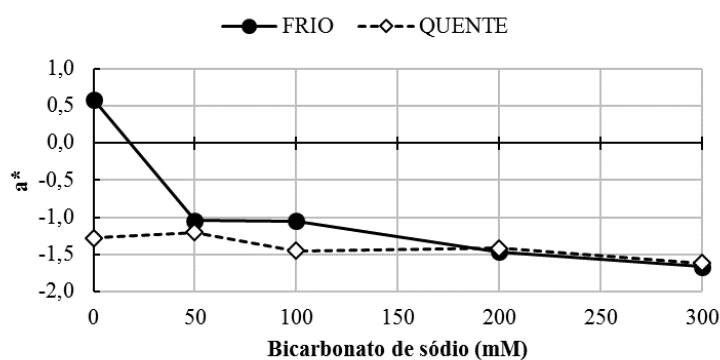


Figura 11 Valores do índice de vermelho (a^*) da cor de lombos suínos desossados a quente e a frio e injetados com diferentes concentrações de bicarbonato de sódio.

Santos et al. (2012), ao marinar carne suína com soluções alcalinas, buscando melhorar sua qualidade, obteve um efeito similar ao encontrado neste

estudo, ao injetar soluções de BIC associadas ao SAL para os valores de a^* , as carnes injetadas sofreram um decréscimo na intensidade do vermelho.

Para os valores de b^* , houve efeito significativo ($p < 0,05$) entre o tipo de desossa e as injeções com BIC (Figura 12). Os valores encontrados neste experimento são superiores aos reportados por Santos et al. (2012) que foram na faixa de (2,61 a 3,07). No entanto, são próximos aos reportados por Maganhini et al. (2007). De forma geral, as amostras passaram a ter uma cor menos intensa e com uma maior participação da tonalidade amarela.

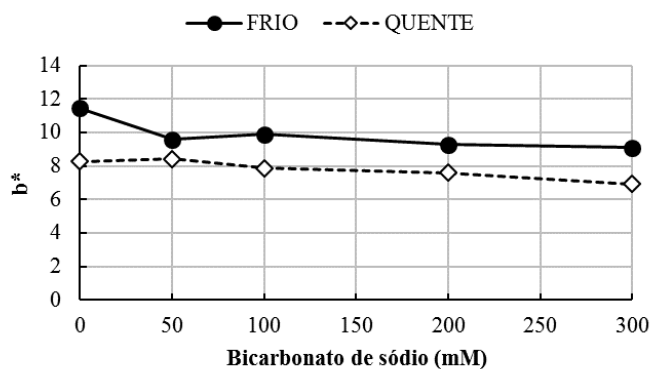


Figura 12 Valores do índice de amarelo (b^*) da cor de lombos suínos desossados a quente e a frio e injetados com diferentes concentrações de bicarbonato de sódio.

A injeção com BIC reduziu os valores de a^* , b^* e C^* (Figura 13) e aumentou os valores de h^* (Figura 14) das amostras, tornando-as mais escuras, menos saturadas e com uma coloração com maior participação da tonalidade amarela.

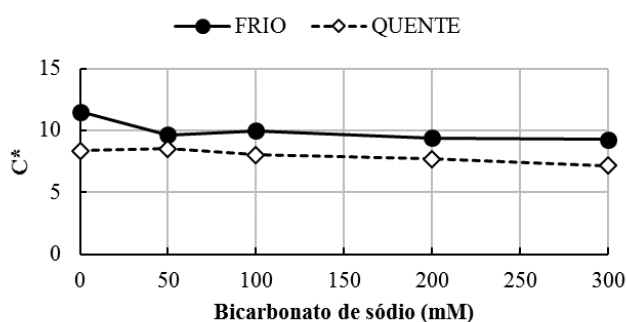


Figura 13 Valores da saturação (C^*) da cor de lombos suínos desossados a quente e a frio e injetados com diferentes concentrações de bicarbonato de sódio.

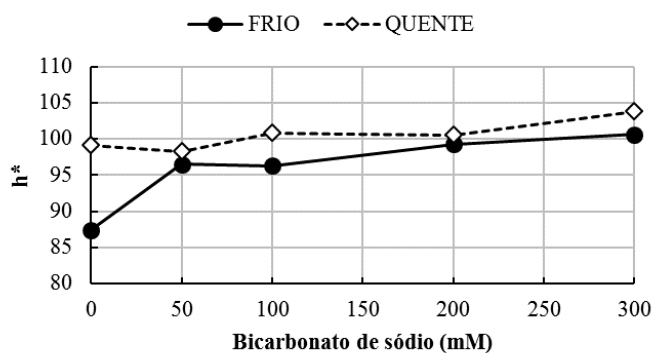


Figura 14 Valores do ângulo de tonalidade (h^*) da cor de lombos suínos desossados a quente e a frio e injetados com diferentes concentrações de bicarbonato de sódio.

As carnes desossadas a quente apresentaram uma coloração considerada normal, enquanto as carnes desossadas a frio se apresentaram pálidas ($L^* > 52$). Os menores valores de L^* são oriundos dos maiores valores de pH das amostras desossadas a quentes. Nenhum efeito significativo da injeção foi observado nos

valores de L^* , o que contradiz os resultados de Kauffman et al. (1998), Yang et al., 2006 e Wynveen et al. (2001), que mostraram que a injeção da carne pré-rigor com soluções de BIC foi eficaz na prevenção desenvolvimento da cor pálida. O valor de L^* foi afetado apenas pela desossa, sendo maior para a TDF ($L^* = 56,65$) do que para o TDQ ($L^* = 48,93$).

4.1.5 Tripolifosfato de sódio

Os valores de pH das soluções de TPP ficaram na faixa de 8,19 a 8,52 (Tabela 13).

Tabela 13 Valores de pH das soluções de marinação de acordo com a concentração de tripolifosfato de sódio.

Concentração (nM)				Média
50	100	200	300	
8,52	8,37	8,31	8,19	8,35

Foram observados efeitos entre os tipos de desossa e as injeções de TPP ($p < 0,05$) no pH dos bifes, tanto desossados a quente quanto a frio (Figura 15). O aumento do pH na carne suína injetada com fosfatos é reportado por diversos autores (DAGUER, 2009; SHEARD et al., 1999; SHEARD; TALI, 2004), com efeitos positivos sobre a capacidade de retenção de água (CRA) da carne.

Segundo Cheng e Sun (2008), os polifosfatos são substâncias alcalinas e quando adicionadas à carne, provocam aumento no pH. Não houve efeito ($P > 0,05$) da injeção e da desossa para a purga, apresentando média de 2,75%. Contudo, melhorias na CRA foram constatadas neste experimento, visto que para o tratamento submetido ao TDQ os valores de PPC foram menores ($P <$

0,05) nas amostras com injeção de maiores concentrações de TPP, já para a carne submetida ao processo de TDF o efeito foi contrário (Figura 16).

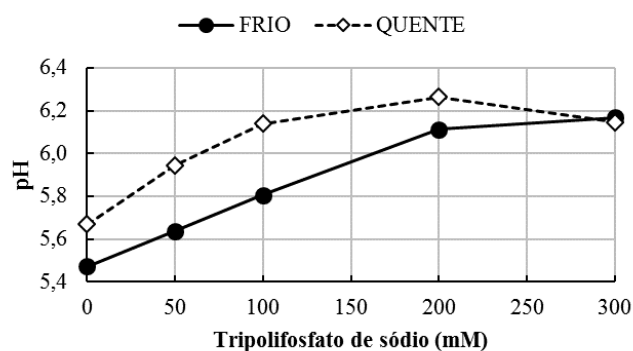


Figura 15 Valores de pH de lombos suínos desossados a quente e a frio e injetados com diferentes concentrações de tripolifosfato de sódio.

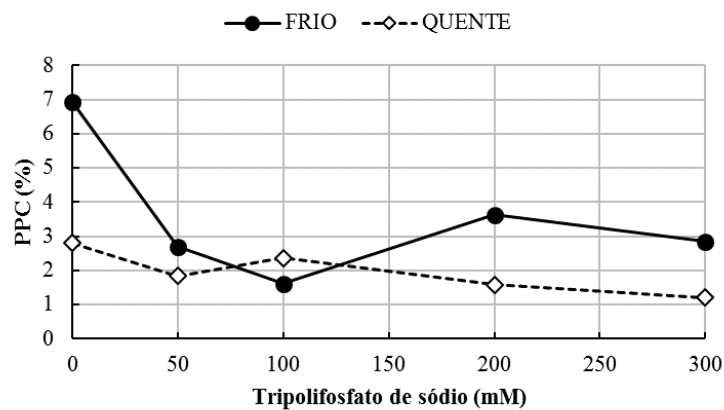


Figura 16 Valores de perda por cozimento (PPC) de lombos suínos desossados a quente e a frio e injetados com diferentes concentrações de tripolifosfato de sódio.

Segundo Offer e Trinick (1983), a adição de fosfatos implica em uma elevação de 0,2 a 0,5 unidades do pH, afastando-o do ponto isoelétrico das proteínas da carne e, conseqüentemente, aumentando seu poder de retenção de água. Além de agentes tamponantes, a adição de fosfatos aumenta a força iônica e induz a dissociação do complexo actomiosínico, o que contribui para maiores CRA (YAMAZAKI; SHEN; SWARTZ, 2010).

A injeção de TPP promoveu uma redução nos valores de WBsSF à medida que a concentração da solução aumentou (Figura 17), estando de acordo com resultados anteriormente reportados para carne suína por (SHEARD et al., 1999). Segundo esses autores, os polifosfatos (após hidrólise) atuam como promotores da despolimerização dos filamentos de miosina e também promovem o enfraquecimento da ligação das cabeças de miosina com a actina, promovendo, assim, a dissociação do complexo actomiosina, o que permite a expansão limitada da rede de filamentos.

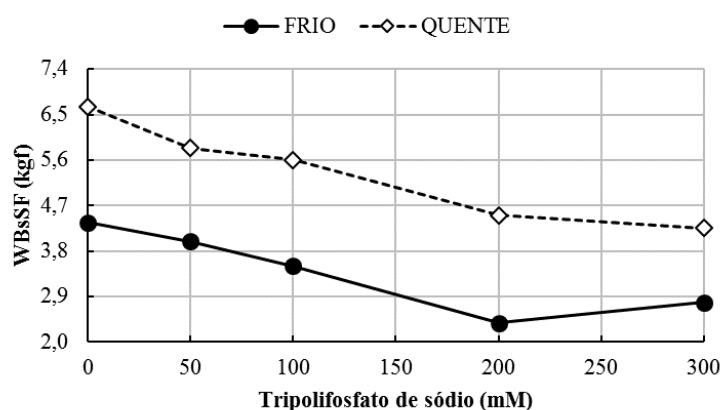


Figura 17 Valores de força de cisalhamento (WBsSF) de lombos suínos desossados a quente e a frio e injetados com diferentes concentrações de tripolifosfato de sódio.

Nas carnes desossadas a quente, concentrações acima de 200 mM de TPP foram capazes de mudar a textura da carne de “dura” para “macia”, ficando próximo dos valores de maciez da carne desossada a frio sem marinação, considerando o limiar de 4,7 kgf.

Os lombos injetados tornaram-se mais escuros com a injeção de TPP, sendo observados menores valores de L^* à medida que se aumentou a concentração das soluções de marinação (Figura 18). Essa redução condiz com o aumento observado nos valores de pH com a marinação em concentrações crescentes de TPP. Brewer et al. (2006), Zhu, Bidner e Brewer (2001) e Bendall e Swatland (1988) afirmam que o aumento do pH implica no decréscimo da luminosidade da carne, uma vez que aumentam as capacidades de regeneração da mioglobina reduzida e das proteínas de se ligarem à água, afetando, diretamente, a quantidade de luz refletida.

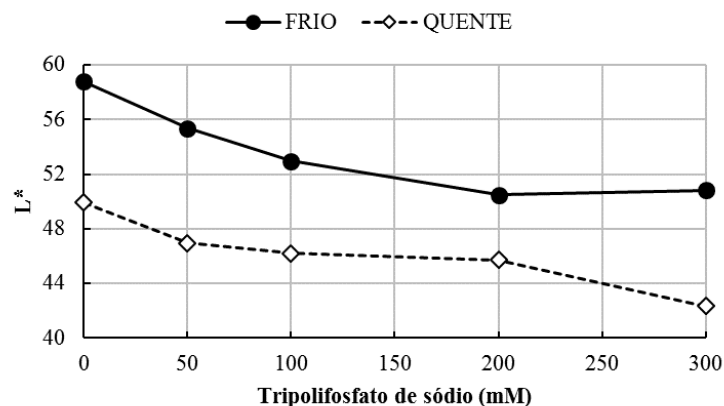


Figura 18 Valores da luminosidade (L^*) da cor de lombos suínos desossados a quente e a frio e injetados com diferentes concentrações de tripolifosfato de sódio.

A injeção de soluções de TPP em concentrações acima de 100 mM nas carnes desossadas a frio permitiu mudar a sua categoria de coloração pálida ($L^* > 52$, segundo Torres Filho et al. (2015) para normal. Já, nas carnes desossadas a quente, apesar de todas as amostras apresentarem valor $L^* < 52$, a marinação com solução de 300 mM de TPP tornou a cor da carne muito escura, o que pode ter afetado, negativamente, a sua aceitação, uma vez que os valores médios de L^* foram menores que 44, limiar entre carnes normais e escuras segundo (TORRES FILHO et al., 2015).

A marinação com soluções de TPP, reduziu ($P < 0,05$) os valores de a^* (Figura 19), em ambos os tipos de desossa. De forma geral, os valores de b^* e C^* (Figura 20) reduziram, enquanto os valores de h^* (Figura 21) aumentaram com a marinação em maiores concentrações de TPP.

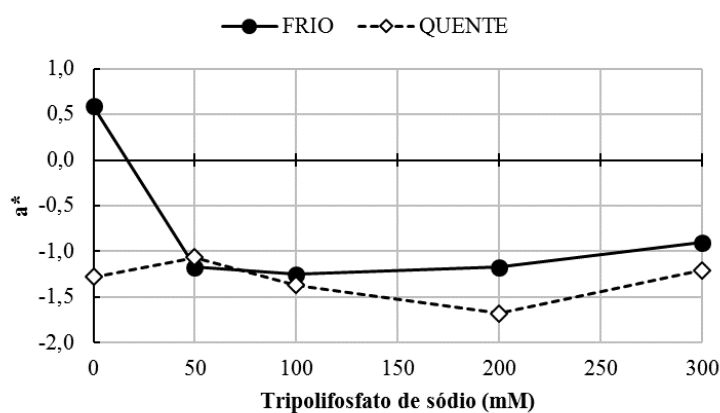


Figura 19 Valores do índice de vermelho (a^*) da cor de lombos suínos desossados a quente e a frio e injetados com diferentes concentrações de tripolifosfato de sódio.

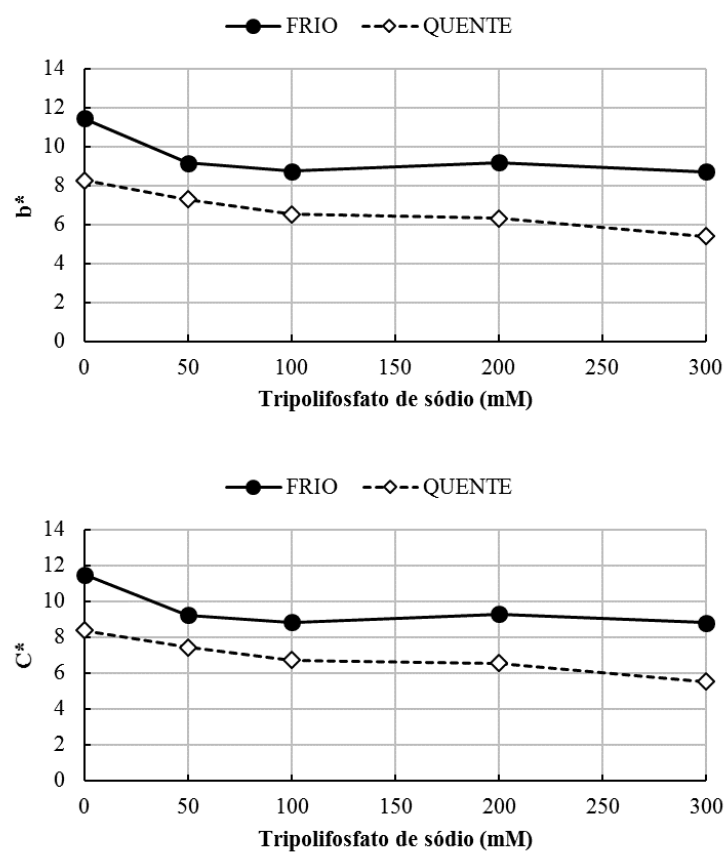


Figura 20 Valores do índice de amarelo (b^*) e da saturação (C^*) da cor de lombos suínos desossados a quente e a frio e injetados com diferentes concentrações de tripolifosfato de sódio.

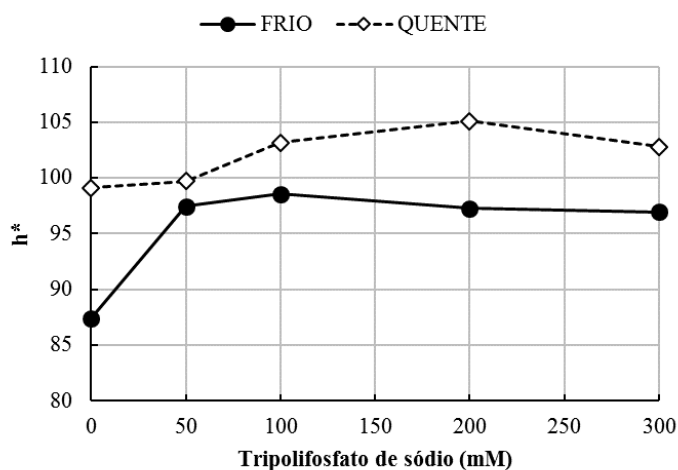


Figura 21 Valores do ângulo de tonalidade (h^*) da cor de lombos suínos desossados a quente e a frio e injetados com diferentes concentrações de tripolifosfato de sódio.

É possível afirmar, de acordo com os resultados, que as amostras passaram a ter uma cor menos intensa e com uma maior participação da tonalidade amarela. Efeito semelhante foi observado por Hayes et al. (2006), sendo que também podem estar associados às alterações de pH (aumentos) induzidos pela adição do fosfato.

4.1.6 Cloreto de cálcio

Os valores de pH das soluções de cloreto de cálcio (CCA) ficaram na faixa de 9,02 a 9,73 (Tabela 14), sendo que os valores de pH foram maiores ($P < 0,05$) no TDQ do que na TDF (Tabela 15). Eikelenboom (1993) menciona variações no pH de carnes desossadas em pré-rigor, relacionando essa variação com a velocidade de resfriamento após a desossa, onde resfriamentos mais

rápidos tendem a retardar a queda do pH. Esse maior pH foi, provavelmente, o responsável pelos menores valores de PPC observados.

Tabela 14 Valores de pH das soluções de marinação de acordo com a concentração de cloreto de cálcio

Concentração (nM)				Média
100	200	300	400	
9,02	9,34	9,69	9,73	9,44

Tabela 15 Efeito da desossa sobre os parâmetros de pH e perda por cozimento (PPC) de lombos suínos injetados com solução de cloreto de cálcio

Característica	Tipo de desossa		Média
	Frio	Quente	
pH	5,52 ^a	5,68 ^b	5,60
PPC (%)	23,65 ^a	19,00 ^b	22,01

^{a-b} letras diferentes, na mesma linha, diferem ($P < 0,05$) entre si pelo teste Tukey.

Não foram observados efeitos de marinação ($p > 0,05$) nos valores de pH e PPC, o que contradiz o reportado por Boles e Swan (1997) que observaram menores valores de pH com a injeção de soluções de CCA e atribuíram essa redução no aumento da taxa de glicólise, em virtude da injeção desse sal. Pearson et al. (1973) relataram um aumento da taxa de glicólise e um declínio mais rápido nos pH *longissimus* cordeiro e *biceps femoris* quando CCA foi injetado logo após o abate. Pérez, Escalona e Guerrero (1998), ao avaliarem as diferenças obtidas na qualidade da carne de quatro espécies de animais tratados com CCA, obtiveram valores de pH superiores em todas as amostras controle do que as submetidas ao tratamento de injeção com CaCl_2 . Outros pesquisadores (BOLEMAN et al., 1995; JATURASITHA et al., 2004; LANSDELL et al., 1995) não relataram o efeito do CCA sobre o pH da carne injetada.

Lawrence et al. (2003), ao avaliarem os efeitos de sais de cálcio na qualidade de lombos bovino, verificaram que o valor final do pH muscular para o tratamento com CCA foi menor do que os tratamentos combinados com ácido ascórbico e lactato de cálcio.

Para o parâmetro de PPC, também não foram observados efeitos significativos ($p > 0,05$), similar ao reportado por Harada (2004) que, ao avaliar a injeção de salmoura com CCA em carne bovina não obtiveram perdas significativas quando comparada ao controle, contudo, Boles (2001) relatou que a PPC diminuiu, consideravelmente, com o aumento do nível de injeção de CCA e o rendimento de cozimento com CCA.

Houve efeito significativo ($P < 0,05$) das concentrações das soluções de CCA para o parâmetro de purga, as perdas foram maiores nos tratamentos submetidos ao TDQ (Figura 22).

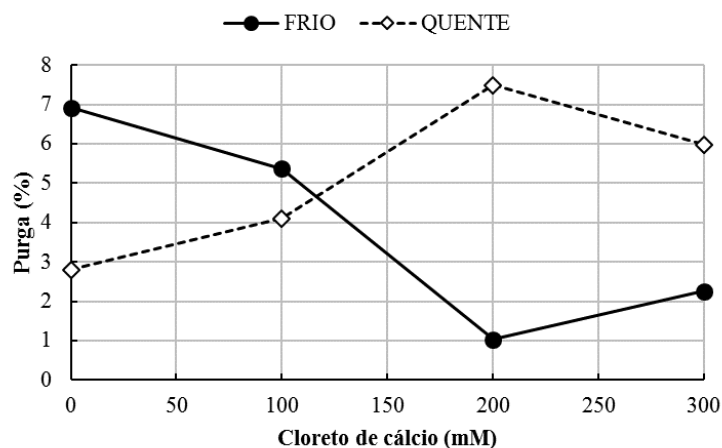


Figura 22 Valores de purga de lombos suínos desossados a quente e a frio e injetados com diferentes concentrações de cloreto de cálcio.

Segundo Harada (2004) amostras marinadas com CCA retém menos água. Possivelmente, em virtude de o ponto isoelétrico da proteína miofibrilar que quando aumenta o número de ligações, diminui a retenção de água. Porém, HAMM (1960) conclui que a diferença na CRA é decorrente do diferencial de cátions multivalentes, quando o número de ligação aumenta a CRA diminui.

A marinação com CCA induziu a uma redução ($P < 0,05$) nos valores de WBsSF (Figura 23), que foram menores para maiores concentrações desse sal. A injeção das amostras desossadas a quente com concentrações iguais ou maiores que 300 mM de CCA foi capaz de mudar a textura da carne de “dura” para “macia”, ficando próximo dos valores de maciez da carne desossada a frio sem marinação.

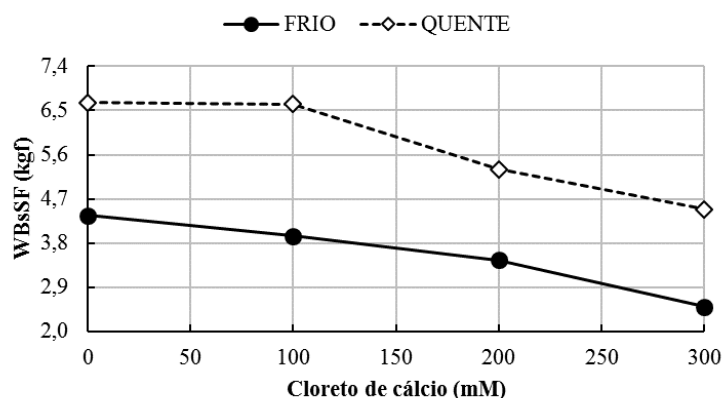


Figura 23 Valores de força de cisalhamento (WBsSF) de lombos suínos desossados a quente e a frio e injetados com diferentes concentrações de cloreto de cálcio.

Esses resultados corroboram os reportados por Polidori et al. (2000) que observaram que a infusão de CCA nas carcaças ovinas pré-rigor promoveu a aceleração da maciez *post-mortem*. Segundo esses autores, a melhoria na maciez

deu-se, possivelmente, em virtude do sistema formado pela enzima calpaína, que é ativada pelos íons cálcio presentes no citoplasma da célula muscular, e degradam as proteínas miofibrilares em determinados pontos internos das moléculas, melhorando a maciez da carne, e pela calpastatina, uma proteína que age como inibidor.

De acordo com Koohmaraie (1992), embora o mecanismo exato do amaciamento *post-mortem* ainda permaneça controverso, há um consenso geral de que a proteólise de proteínas miofibrilares é o principal contribuinte para o amaciamento da carne, durante o armazenamento *post-mortem*.

Muitos estudos têm utilizado várias concentrações de CCA para amaciar a carne, a partir de espécies diferentes. Pérez et al. (1998) utilizaram soluções de CCA de 75 e 150 mM para melhorar a maciez da carne pós-rigor de frango, cavalo, bovino e coelho. Além disso, 100, 250, e 300 mM de soluções de CCA têm sido utilizadas para amaciar músculo do peito de ganso (CHOU et al., 1995), músculo bovino (GONZALEZ et al., 2001) e carcaças ovinas (POLIDORI et al., 2000). Por outro lado, (KOOHMARAIE; CROUSE; MERSMANN, 1989) relataram que a infusão de carcaças de ovinos com solução de CCA 75 mM não apresentou efeitos nos valores de WBsSF quando comparadas ao tratamento controle, enquanto a infusão de 300 mM de CCA foi a mais eficaz na redução da WBsSF. Whipple e Koohmaraie (1993) também relataram que a carne marinada numa solução de CCA 150 mM, durante 24 e 48 h não conseguiu melhorar os valores de WBsSF.

De forma geral, o TDQ reduziu ($P < 0,05$) os valores de L^* , b^* e C^* (Tabela 16), tornando-as mais escuras, menos saturadas e com uma coloração com maior participação da tonalidade amarela. Apesar dos valores de pH terem sido maiores para as amostras desossadas a quente, estas apresentaram menores valores de L^* , pode estar associado à maior compactação da estrutura

miofibrilar, em virtude do encurtamento pelo frio, (VAN LAACK; SMULDERS, 1990), conforme observado em outras soluções.

Tabela 16 Efeito da desossa sobre os parâmetros de cor de lombos suínos injetados com solução de cloreto de cálcio

Característica	Tipo de desossa		Média
	Frio	Quente	
L*	57,30 ^a	47,61 ^b	52,46
b*	10,11 ^b	7,75 ^b	8,93
C*	10,18 ^b	7,82 ^b	9,00

^{a-b} letras diferentes, na mesma linha, diferem ($P < 0,05$) entre si pelo teste Tukey

A injeção de CCA afetou ($P < 0,05$) de forma distinta os valores de a^* , reduzindo-os nas amostras desossadas a frio e aumentando-os nas amostras desossadas a quente, havendo efeito de concentração de cloreto de cálcio. Isto também afetou o ângulo de tonalidade (h^*) das amostras desossadas a frio, cujos valores foram maiores nas amostras injetadas. Estas alterações são representadas na Figura 24.

Estes efeitos (redução de a^* e aumento de h^*) podem estar associados à oxidação da mioglobina à metamioglobina, em razão da maior probabilidade da formação de radicais livres com o aumento da concentração molar da solução (LAWRENCE et al., 2003). De acordo com Bunmee et al. (2014) ao que diz respeito a injeção de CCA, é difícil encontrar um efeito consistente sobre a cor da carne na literatura. Jaturasitha et al. (2004), ao injetarem 250mM de CaCl_2 e avaliar a maturação por um período de 7 dias, verificou redução nos valores de L^* após 7 dias de maturação; no entanto, os índices de vermelho (a^*) e amarelo (b^*) foram reduzidos, mas, nestes últimos, o efeito só ocorreu com a injeção de CCA a 45 min post-mortem. Jerez et al. (2003), ao injetarem diferentes

concentrações de CCA (200, 300 e 400mM) em músculos bovinos pré-rigor, também observaram uma redução nos valores de a^* , quando comparados ao tratamento controle.

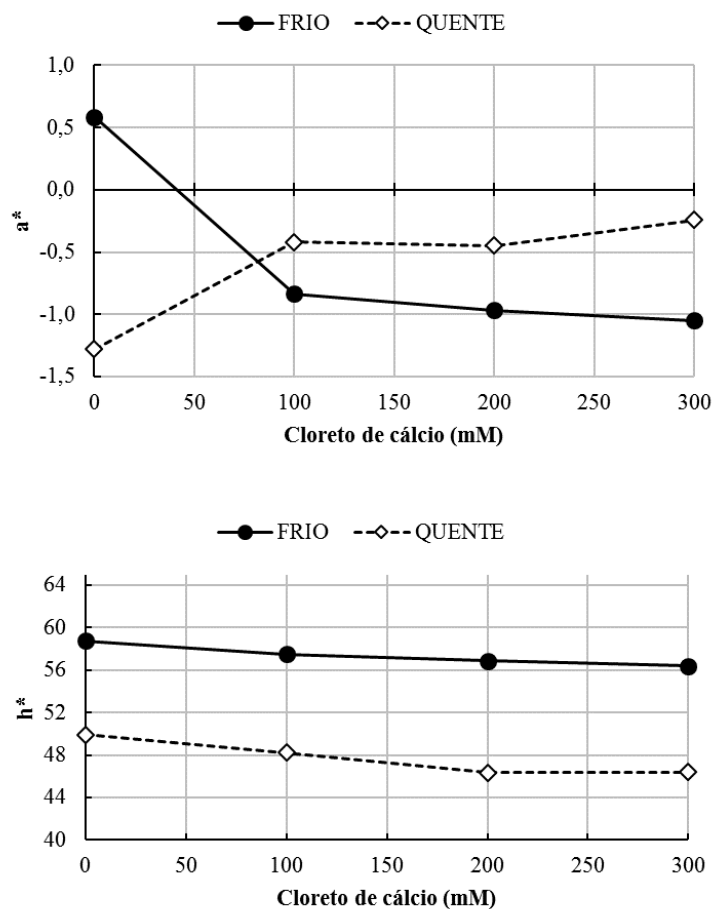


Figura 24 Valores do índice de vermelho (a^*) e do ângulo de tonalidade (h^*) da cor de lombos suínos desossados a quente e a frio e injetados com diferentes concentrações de cloreto de cálcio.

4.1.7 Cloreto de sódio

Os valores de pH das soluções de cloreto de sódio (SAL) ficaram na faixa de 6,29 a 6,33 (Tabela 17).

Tabela 17 Valores de pH das soluções de marinação de acordo com a concentração de cloreto de sódio

Concentração (nM)				Média
200	400	600	800	
6,33	6,29	6,29	6,31	6,30

Foi observado efeito de desossa para o parâmetro de pH (Tabela 18). Os valores de pH foram maiores ($P < 0,05$) no TDQ do que na TDF. Esse maior pH foi, provavelmente, o responsável pelos menores valores de purga observados para as amostras desossadas a quente, apesar do PPC não ter sido afetado, o que contradiz os resultados de Murphy e Zerby (2004) que, ao investigarem a capacidade da injeção pré-rigor de SAL visando a melhor qualidade da carne de cordeiro obtiveram menores valores de PPC do que nas amostras controle. Judge e aberle (1980) afirmaram que a injeção de SAL, em carne pré-rigor, aumenta a capacidade de retenção de água, em razão da expansão da rede miofibrilar o que diminui, significativamente, as perda por cozimento.

Carnes desossadas a quente também apresentaram uma maior compactação da estrutura miofibrilar, evidenciada pelos maiores valores de WBsSF (Tabela 18). Marsh et al. (1972) relataram que a maciez da carne suína diminuiu entre 20-40%, quando músculos foram excisados pré-rigor e mantidos a 0 °C em comparação com os músculos refrigerados na carcaça. Considerando o limiar de 4,7 kgf, as amostras obtidas no TDQ podem ser classificadas como duras e na TDF como macias.

Tabela 18 Efeito da desossa sobre os parâmetros de pH, purga, perda por cozimento (PPC) e força de cisalhamento (WBsSF) de lombos suínos injetados com solução de cloreto de sódio

Característica	Tipo de desossa		Média
	Frio	Quente	
pH	5,52 ^a	5,74 ^b	5,63
Purga (%)	3,71	2,96	3,33
PPC (%)	27,61	22,84	25,22
WBsSF (kgf)	3,79 ^a	5,83 ^b	4,81

^{a-b} letras diferentes, na mesma linha, diferem ($P < 0,05$) entre si pelo teste Tukey

De acordo com Offer e Trinick (1983) e Santos et al. (2012) o SAL geralmente não aumenta os valores de pH, no entanto, é eficaz no aumento da capacidade de ligação de água da carne, por meio do aumento da força iônica, favorecendo a solubilidade das proteínas mifibrilares. Medyński, Pospiech e Kniat (2000), ao avaliarem o efeito de diferentes concentrações de ácido láctico e de SAL em características físico-químicas de carnes, obtiveram um efeito semelhante, quando aplicaram apenas SAL em seus tratamentos, verificaram que o sal reduziu as perdas de líquido da carne e aumentou a sua capacidade de retenção de água.

Houve efeito de desossa para os parâmetros de luminosidade (L^*), índice de amarelo (b^*) e saturação (C^*), sendo constatadas diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os tipos de desossa (Tabela 19). O TDQ reduziu os valores de L^* , b^* e C^* e aumentou os valores de h^* das amostras, tornando-as mais escuras, menos saturadas e com uma coloração com maior participação da tonalidade amarela. As carnes desossadas a quente apresentaram uma coloração considerada normal, enquanto as carnes desossadas a frio se apresentaram pálidas ($L^* > 52$). A luminosidade foi afetada apenas pela desossa, sendo maior para a TDF ($L^* = 57,30$) do que para o TDQ ($L^* = 47,61$).

Tabela 19 Efeito da desossa sobre os parâmetros de cor de lombos suínos injetados com solução de cloreto de sódio

Característica	Tipo de desossa		Média
	Frio	Quente	
L*	57,30 ^a	47,61 ^b	52,46
b*	10,11 ^b	7,75 ^b	8,93
C*	10,18 ^b	7,82 ^b	9,00

^{a-b} letras diferentes, na mesma linha, diferem ($P < 0,05$) entre si pelo teste Tukey

A marinação com soluções de SAL, reduziu ($P < 0,05$) os valores de a* (Figura 25), b* e C* (Figura 26) e aumentou ($P < 0,05$) os valores de tonalidade (h*; Figura 27) da cor dos lombos.

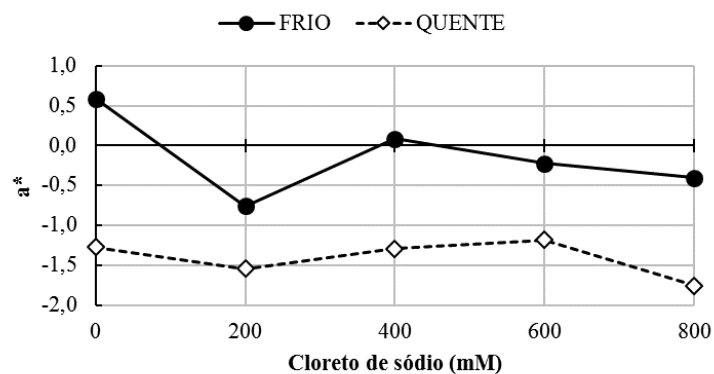


Figura 25 Valores do índice de vermelho (L*) da cor de lombos suínos desossados a quente e a frio e injetados com diferentes concentrações de cloreto de sódio.

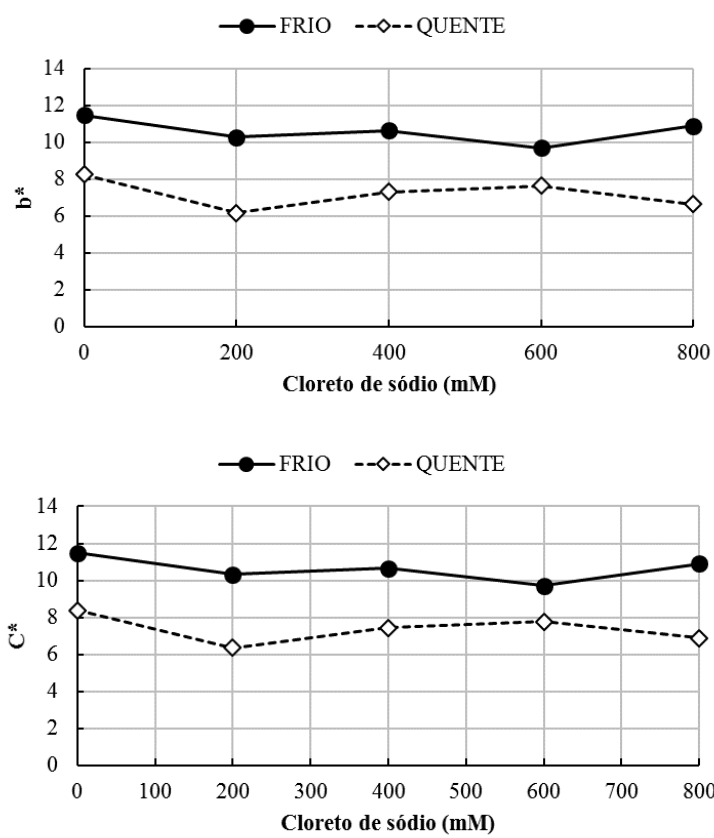


Figura 26 Valores do índice de amarelo (b^*) e saturação (C^*) da cor de lombos suínos desossados a quente e a frio e injetados com diferentes concentrações de cloreto de sódio.

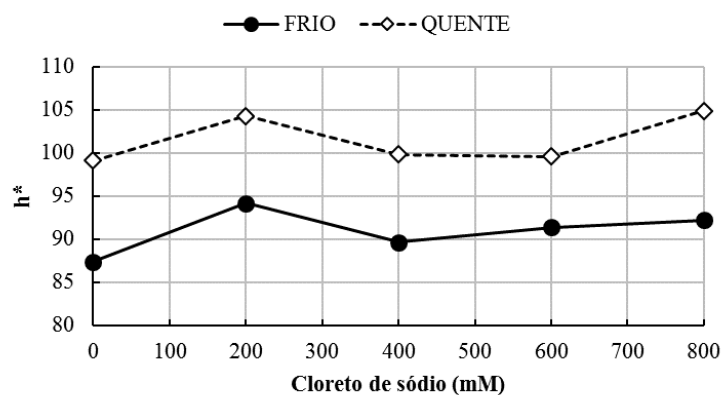


Figura 27 Valores do ângulo de tonalidade (h^*) da cor de lombos suínos desossados a quente e a frio e injetados com diferentes concentrações de cloreto de sódio.

De forma geral, as amostras passaram a ter uma cor menos intensa e com uma maior participação da tonalidade amarela. Esse efeito na cor pode estar relacionado ao fato do SAL possuir ação pró-oxidante, promovendo a aceleração da oxidação da mioglobina, deslocando o sentido da reação na formação de metamioglobina.

4.1.8 Nitrito de sódio

Os valores de pH das soluções de nitrito de sódio (NO_2) ficaram na faixa de 6,22 a 6,33 (Tabela 20).

Tabela 20 Valores de pH das soluções de marinação de acordo com a concentração de nitrito de sódio

Concentração (nM)				Média
5	10	15	20	
6,22	6,29	6,33	6,27	6,28

Os valores de pH foram maiores ($P < 0,05$) no TDQ do que na TDF (Figura 28) a marinação com NO_2 teve um efeito significativo ($p < 0,05$) nos valores de pH e a medida que a concentração de NO_2 aumentou, os valores para esse parâmetro também aumentaram.

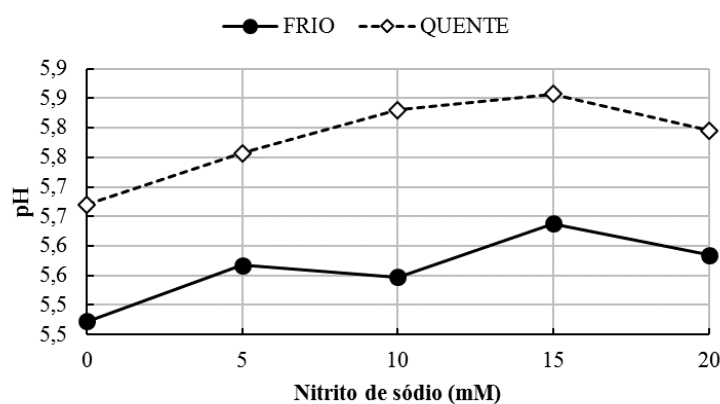


Figura 28 Valores de pH de lombos suínos desossados a quente e a frio e injetados com diferentes concentrações de nitrito de sódio.

Esse aumento do pH foi, provavelmente, o responsável pelos menores valores de purga observados para as amostras desossadas a quente, já a PPC não foi afetada (Tabela 21).

Tabela 21 Efeito da desossa sobre os parâmetros de purga, perda por cozimento (PPC) e força de cisalhamento (WBsSF) de lombos suínos injetados com solução de nitrito de sódio

Característica	Tipo de desossa		Média
	Frio	Quente	
Purga (%)	5,54 ^a	2,32 ^b	3,93
PPC (%)	24,72	23,02	23,87
WBsSF (kgf)	3,90 ^a	6,88 ^b	5,39

^{a-b} letras diferentes, na mesma linha, diferem ($P < 0,05$) entre si pelo teste Tukey

Carnes desossadas a quente também apresentaram uma maior compactação da estrutura miofibrilar, evidenciado pelos maiores valores de WBsSF. Considerando o limiar de 4,7 kgf, as amostras obtidas no TDQ podem ser classificadas como duras e na TDF como macias.

O valor de L^* foi afetado apenas pela desossa, sendo maior para a TDF ($L^* = 57,79$) do que para o TDQ ($L^* = 49,51$). As carnes desossadas a quente apresentaram uma coloração considerada normal, enquanto as carnes desossadas a frio se apresentaram pálidas ($L^* > 52$). Os menores valores de L^* são oriundos dos maiores valores de pH das amostras desossadas a quente. Para as concentrações de NO_2 , o TDQ reduziu os valores b^* e C^* (Figura 29) e aumentou os valores de a^* e h^* (Figura 30) das amostras, tornando-as mais escuras, menos saturadas e com uma coloração com maior participação da tonalidade amarela.

O nitrito tem uma longa história de uso como um precursor na formação do pigmento rosa em carne curada (SONG et al., 2015). Segundo Ramos e Gomide (2007), a adição de NO_2 em produtos cárneos acarreta a formação de nitrosomioglobina, que é um pigmento de cor vermelho-rosado, responsável pela cor típica dos produtos curados.

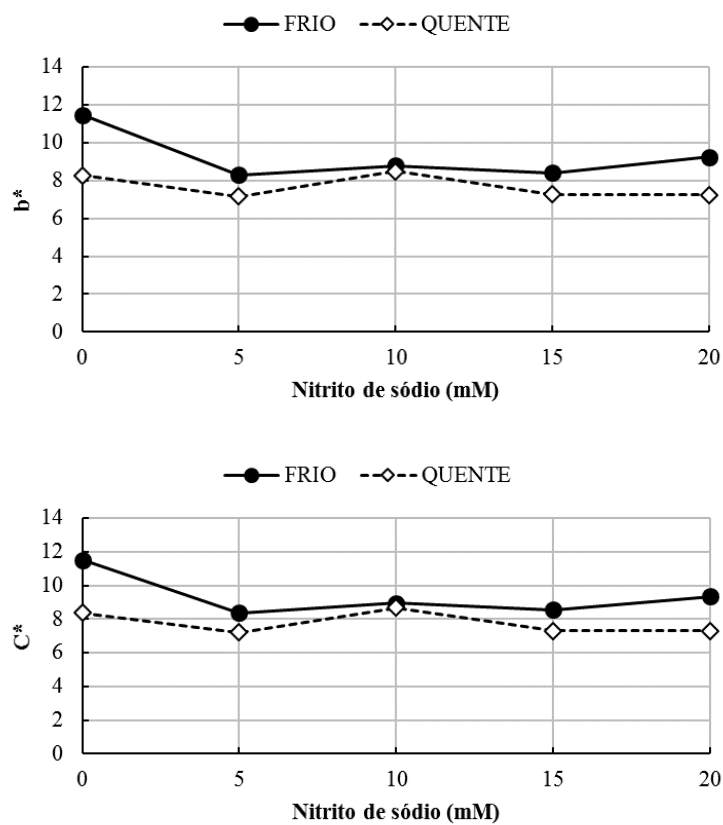


Figura 29 Valores do índice de amarelo (b^*) e da saturação (C^*) da cor de lombos suínos desossados a quente e a frio e injetados com diferentes concentrações de nitrito de sódio.

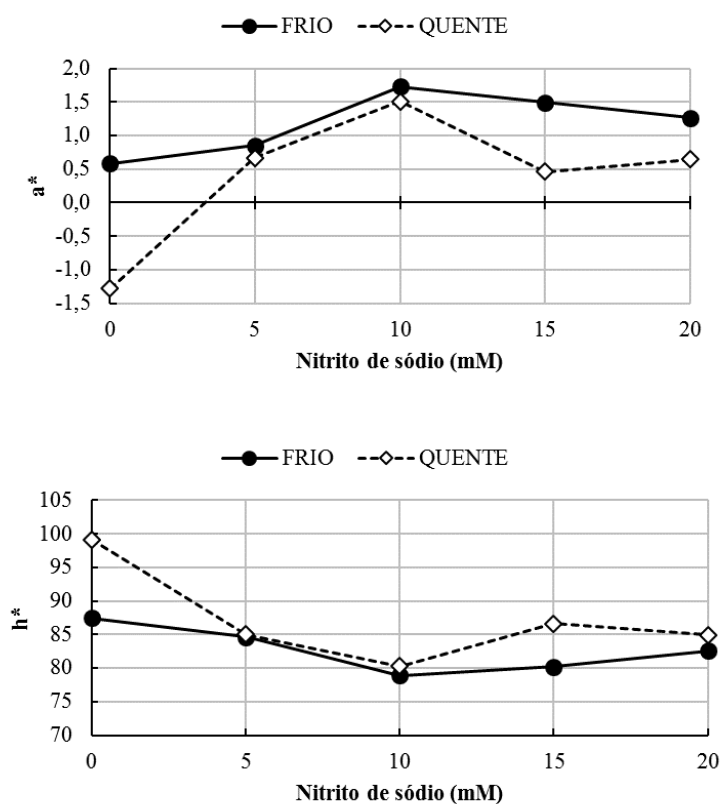


Figura 30 Valores do índice de vermelho (a^*) e do ângulo de tonalidade (h^*) da cor de lombos suínos desossados a quente e a frio e injetados com diferentes concentrações de nitrito de sódio.

4.2 Avaliação das misturas de soluções de marinação

A interação entre os fatores (Tipo de desossa e Tipo de Sal) foi significativa ($p < 0,05$) para os valores de purga (Tabela 22), sendo que as soluções de marinação não influenciaram estes valores no tratamento submetido a desossa fria (TDF). No tratamento desossado quente (TDQ), a solução de cloreto de sódio associada a solução com cloreto de cálcio (Sal- CaCl_2) diferiu

estaticamente do controle ($p < 0,05$), apresentando os menores valores de perda por purga quando comparada ao tratamento controle. No tratamento de desossa quente refrigerada (TDQ-F), o efeito significativo ($p < 0,05$) foi observado entre a solução de cloreto de cálcio e o tratamento controle, contudo, nesse caso, os valores de perda por purga foram superiores aos observados nas demais soluções.

Tabela 22 Efeito do tipo de desossa nos valores de purga de lombos suínos injetados com diferentes soluções de marinação

Marinação	Desossa			Média
	TDF	TDQ	TDQ-F	
Controle	2,47 ^{aA}	4,44 ^{aB}	2,16 ^{aA}	3,02
Sal-TPP	3,11 ^{aA}	3,79 ^{abA}	3,51 ^{abA}	3,47
Sal-CaCl ₂	3,78 ^{aA}	1,29 ^{bB}	2,78 ^{abAB}	2,61
CaCl ₂	4,83 ^{aA}	3,62 ^{abA}	3,62 ^{bA}	4,02
<i>Média</i>	3,55	3,28	3,02	

^{a-b} letras diferentes, na mesma linha, diferem ($P < 0,05$) entre si pelo teste Tukey

É notável uma perda por purga significativa ($p < 0,05$) entre os tipos de desossa aplicadas, com relação ao tratamento controle a desossa TDQ foi a que apresentou maiores valores de perda (4,44%). O que era esperado, pois, na desossa a quente, a compactação da estrutura miofibrilar é maior, em razão do efeito do encolhimento pelo frio, pelo que se esperaria uma maior perda de exsudado.

A solução com cloreto de sódio associada ao tripolifosfato (Sal-TPP) não mostrou efeito significativo ($p > 0,05$) entre os três tipos de desossa. Já a solução adicionada de cloreto de sódio em associação com o cloreto de cálcio obteve efeito significativo ($p < 0,05$) apresentando menores resultados de perda por purga nos tratamentos de desossa quente (TDQ e TDQ-F).

Na aplicação isolada de cloreto de cálcio (CaCl_2), não foi constatado efeito significativo ($p > 0,05$) entre a interação da solução e o tipo desossa, mantendo os valores de perda por purga relativamente altos, quando comparado as demais soluções. Rees et al. (2002) relataram um efeito similar, e o atribuem as alterações na força iônica do músculo, como resultado da infusão de cloreto de cálcio, a alteração na força iônica pode reduzir a afinidade das proteínas para se ligar a moléculas livres de água, aumentando assim o nível de perda por purga.

Não foram observadas interações significativas ($p < 0,05$) entre o tipo de desossa empregada e as injeções salinas para os valores de pH (Tabela 23), o que diverge do encontrado por Daguer (2009), Sheard et al. (1999) e Sheard e Tali (2004), que, ao injetarem salmouras com tripolifosfato de sódio, em lombo cozido, obtiveram um aumento de aproximadamente até 0,3 unidades no pH. Offer e Trinick (1983) e Pardi et al. (2006) que afirmam que a adição de fosfatos implica em uma elevação de 0,2 a 0,5 unidades do pH, e esse efeito tem impacto direto na capacidade de retenção de água, visto que valores de pH altos o afasta do ponto isoelétrico da proteína.

Tabela 23 Efeito das soluções de marinação nos valores de purga, perda por cozimento (PPC) e força de cisalhamento (WBsSF) de lombos suínos

	Controle	Sal-TPP	Sal- CaCl_2	CaCl_2
pH	5,57 ^a	5,75 ^b	5,59 ^a	5,58 ^a
PPC (%)	21,85 ^a	16,65 ^b	19,06 ^c	16,18 ^b
WBsSF (kgf)	4,63 ^a	4,01 ^{ab}	3,63 ^b	3,58 ^b

^{a-b} Letras diferentes, na mesma coluna, diferem ($P < 0,05$) entre si pelo teste Tukey

Menores valores de pH com a injeção de soluções de cloreto de cálcio também foram observados por Boles e Swan (1997), que atribuíram essa

redução no aumento da taxa de glicólise, em virtude da injeção desse sal. Pearson et al. (1973) relataram um aumento da taxa de glicólise e um declínio mais rápido do pH nos músculos *longissimus* e *biceps femoris* de cordeiros quando cloreto de cálcio foi injetado logo após o abate. Pérez et al. (1998), ao avaliarem as diferenças obtidas na qualidade da carne de quatro espécies de animais tratados com cloreto de cálcio, obtiveram valores de pH superiores em todas as amostras controle do que as submetidas ao tratamento de injeção com CaCl_2 . Outros pesquisadores (BOLEMAN et al., 1995; JATURASITHA et al., 2004; LANSDELL et al., 1995) não relataram o efeito do cloreto de cálcio sobre o pH da carne injetada.

Os valores de perda de peso por cozimento apresentaram efeito significativo ($p < 0,05$), para o tipo de solução de marinação empregada, observa-se melhor desempenho do CaCl_2 que apresentou menores valores de perda por cocção (PPC) e força de cisalhamento (WBsSF) esse tratamento não diferiu estatisticamente ($p > 0,05$) do tratamento Sal-TPP (Tabela 23). No entanto, todas as soluções injetadas promoveram uma redução nessa variável, apresentando menores perdas quando comparados ao tratamento controle. Sheard et al. (1999) reportam que os fosfatos são agentes tamponantes e sequestrantes, além de atuarem aumentando a força iônica dissociam o complexo actomiosínico, aumentando a capacidade de retenção de água e reduzindo a perda por purga e cocção.

Nos valores obtidos para força de cisalhamento (WBsSF) não foi observado efeito significativo ($p > 0,05$) (Tabela 23) entre as soluções aplicadas. As amostras injetadas com CaCl_2 apresentaram menor WBsSF. Considerando o limiar de 4,7 kgf, as amostras obtidas em todas as soluções podem ser classificadas como macias.

Também houve efeito significativo ($p < 0,05$) para a força de cisalhamento e do tipo de desossa aplicada (Tabela 24), sendo que a desossa

quente resfriada (TDQ-F) apresentou os menores valores para força de cisalhamento. Porém, não houve diferença significativa ($p > 0,05$) para o tratamento TDF e TDQ. Isso pode ser explicado, pois na desossa a quente, a compactação da estrutura miofibrilar é maior, em razão do efeito do encolhimento pelo frio, pelo que se esperaria uma maior perda de exsudado. Contudo, não houve maior dureza nas carnes submetidas a desossa a quente. E no caso do TDF é possível que tenha havido interferência da taxa de arrefecimento. Considerando o limiar de 4,7 kgf, todas as amostras obtidas podem ser classificadas como macias.

Tabela 24 Efeito do tipo de desossa aplicada valores de força de cisalhamento (WBsSF) de lombos suínos

Desossa	WBsSF (kgf)
TDF	4,15 ^a
TDQ	4,42 ^a
TDQ-F	3,31 ^b

^{a-b} Letras diferentes, diferem ($P < 0,05$) entre si pelo teste Tukey.

Polidori et al. (2000), ao injetar soluções de cloreto de cálcio em carne ovina pré-rigor, afirmou, que a infusão de CaCl_2 em carcaças ovinas promoveu a aceleração da maciez post-mortem, embora que o mecanismo ainda seja discutível. Ainda, conforme esse autor, a melhoria na maciez deu-se, possivelmente, em virtude da perda total da atividade μ -calpaína e uma redução significativa nas atividades de m-calpaína e calpastatina, visto que já foram encontradas relações significativas entre a atividade de calpastatina e força de cisalhamento.

Muitos estudos têm utilizado várias concentrações de cloreto de cálcio para amaciar a carne a partir de espécies diferentes. Pérez et al. (1998) utilizaram soluções de cloreto de cálcio de 75 e 150 mM para melhorar a

maciez da carne pós-rigor de frango, cavalo, bovino e coelho. Além disso, 100, 250, e 300 mM de soluções de cloreto de cálcio têm sido utilizadas para amaciar músculo do peito de ganso (CHOU et al., 1995), músculo bovino (GONZALEZ et al., 2001) e carcaças ovinas (POLIDORI et al., 2000), respectivamente.

Não foram constatados efeitos significativos para os valores de perda de peso por gotejamento (PPG), sendo que a perda média para todos os tratamentos foi de $4,68 \pm 2,18\%$. No entanto, na perda de peso por gotejamento pelo método de EZ driploss (Tabela 25) houve interação entre (tipo de desossa e a solução de marinação). Não foram observados efeitos significativos entre as soluções aplicadas e a desossa TDF e TDQ-F.

Tabela 25 Efeito do tipo de desossa nos valores de EZ driploss de lombos suínos injetados com diferentes soluções de marinação

Marinação	Desossa			Média
	TDF	TDQ	TDQ-F	
Controle	1,33 ^{aA}	3,36 ^{aB}	0,73 ^{aA}	1,81
Sal-TPP	0,95 ^{aA}	1,12 ^{bcA}	1,09 ^{aA}	1,05
Sal-CaCl ₂	1,61 ^{aA}	0,59 ^{bB}	1,11 ^{aAB}	1,10
CaCl ₂	1,34 ^{aA}	2,08 ^{cA}	1,54 ^{aA}	1,65
<i>Média</i>	<i>1,31</i>	<i>1,79</i>	<i>1,12</i>	

^{a-b; A-B} Letras diferentes, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem ($P < 0,05$) entre si pelo teste Tukey.

Na desossa TDQ diferenças significativas foram observadas ($p < 0,05$), sendo que no lombo injetado com soluções contendo NaCl (Sal-TPP e Sal-CaCl₂) apresentaram valores menores de perda por gotejamento. Esse efeito pode ter ocorrido em virtude do processamento acelerado da carne pré-rigor, o que pode ter ocasionado um encurtamento das miofibrilas, maior expulsão da água livre e, conseqüentemente, uma maior perda por gotejamento. Essa maior

compactação da estrutura miofibrilar é evidenciada pelos maiores valores de WBsSF nas amostras desossadas a quente.

Quando verifica-se o efeito do tipo de desossa para as diferentes soluções de marinação, é possível concluir que, no tratamento controle, apenas a desossa TDQ apresentou maiores perdas por gotejamento, sendo estatisticamente diferente ($p < 0,05$) dos demais tipos de desossa. No tratamento com NaCl-TPP e CaCl_2 , não foram constatadas diferenças estatísticas ($p > 0,05$) entre os tipos de desossa.

Ao avaliar o tratamento com cloreto de sódio, associado a cloreto de cálcio, verifica-se que houve um efeito significativo ($p < 0,05$) entre a desossa TDQ e TDF, sendo a desossa TDQ a que apresentou menores valores de EZ driploss (0,59) (Tabela 25).

Na avaliação dos dados de cor (Tabela 26), foi possível constatar uma interação entre tipo de desossa e solução de marinação. Não foram constatados efeitos significativos ($p > 0,05$) entre as soluções de marinação para os valores de luminosidade (L^*) para o tratamento TDF. Para os tratamentos TDQ e TDQ-F efeitos significativos foram observados, no tratamento TDQ todas as soluções diferiram estatisticamente ($p < 0,05$) entre si, sendo que o tratamento controle apresentou os maiores valores de L^* e o tratamento com cloreto de sódio e tripolifosfato apresentou os menores valores. Efeito similar foi observado para o tratamento TDF-F, onde a combinação de cloreto de sódio e tripolifosfato apresentou valores reduzidos de L^* , no entanto, os demais tratamentos apresentaram valores elevados de L^* e a solução de cloreto de sódio associado ao cloreto de cálcio não se apresentou diferença significativa.

Tabela 26 Efeito do tipo de desossa nos valores de luminosidade (L^*) de lombos suínos injetados com diferentes soluções de marinação

Marinação	Desossa			Média
	TDF	TDQ	TDQ-F	
Controle	53,05 ^{aA}	57,60 ^{aB}	58,15 ^{aB}	56,26
Sal-TPP	56,68 ^{aA}	44,57 ^{bB}	47,10 ^{bB}	49,45
Sal-CaCl ₂	52,90 ^{aA}	52,89 ^{cA}	56,27 ^{aB}	54,02
CaCl ₂	52,80 ^{aA}	48,10 ^{dB}	51,22 ^{cAB}	50,71
<i>Média</i>	53,86	50,79	53,18	

^{a-b; A-B} Letras diferentes, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem ($P < 0,05$) entre si pelo teste Tukey.

Com relação à cor, as desossas a quente implicaram em menores valores de L^* , b^* e C^* nos tratamentos Sal-TPP e CaCl₂, ficando as carnes mais escuras e com menor saturação de cor; porém, sem afetar a tonalidade (h^*). Desses índices, a redução nos valores de L^* é positiva, uma vez que as carnes desossadas a quente apresentam uma coloração normal em relação à coloração pálida ($L^* > 52$) das carnes desossadas a frio. Menores valores de L^* são oriundos dos maiores valores de pH, mas também podem estar associados à maior compactação da estrutura miofibrilar em virtude do encurtamento pelo frio, o que limita o consumo de oxigênio (VAN LAACK; SMULDERS, 1990), tornando-as mais escuras.

Não foram constatados efeitos significativos ($p > 0,05$), tanto entre os processos de desossa como para as soluções de marinação para os valores de a^* apresentando valor médio de $-0,85 \pm 1,12$. Entretanto, houve interação entre os tipos de desossas e as soluções de marinação para os valores de b^* (Tabela 27). Não foi observado efeito significativo ($p > 0,05$) entre tratamento TDF e as soluções de marinação, contudo, os valores de b^* para a solução de cloreto de sódio e tripolifosfato foram superiores com relação aos demais tratamentos.

Efeitos significativos ($p < 0,05$) foram observados nos tratamentos TDQ e TDQ-F, os valores de b^* , nos tratamentos com cloreto de sódio associado a tripolifosfato e cloreto de cálcio apresentaram os menores valores para esse índice, demonstrando uma participação menor do amarelo, quando comparados aos demais tratamentos em seus respectivos cortes.

Tabela 27 Efeito do tipo de desossa nos valores de índice de amarelo (b^*) de lombos suínos injetados com diferentes soluções de marinação

Marinação	Desossa			Média
	TDF	TDQ	TDQ-F	
Controle	8,58 ^{aA}	10,82 ^{aB}	10,92 ^{aB}	10,11
Sal-TPP	10,19 ^{aA}	7,03 ^{bB}	7,05 ^{bB}	8,09
Sal-CaCl ₂	9,04 ^{aA}	9,68 ^{acA}	10,58 ^{acA}	9,77
CaCl ₂	9,45 ^{aA}	8,17 ^{bcA}	8,51 ^{bcA}	8,71
Média	9,32	8,92	9,26	

^{a-b; A-B} Letras diferentes, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem ($P < 0,05$) entre si pelo teste Tukey.

A desossa TDQ e TDQ-F para o tratamento aplicado de Sal-TPP reduziu os valores de L^* , a^* , b^* e C^* e aumentou os valores de h^* das amostras, tornando-as mais escuras, menos saturadas e com uma coloração com maior participação da tonalidade amarela. As carnes desossadas a quente apresentaram uma coloração considerada normal, enquanto as demais se apresentaram pálidas ($L^* > 52$).

Para o índice de saturação (C^*) houve interação significativa ($p < 0,05$) entre os tipos de desossa e as soluções de marinação (Tabela 28). Não foi observado efeito significativo ($p > 0,05$) para o tratamento TDF, no tratamento TDQ os valores de saturação diminuiram com relação à amostra controle, sendo

a solução de marinação Sal-TPP que apresentou menor valor de saturação. Efeito semelhante foi obtido no tratamento TDQ-F.

Tabela 28 Efeito do tipo de desossa nos valores de saturação (C*) de lombos suínos injetados com diferentes soluções de marinação

Marinação	Desossa			Média
	TDF	TDQ	TDQ-F	
Controle	8,75 ^{aA}	11,04 ^{aB}	10,98 ^{aB}	10,25
Sal-TPP	10,26 ^{aA}	7,18 ^{bB}	7,30 ^{bB}	8,25
Sal-CaCl ₂	9,13 ^{aA}	9,76 ^{acA}	10,68 ^{aA}	9,86
CaCl ₂	9,54 ^{aA}	8,31 ^{bcA}	8,63 ^{ca}	8,83
<i>Média</i>	<i>9,42</i>	<i>9,07</i>	<i>9,40</i>	

^{a-b; A-B} Letras diferentes, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem ($P < 0,05$) entre si pelo teste Tukey.

Para os valores de tonalidade (h*) houve interação significativa ($p < 0,05$) (Tabela 29) entre os tipos de desossa e as soluções de marinação.

Tabela 29 Efeito do tipo de desossa nos valores de ângulo de tonalidade (h*) de lombos suínos injetados com diferentes soluções de marinação

Marinação	Desossa			Média
	TDF	TDQ	TDQ-F	
Controle	98,91 ^{aA}	90,23 ^{aB}	93,19 ^{aAB}	94,11
Sal-TPP	94,58 ^{aA}	99,18 ^{aAB}	103,22 ^{bB}	98,99
Sal-CaCl ₂	97,66 ^{aA}	96,37 ^{aA}	93,77 ^{aA}	95,94
CaCl ₂	94,23 ^{aA}	98,81 ^{aA}	96,78 ^{abA}	96,60
<i>Média</i>	<i>96,35</i>	<i>96,15</i>	<i>96,74</i>	

^{a-b; A-B} Letras diferentes, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem ($P < 0,05$) entre si pelo teste Tukey.

Foi observado efeito significativo ($p < 0,05$) apenas para o tratamento TDQ-F marinado com a solução Sal-TPP, que apresentou maiores valores de tonalidade. Para o tratamento controle, constatou-se que o tratamento TDF apresentou o maior valor de h^* , diferindo estatisticamente do tratamento TDQ. No tratamento injetado com Sal-TPP também foram observados efeitos significativos ($p < 0,05$) entre os tratamentos TDF e TDQ-F. Não foram constatados efeitos significativos ($p > 0,05$) nos tratamentos Sal- CaCl_2 e CaCl_2 .

5 CONCLUSÕES

A marinação com tripolifosfato de sódio (TPP), cloreto de cálcio (CCA) e cloreto de sódio (SAL), associados à desossa a fria, promoveram alterações positivas sobre a maciez, cor e pH dos lombos. Para a desossa a quente, a marinação com a solução de cloreto de cálcio (CCA) e o tratamento Sal-CaCl₂ proporcionaram os melhores valores de maciez, reduzindo os efeitos negativos do encolhimento pelo frio.

Constatou-se que a marinação constitui em uma tecnologia com potencial a ser utilizada pela indústria para melhoria da qualidade da carne suína.

REFERÊNCIAS

ABAPA. **História da Suinocultura no Brasil**. São Paulo, 2015. Disponível em: <<http://abpa-br.com.br/setores/suinocultura>>. Acesso em: 07 de maio 2015.

ABERLE, E. D. et al. A. **Principles of meat science**. 4th. ed. Dubuque: Kendall/Hunt, 2001.

ADENKOLA, A. Y. et al. Ameliorative effect of ascorbic acid on rectal temperature of pigs transported by road for eight hours during the harmattan season. In: ANNUAL CONFERENCE OF ANIMAL SCIENCE ASSOCIATION OF NIGERIA, 13., 2008, Nigeria. **Proceedings...** Nigeria: [s.n.], 2008. p. 177-181.

ADZITEY, F.; NURUL, H. Pale soft exudative (PSE) and dark firm dry (DFD) meats: Causes and measures to reduce these incidences - a mini review. **International Food Research Journal**, Sedang, v. 18, n. 1, p. 11-20, 2011.

ALVAREZ, D.; GARRIDO, M. D.; BANON, S. Influence of pre-slaughter process on pork quality: an overview. **Food Reviews International**, Nova York, v. 25, n. 3, p. 233-250, Jun. 2009.

ALVES, D. D. et al. Maciez da carne bovina. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 6, n. 3, jul./set. 2005. p.135-149.

CROSS, H. R. **Guidelines for cooking and sensory evaluation of meat**. Chicago: American Meat Science Association, 1978.

BABDJI, A. S.; FRONING, G. W.; NGOKA, D. A. The effect of short-term tumbling and salting on the quality of turkey breast muscle. **Poultry Science**, Champaign, v. 61, n.2, p. 300-303, Jan. 1982.

BENDALL, J. R.; RESTALL, D. J. The cooking of single myofibres, small myofibre bundles and muscle strips from beef M. psoas and M. sternomandibularis muscles at varying heating rates and temperatures. **Meat Science**, Barking, v. 8, n. 2, p. 93-117, Feb. 1983.

BENDALL, J. R.; SWATLAND, H. J. A review of the relationships of pH with physical aspects of pork quality. **Meat Science**, Barking, v. 24, n. 2, p. 85-126, 1988.

BENDALL, J. R.; WISMER-PEDERSEN, J. Some Properties of the Fibrillar Proteins of Normal and Watery Pork Muscle. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 27, n. 2, p. 144-159, 1962.

BIDNER, B. S. et al. Influence of dietary lysine level, pre-slaughter fasting, and rendimento napole genotype on fresh pork quality. **Meat Science**, Barking, v. 68, n. 1, p. 53-60, Sept. 2004.

BOLEMAN, S. J. et al. Effects of Postmortem time of calcium chloride injection on beef tenderness and drip, cooking, and total loss. **Meat Science**, Barking, v. 39, n. 1, p. 35-41, 1995.

BOLES, J. A.; SWAN, J. E. Effects of brine ingredients and temperature on cook yields and tenderness of pre-rigor processed roast beef. **Meat Science**, Barking, v. 45, n. 1, p. 87-97, Jan. 1997.

BORTOLUZZI, R. C. Marinados. In: OLIVO, R. O. (Ed.). **Mundo do frango: cadeia produtiva da carne de frango**. Criciúma: Do autor, 2006. p. 473-480.

BOTTINELLI, R. Functional heterogeneity of mammalian single muscle fibres: do myosin isoforms tell the whole story? **Pflügers Archiv**, Berlim, v. 443, n. 1, p. 6-17, Oct. 2001.

BRADFORD, D. D. et al. Potassium Lactate Effects on Low-Fat Fresh Pork Sausage Chubs During Simulated Retail Distribution. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 58, n. 6, p. 1245-1248, Nov. 1993.

BRAGAGNOLO, N.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Teores de colesterol, lipídios totais e ácidos graxos em cortes de carne suína. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 22, p. 98-104, Jan./Apr. 2002.

BRASHEAR, G. et al. Raw material pH, pump level and pump composition on quality characteristics of pork. **Journal of Muscle Foods**, Trumbull, v. 13, n. 3, p. 189-204, Aug. 2002.

BRASIL. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e Reforma Agrária. **Portaria nº 304/1996**. Estabelece critérios para introdução de modificações nas atividades de distribuição e comercialização de carne bovina, bubalina e suína, visando saúde do consumidor. 1996.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 3, de 17 de Janeiro de 2000**. Regulamento técnico de métodos de insensibilização para o abate humanitário de animais de açougue. Brasília, 2000.

BREWER, M. S.; NOVAKOFSKI, J.; FREISE, K. Instrumental evaluation of pH effects on ability of pork chops to bloom. **Meat Science**, Barking, v. 72, n. 4, p. 596-602, Apr. 2006.

BRISKEY, E. J. Etiological Status and Associated Studies of Pale, Soft, Exudative Porcine Musculature. In: C.O. CHICHESTER, E. M. M. e STEWART, G. F. (Ed.). **Advances in Food Research**. [Nova York]: Academic Press, 1964. v. 13. p. 89-178.

BÜLL, P. **Produção brasileira de suínos está em alta nas exportações**. São Paulo, 2015. Disponível em: <<http://brasileconomico.ig.com.br/brasil/economia/2015-01-15/producao-brasileira-de-suinos-esta-em-alta-nas-exportacoes.html>>. Acesso em: 15 de mar. 2015.

BUNMEE, T. et al. Can calcium chloride injection facilitate the ageing-derived improvement in the quality of meat from culled dairy cows? **Meat Science**, Barking, v. 96, n. 4, p. 1440-1445, Apr. 2014.

BYRNE, C. E.; TROY, D. J.; BUCKLEY, D. J. Postmortem changes in muscle electrical properties of bovine *M. longissimus dorsi* and their relationship to meat quality attributes and pH fall. **Meat Science**, Barking, v. 54, n. 1, p. 23-34, Jan. 2000.

CALDARA, F. R. et al. Propriedades físicas e sensoriais da carne suína PSE. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 13, n. 3, p. 815-824, jul./set. 2012.

CAMERON, N. D. et al. Meat quality of Large White pig genotypes selected for components of efficient lean growth rate. **Animal Science**, Penicuik, v. 68, n. 1, p. 115-127, Feb. 1999.

CHENG, Q.; SUN, D.-W. Factors Affecting the Water Holding Capacity of Red Meat Products: A Review of Recent Research Advances. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 48, n. 2, p. 137-159, Jan. 2008.

CHOI, Y. M.; KIM, B. C. Muscle fiber characteristics, myofibrillar protein isoforms, and meat quality. **Livestock Science**, [Nova York], v. 122, n. 2-3, p. 105-118, June 2009.

CHOU, R.-G. R. et al. Post-mortem changes in goose (*Anser anser*) breast muscles as affected by calcium chloride marination. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Londres, v. 68, n. 3, p. 293-297, July 1995.

CHRISTENSEN, L. B. Drip loss sampling in porcine m. longissimus dorsi. **Meat Science**, Barking, v. 63, n. 4, p. 469-477, Apr. 2003.

CLARK, K. A. et al. STRIATED MUSCLE CYTOARCHITECTURE: An Intricate Web of Form and Function. **Annual Review of Cell and Developmental Biology**, Palo Alto, v. 18, n. 1, p. 637-706, 2002.

CLAUS, J. R.; SØRHEIM, O. Preserving pre-rigor meat functionality for beef patty production. **Meat Science**, Barking, v. 73, n. 2, p. 287-294, June 2006.

CROSS, H. R.; SEIDEMAN, S. C. Use of electrical stimulation. In: PEARSON, A. M.; DUTSON, T. T. (Eds.). **Advances in meat research: electrical stimulation**. Westport: AUI, 1985. v. 1. p. 248-250.

CROUSE, J. D.; KOOHMARAIE, M.; SEIDEMAN, S. D. The relationship of muscle fibre size to tenderness of beef. **Meat Science**, Barking, v. 30, n. 4, p. 295-302, Dec. 1991.

CULAU, P. D. O. V. et al. Influência do gene halotano sobre a qualidade da carne suína. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 2, p. 954-961, Apr. 2002.

DAGUER, H. E. **Efeitos da injeção de ingredientes não cárneos nas características físicoquímicas e sensoriais do lombo suíno**. 2009. 187 p. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos)-Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

DALLA COSTA, O. A. et al. Effects of the season of the year, truck type and location on truck on skin bruises and meat quality in pigs. **Livestock Science**, [Nova York], v. 107, n. 1, p. 29-36, Mar. 2007.

DALRYMPLE, R. H.; HAMM, R. Postmortem glycolysis in prerigor ground bovine and rabbit muscle. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 40, n. 4, p. 850-853, July-Aug. 1975.

DRANSFIELD, E. Optimisation of tenderisation, ageing and tenderness. **Meat Science**, Barking, v. 36, n. 1-2, p. 105-121, Jan. 1994.

EIKELENBOOM, G. Effects of various processing methods on the quality of beef and pork. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 1993, Calgary. **Abstracts...** Calgary: [s.n.], 1993. p. 95-106.

EIKELENBOOM, G.; BOLINK, A. H.; SYBESMA, W. Effects of feed withdrawal before delivery on pork quality and carcass yield. **Meat Science**, Barking, v. 29, n. 1, p. 25-30, Dec. 1991.

ENGLAND, E. M. et al. Exploring the unknowns involved in the transformation of muscle to meat. **Meat Science**, Barking, v. 95, n. 4, p. 837-843, Dec. 2013.

FAROUK, M. M.; LOVATT, S. J. Initial chilling rate of pre-rigor beef muscles as an indicator of colour of thawed meat. **Meat Science**, Barking, v. 56, n. 2, p. 139-144, Oct. 2000.

FORREST, J. C. et al. **Fundamentos de ciencia de la carne**. Zaragoza: Acribia, 1979.

FRONING, G. W.; SACKETT, B. Effect of Salt and Phosphates During Tumbling of Turkey Breast Muscle on Meat Characteristics. **Poultry Science**, Champaign, v. 64, n. 7, p. 1328-1333, July 1985.

FUJII, J. et al. Identification of a mutation in the porcine ryanodine receptor that is associated with malignant hyperthermia. **Science**, Washington, v. 253, n. 5018, p. 448-451, July 1991.

GOLL, D. E. et al. Myofibrillar protein turnover: the proteasome and the calpains. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 86, n. 14, p. E19-E35, Apr. 2008.

GONZALEZ, C. B. et al. Effect of calcium chloride marination on bovine Cutaneus trunci muscle. **Meat Science**, Barking, v. 57, n. 3, p. 251-256, Mar. 2001.

GREY, T. C.; ROBINSON, D.; JONES, J. M. The effects on broiler chicken of polyphosphate injection during commercial processing. **International Journal of Food Science & Technology**, Oxford, v. 13, n. 6, p. 529-540, Dec. 1978.

- HAMILTON, D. N. et al. The impact of longissimus glycolytic potential and short-term feeding of magnesium sulfate heptahydrate prior to slaughter on carcass characteristics and pork quality. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 80, n. 6, p. 1586-1592, 2002.
- HAMM, R. Biochemistry of meat hydration. **Advances in Food Research**, San Diego, v. 10, p. 355-463, 1960.
- _____. Functional properties of the miofibrillar system and their measurement. In: BECHTEL, P. J. (Eds.). **Muscle as food**. Orlando: Academic Press, 1986. p.135-199.
- HARADA, M. M. **Efeito da desossa e da marinação sobre as características de processamento, físico-químicas e sensoriais do músculo Bíceps femoris**. 2004. 78 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos)-Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.
- HARRIS, P. V. Meat tenderness. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 34., 1988, Brisbane. **Proceedings...** Brisbane: CSIRO, 1988. p. 169-172.
- HAYES, J. E. et al. The effect of enhancement with salt, phosphate and milk proteins on the physical and sensory properties of pork loin. **Meat Science**, Barking, v. 72, n. 3, p. 380-386, Mar. 2006.
- HEDRICK, H. B.; ABERLE, E. D.; FORREST, J. C. E. A. **Principles of meat science**. Iowa: Kendall/Hunt, 1989.
- HERRING, H. K. et al. Tenderness and Associated Characteristics of Stretched and Contracted Bovine Muscles. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 32, n. 3, p. 317-323, May 1967.
- HONIKEL, K. O. Influence of Chilling on Meat Quality Attributes of Fast Glycolysing Pork Muscles. In: TARRANT, P. V.; EIKELENBOOM, G. et al (Ed.). **Evaluation and Control of Meat Quality in Pigs**: Springer Netherlands, 1987. v. 38. cap. 21, p. 273-283. (Current Topics in Veterinary Medicine and Animal Science).
- HUFF-LONERGAN, E. et al. Correlations among selected pork quality traits. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 80, n. 3, p. 617-627, Mar. 2002.

INMETRO. **Teor de gordura e colesterol nas carnes de bovinos e suínos.** 2012. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtos/teorGordura.asp>>. Acesso em: 30 Mar. 2015.

JATURASITHA, S. et al. Reducing toughness of beef from *Bos indicus* draught steers by injection of calcium chloride: effect of concentration and time postmortem. **Meat Science**, Barking, v. 68, n. 1, p. 61-69, Sept. 2004.

JENSEN, J. M. et al. Enhancement solution effects on shelf-life, color and sensory characteristics of pork chops during retail display. **Journal of Food Quality**, Wastport, v. 26, n. 4, p. 271-283, Oct. 2003.

JENSEN, J. M. et al. Effects of lactic and acetic acid salts on quality characteristics of enhanced pork during retail display. **Meat Science**, Barking, v. 63, n. 4, p. 501-508, Apr. 2003.

JEREZ, N. C.; CALKINS, C. R.; J., V. Prerigor injection using glycolytic inhibitors in low-quality beef muscles. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 81, n. 4, p. 997-1003, Apr. 2003.

JOLLEY, P. D.; HONIKEL, K. O.; HAMM, R. Influence of temperature on the rate of post-mortem metabolism and water-holding capacity of bovine neck muscles. **Meat Science**, Barking, v. 5, n. 2, p. 99-107, Jan. 1981.

JOSELL, Å. et al. Determination of RN- phenotype in pigs at slaughter-line using visual and near-infrared spectroscopy. **Meat Science**, Barking, v. 55, n. 3, p. 273-278, July 2000.

JUDGE, M. D.; ABERLE, E. D. Effect of prerigor processing on the oxidative rancidity of ground light and dark porcine muscles. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 45, n. 6, p. 1736-1739, Sept. 1980.

KAUFFMAN, R. G. et al. Can pale, soft, exudative pork be prevented by postmortem sodium bicarbonate injection? **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 76, n. 12, p. 3010-3015, Dec. 1998.

KEMP, R. G.; KREBS, E. G. Binding of metabolites by phosphofructokinase. **Biochemistry**, Nova York, v. 6, n. 2, p. 423-434, Feb. 1967.

KIM, Y. H. et al. Mechanism for Lactate-Color Stabilization in Injection-Enhanced Beef. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 54, n. 20, p. 7856-7862, Oct. 2006.

KLONT, R. E.; BROCKS, L.; EIKELENBOOM, G. Muscle fibre type and meat quality. **Meat Science**, Barking, v. 49, p. S219-S229, 1998. Supplement 1.

KNOCK, R. C. et al. Effects of potassium lactate, sodium chloride, sodium tripolyphosphate, and sodium acetate on colour, colour stability, and oxidative properties of injection-enhanced beef rib steaks. **Meat Science**, Barking, v. 74, n. 2, p. 312-318, Oct. 2006.

KOOHMARAIE, M. The role of Ca²⁺-dependent proteases (calpains) in post mortem proteolysis and meat tenderness. **Biochimie**, Paris, v. 74, n. 3, p. 239-245, Mar. 1992.

KOOHMARAIE, M. Biochemical factors regulating the toughening and tenderization processes of meat. **Meat Science**, Barking, v. 43, p. 193-201, 1996. Supplement 1.

KOOHMARAIE, M.; CROUSE, J. D.; MERSMANN, H. J. Acceleration of postmortem tenderization in ovine carcasses through infusion of calcium chloride: effect of concentration and ionic strength. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 67, n. 4, p. 934-42, Apr. 1989.

KOOHMARAIE, M. et al. Meat tenderness and muscle growth: is there any relationship?☆. **Meat Science**, Barking, v. 62, n. 3, p. 345-352, Nov. 2002.

KOOHMARAIE, M. et al. Factors Associated with the Tenderness of Three Bovine Muscles. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 53, n. 2, p. 407-410, Mar. 1988.

KÜCHENMEISTER, U.; KUHN, G.; ENDER, K. Seasonal effects on Ca²⁺ transport of sarcoplasmic reticulum and on meat quality of pigs with different malignant hyperthermia status. **Meat Science**, Barking, v. 55, n. 2, p. 239-245, June 2000.

KUO, C. C.; CHU, C. Y. Quality characteristics of Chinese sausages made from PSE pork. **Meat Science**, Barking, v. 64, n. 4, p. 441-449, Aug. 2003.

LANSDELL, J. L. et al. Postmortem injection of calcium chloride effects on beef quality traits. **Journal of animal science**, Champaign, v. 73, n. 6, p. 1735-1740, June 1995.

LAWRENCE, T. E. et al. Effects of calcium salts on beef longissimus quality. **Meat Science**, Barking, v. 64, n. 3, p. 299-308, July 2003.

_____. Effects of enhancing beef longissimus with phosphate plus salt, or calcium lactate plus non-phosphate water binders plus rosemary extract. **Meat Science**, Barking, v. 67, n. 1, p. 129-137, May 2004.

LAWRIE, R. A. **Ciência da carne**. 6. ed. Porto Alegre: 2005.

LEDWARD, D. A. Colour of raw and cooked meat from the chemistry of muscle based foods. In: JOHNSTON, D. A. et al (Eds.). **The chemistry of muscle based foods**. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 1992. p. 128-144.

LEE, S. et al. Effect of ion fluid injection on beef tenderness in association with calpain activity. **Meat Science**, Barking, v. 56, n. 3, p. 301-310, Nov. 2000.

LEFAUCHEUR, L. A second look into fibre typing – Relation to meat quality. **Meat Science**, Barking, v. 84, n. 2, p. 257-270, Feb. 2010.

LEMOS, A. L. S. C.; NUNES, D. R. M.; VIANA, A. G. Optimization of the still-marinating process of chicken parts. **Meat Science**, Barking, v. 52, n. 2, p. 227-234, June 1999.

LENGERKEN, G.; MAAK, S.; WICKE, M. Muscle metabolism and meat quality of pigs and poultry. **Veterinrija Ir Zootechnika**, Kaunas, v. 42, p. 82-86, 2002.

LESLIAK, M. T. et al. Effects of postmortem temperature and time on the water-holding capacity of hot-boned turkey breast and thigh muscle. **Meat Science**, Barking, v. 43, n. 1, p. 51-60, May 1996.

LINDAHL, G. et al. Influence of dietary creatine monohydrate and carcass cooling rate on colour characteristics of pork loin from different pure breeds. **Meat Science**, Barking, v. 72, n. 4, p. 624-634, Apr. 2006.

LIVINGSTON, M. et al. Shelf life characteristics of enhanced modified atmosphere packaged pork. **Meat Science**, Barking, v. 68, n. 1, p. 115-122, Sept. 2004.

LOCKER, R. H.; HAGYARD, C. J. A cold shortening effect in beef muscles. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Londres, v. 14, n. 11, p. 787-793, Nov. 1963.

MACA, J. V. et al. Sodium lactate and storage temperature effects on shelf life of vacuum packaged beef top rounds. **Meat Science**, Barking, v. 53, n. 1, p. 23-29, Sept. 1999.

MACHADO, J. **Cenário de Carnes-2014/2015**. In: REUNIÃO ORDINÁRIA - AUDITÓRIO MENOR DO MAPA, 25., Brasília, 2015. Apresentação em slides. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/camaras_setoriais/Aves_e_suinos/25RO/Cen%C3%A1rio%20Carnes%202014%202015.pdf>. Acesso em: 02 dez. 2015.

MAGANHINI, M. B. et al. Carnes PSE (Pale, Soft, Exudative) e DFD (Dark, Firm, Dry) em lombo suíno numa linha de abate industrial. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 27, p. 69-72, 2007.

MANCINI, R. A.; HUNT, M. C. Current research in meat color. **Meat Science**, Barking, v. 71, n. 1, p. 100-121, Sept. 2005.

MANCINI, R. A. et al. The utility of lactate and rosemary in beef enhancement solutions: Effects on longissimus color changes during display. **Journal of Muscle Foods**, Trumbull, v. 16, n. 1, p. 27-36, Jan. 2005.

MANTESE, F. D. G. **Transformação do músculo em carne**. Seminário apresentado na disciplina Bioquímica do Tecido Animal (Prof. Félix H. D. González) do Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias da UFRGS, 1º semestre de 2002. Disponível em: <<http://stoa.usp.br/oliveiraramon/files/-1/5285/carne.pdf>>. Acesso em: 02 dez. 2015.

MARSH, B. B. et al. HOT BONING AND PORK TENDERNESS. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 37, n. 1, p. 179-180, Jan. 1972.

MARSH, B. B. et al. Effects of early-postmortem glycolytic rate on beef tenderness. **Meat Science**, Barking, v. 21, n. 4, p. 241-248, 1987.

MCKEE; HARGIS, B. M.; SAMS, A. R. Pale, soft, and exudative meat in turkeys treated with succinylcholine. **Poultry Science**, Champaign, v. 77, n. 2, p. 356-360, Feb.1998.

MEDYŃSKI, A.; POSPIECH, E.; KNIAT, R. Effect of various concentrations of lactic acid and sodium chloride on selected physico-chemical meat traits. **Meat Science**, Barking, v. 55, n. 3, p. 285-290, July 2000.

MIELE, M.; MACHADO, J. S. Panorama da carne suína brasileira. **Agroanalysis**, Rio de Janeiro, v. 30, n. 1, p. 34-42, 2010.

MILLER, K. A. et al. Comparison of Hot Processing Systems for Pork. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 58, n. 3, p. 605-610, Jan. 1984.

MOELICH, E. I.; HOFFMAN, L. C.; CONRADIE, P. J. Sensory and functional meat quality characteristics of pork derived from three halothane genotypes. **Meat Science**, Barking, v. 63, n. 3, p. 333-338, Mar. 2003.

MONIN, G.; SELLIER, P. Pork of low technological quality with a normal rate of muscle pH fall in the immediate post-mortem period: The case of the Hampshire breed. **Meat Science**, Barking, v. 13, n. 1, p. 49-63, 1985.

MUCHENJE, V. et al. Relationship between pre-slaughter stress responsiveness and beef quality in three cattle breeds. **Meat Science**, Barking, v. 81, n. 4, p. 653-657, Apr. 2009.

MUCHENJE, V.; NDOU, S. P. How pig pre-slaughter welfare affect pork quality and pig industry. **Porcus**, África do Sul, v. 29, p. 38-39, Nov. 2011.

MURPHY, M. A.; ZERBY, H. N. Prerigor infusion of lamb with sodium chloride, phosphate, and dextrose solutions to improve tenderness. **Meat Science**, Barking, v. 66, n. 2, p. 343-349, Feb. 2004.

NEEL, S. W.; REAGAN, J. O.; MABRY, J. W. Effects of Rapid Chilling and Accelerated Processing on the Physical and Sensory Characteristics of Fresh Pork Loins. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 64, n. 3, p. 765-773, 1987.

NEWSHOLME, E. A.; SUGDEN, P. H.; WILLIAMS, T. Effect of citrate on the activities of 6-phosphofructokinase from nervous and muscle tissues from different animals and its relationship to the regulation of glycolysis. **Biochemical Journal**, Londres, v. 166, n. 1, p. 123-129, July1977.

OFFER, G. Modelling of the formation of pale, soft and exudative meat: Effects of chilling regime and rate and extent of glycolysis. **Meat Science**, Barking, v. 30, n. 2, p. 157-184, 1991.

OFFER, G.; TRINICK, J. On the mechanism of water holding in meat: The swelling and shrinking of myofibrils. **Meat Science**, Barking, v. 8, n. 4, p. 245-281, 1983.

OLIVER, M. A.; GISPERT, M.; DIESTRE, A. Estudio del pH₁ de los músculos Longissimus dorsi y Semimembranosus en canales porcinos comerciales. **Medicina Veterinaria**, Barcelona, v. 1, n. 5, p. 45-49, 1988.

ORDÓÑEZ, J. A. O. **Tecnología de Alimentos: alimentos de origem animal**. Porto Alegre: ARTMED, 2005.

OSÓRIO, J. C. S.; OSÓRIO, M. T. M.; SAÑUDO, C. Características sensoriais da carne ovina. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 38, p. 292-300, 2009.

OUALI, A. Proteolytic and physicochemical mechanisms involved in meat texture development. **Biochimie**, Paris, v. 74, n. 3, p. 251-65, Mar. 1992.

OZAWA, S. et al. The characteristics of muscle fiber types of longissimus thoracis muscle and their influences on the quantity and quality of meat from Japanese Black steers. **Meat Science**, Barking, v. 54, n. 1, p. 65-70, Jan. 2000.

PAPADOPOULOS, L. S. et al. Effect of Sodium Lactate on Microbial and Chemical Composition of Cooked Beef during Storage. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 56, n. 2, p. 341-347, 1991.

PARDI, M. C. et al. **Ciência, Higiene e Tecnologia da carne**. 2ª. Goiânia: 2006.

PARMIGIANI, P. Avanços e desafios para os processados suínos. **Revista Nacional da Carne**, São Paulo, ano XXXV, n. 410, abr. 2011.

PARRISH, F. C. et al. Effect of postmortem conditions on certain chemical, morphological and organoleptic properties of bovine muscle. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 38, n. 4, p. 690-695, May 1973.

PARTANEN, K. et al. Effects of finishing diet and pre-slaughter fasting time on meat quality in crossbred pigs. **Agricultural and Food Science**, Jokionen, v. 16, n. 3, p. 245-258, 2007.

PEARSON, A. M. et al. Influence of epinephrine and calcium upon glycolysis, tenderness and shortening of sheep muscle. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 38, n. 7, p. 1124-1127, Nov. 1973.

PEETERS, E. et al. Effect of driver and driving style on the stress responses of pigs during a short journey by trailer. **Animal Welfare**, Wheathampstead, v. 17, n. 2, p. 189-196, Jan. 2008.

PÉREZ, M. L.; ESCALONA, H.; GUERRERO, I. Effect of calcium chloride marination on calpain and quality characteristics of meat from chicken, horse, cattle and rabbit. **Meat Science**, Barking, v. 48, n. 1-2, p. 125-134, Jan. 1998.

PIVOTTO, L. M. et al. Effects of hot boning and moisture enhancement on the eating quality of cull cow beef. **Meat Science**, Barking, v. 96, n. 1, p. 237-246, Jan. 2014.

POLIDORI, P. et al. Tenderization of wether lambs meat through pre-rigor infusion of calcium ions. **Meat Science**, Barking, v. 55, n. 2, p. 197-200, June 2000.

PONRAJAN, A. et al. Effect of sodium citrate plus sodium diacetate or buffered vinegar on quality attributes of enhanced beef top sirloins. **Meat Science**, Barking, v. 91, n. 1, p. 43-49, May 2012.

PRÄNDL, O. et al. **Tecnología e Higiene de la Carne**. Zaragoza: Acribia, 1994.

PRÄNDL, O.; FISCHER, A.; SCHMIDHOFER, T. E. A. **Tecnología e higiene de la carne**. Zaragoza: Acribia, 1994.

PRESTAT, C. et al. Cooking method and endpoint temperature effects on sensory and color characteristics of pumped pork loin chops. **Meat Science**, Barking, v. 60, n. 4, p. 395-400, Apr. 2002.

RAMOS, E. M.; GOMIDE, L. A. M. **Avaliação da qualidade de carnes: fundamentos e metodologias**. Viçosa, MG: UFV, 2007.

REES, M. P.; TROUT, G. R.; WARNER, R. D. Tenderness, ageing rate and meat quality of pork *M. longissimus thoracis et lumborum* after accelerated boning. **Meat Science**, Barking, v. 60, n. 2, p. 113-124, Feb. 2002.

RHOADES, R. D. et al. Postmortem regulation of glycolysis by 6-phosphofructokinase in bovine *M. Sternocephalicus* pars mandibularis. **Meat Science**, Barking, v. 70, n. 4, p. 621-626, Aug. 2005.

RITTER, M. J. et al. Effects of distance moved during loading and floor space on the trailer during transport on losses of market weight pigs on arrival at the packing plant. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 85, n. 12, p. 3454-3461, Dec. 2007.

ROBBINS, K. et al. Consumer attitudes towards beef and acceptability of enhanced beef. **Meat Science**, Barking, v. 65, n. 2, p. 721-729, Oct. 2003a.

_____. Dietary vitamin E supplementation effects on the color and sensory characteristics of enhanced beef steaks. **Meat Science**, Barking, v. 64, n. 3, p. 279-285, July 2003b.

ROÇA, R. O. **Tecnologia da carne e produtos derivados**. Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônômicas, 2000.

ROLDÁN, M. et al. Effect of added phosphate and type of cooking method on physico-chemical and sensory features of cooked lamb loins. **Meat Science**, Barking, v. 97, n. 1, p. 69-75, May 2014.

ROSENVOLD, K. et al. Strategic finishing feeding as a tool in the control of pork quality. **Meat Science**, Barking, v. 59, n. 4, p. 397-406, Dec. 2001.

RYU, Y. C.; KIM, B. C. The relationship between muscle fiber characteristics, postmortem metabolic rate, and meat quality of pig *longissimus dorsi* muscle. **Meat Science**, Barking, v. 71, n. 2, p. 351-357, Oct. 2005.

SANTOS, V. M. O. D. et al. Marinade with alkaline solutions for the improvement of pork quality. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 11, p. 1655-1662, Nov. 2012.

SCHEFFLER, T. L.; PARK, S.; GERRARD, D. E. Lessons to learn about postmortem metabolism using the AMPK γ 3R200Q mutation in the pig. **Meat Science**, Barking, v. 89, n. 3, p. 244-250, Nov. 2011.

SCHIAFFINO, S. et al. Three myosin heavy chain isoforms in type 2 skeletal muscle fibres. **Journal of Muscle Research & Cell Motility**, Dordrecht, v. 10, n. 3, p. 197-205, June 1989.

SCHIAFFINO, S.; REGGIANI, C. Molecular diversity of myofibrillar proteins: Gene regulation and functional significance. **Physiological Reviews**, Baltimore, v. 76, p. 371-423, 1996.

SCHIRMER, B. C.; HEIR, E.; LANGSRUD, S. Characterization of the bacterial spoilage flora in marinated pork products. **Journal of Applied Microbiology**, Oxford, v. 106, n. 6, p. 2106-2116, Feb. 2009.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Abastecimento Mundial de Carnes**. Belo Horizonte, 2015. Disponível em: <http://www.agricultura.mg.gov.br/images/files/acompanhamentos/carnes/Acompanhamento_carnes_jan_2015.pdf>. Acesso em: 05 fev. 2015.

SELLIER, P. et al. Meat quality as influenced by halothane sensitivity and ultimate pH in three porcine breeds. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 18, n. 2, p. 171-186, Feb. 1988.

SEYFERT, M. et al. Efficacy of lactic acid salts and sodium acetate on ground beef colour stability and metmyoglobin-reducing activity. **Meat Science**, Barking, v. 75, n. 1, p. 134-142, Jan. 2007.

SHACKELFORD, S. D. et al. Heritabilities and phenotypic and genetic correlations for bovine postrigor calpastatin activity, intramuscular fat content, Warner-Bratzler shear force, retail product yield, and growth rate. **Journal of animal science**, Champaign, v. 72, n. 4, p. 857-863, Apr. 1994.

SHAW, F. D.; POWELL, Z. Meat quality aspects of hot boning. **Proceedings of Meat**, Brisbane, p. 12B-1-12B-3, 1995.

SHEARD, P. R. et al. Injection of water and polyphosphate into pork to improve juiciness and tenderness after cooking. **Meat Science**, Barking, v. 51, n. 4, p. 371-376, Apr. 1999.

SHEARD, P. R. et al. Effects of breed and marination on the sensory attributes of pork from Large White and Hampshire-sired pigs. **Meat Science**, Barking, v. 70, n. 4, p. 699-707, Aug. 2005.

SHEARD, P. R.; TALI, A. Injection of salt, tripolyphosphate and bicarbonate marinade solutions to improve the yield and tenderness of cooked pork loin. **Meat Science**, Barking, v. 68, n. 2, p. 305-311, Oct. 2004.

_____. Erratum to “Injection of salt, tripolyphosphate and bicarbonate marinade solutions to improve the yield and tenderness of cooked pork loin” [Meat Science 68(2) (2004) 305–311]. **Meat Science**, Barking, v. 71, n. 4, p. 753-754, Dec. 2005.

SHEN, Q. W.; SWARTZ, D. R. Influence of salt and pyrophosphate on bovine fast and slow myosin S1 dissociation from actin. **Meat Science**, Barking, v. 84, n. 3, p. 364-370, Mar. 2010.

SILVA, D. R. G. et al. Comparison of Warner–Bratzler shear force values between round and square cross-section cores from cooked beef and pork Longissimus muscle. **Meat Science**, Barking, v. 103, p. 1-6, May 2015.

SILVEIRA, E. T. F. Impacto da qualidade na industrialização da carne suína. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL SOBRE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO E INDUSTRIALIZAÇÃO DE SUÍNOS, 2., 1996, Campinas. **Anais...** Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1996. p. 99-122.

SINDELAR, J. J. et al. Strategies to eliminate atypical flavours and aromas in sow loins. I. Optimization of sodium tripolyphosphate, sodium bicarbonate, and injection level. **Meat Science**, Barking, v. 65, n. 4, p. 1211-1222, Dec. 2003.

SKURRAY, G. R.; PERKES, J. M.; DUFF, J. Effect of marinading with wine, sodium bicarbonate or soysauce on the thiamin content of beef. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 51, n. 4, p. 1059-1060, 1986.

SONG, X. et al. Nitrite spray treatment to promote red color stability of vacuum packaged beef. **Meat Science**, Barking, v. 99, p. 8-17, Jan. 2015.

SØRHEIM, O.; HILDRUM, K. I. Muscle stretching techniques for improving meat tenderness. **Trends in Food Science & Technology**, Cambridge, v. 13, n. 4, p. 127-135, Apr. 2002.

STEINHAUER, J. E. Food phosphates for use in the meat, poultry and seafood industry. **Dairy and Food Sanitation**, Ames, v. 3, n. 7, p. 244-247, 1983.

STEPHENS, J. W. et al. Effects of pre-rigor injection of sodium citrate or acetate, or post-rigor injection of phosphate plus salt on post-mortem glycolysis,

pH, and pork quality attributes. **Meat Science**, Barking, v. 74, n. 4, p. 727-737, Dec. 2006.

SZCZESNIAK, A. S. Texture is a sensory property. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 13, n. 4, p. 215-225, June 2002.

SZERMAN, N. et al. Effect of whey protein concentrate and sodium chloride addition plus tumbling procedures on technological parameters, physical properties and visual appearance of sous vide cooked beef. **Meat Science**, Barking, v. 76, n. 3, p. 463-473, July 2007.

TABER, L. A. Biomechanical Growth Laws for Muscle Tissue. **Journal of Theoretical Biology**, Londres, v. 193, n. 2, p. 201-213, July 1998.

TAYLOR, A. A.; SHAW, B. G.; MACDOUGALL, D. B. Hot deboning beef with and without electrical stimulation. **Meat Science**, Barking, v. 5, n. 2, p. 109-123, Feb. 1981.

TEJERINA, D.; GARCÍA-TORRES, S.; CAVA, R. Water-holding capacity and instrumental texture properties of m. Longissimus dorsi and m. Serratus ventralis from Iberian pigs as affected by the production system. **Livestock Science**, [Nova York], v. 148, n. 1-2, p. 46-51, Sept. 2012.

TORRES FILHO, R. A. et al. Classification of pork quality by hierarchical cluster analysis. **Food Analytical Methods**, [Berlim], v. (submetido para publicação), 2015.

TRAMONTINI, P. Consumo da carne suína a experiência brasileira. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE SUINOCULTURA, 5., 2000, São Paulo. **Anais...** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2000. p. 6-11.

TROY, D. J.; KERRY, J. P. Consumer perception and the role of science in the meat industry. **Meat Science**, Barking, v. 86, n. 1, p. 214-226, Sept. 2010.

VAN DE PERRE, V. et al. The prevalence of PSE characteristics in pork and cooked ham — Effects of season and lairage time. **Meat Science**, Barking, v. 86, n. 2, p. 391-397, Oct. 2010a.

VAN DE PERRE, V. et al. Effect of unloading, lairage, pig handling, stunning and season on pH of pork. **Meat Science**, Barking, v. 86, n. 4, p. 931-937, Dec. 2010b.

VAN LAACK, R. L.; STEVENS, S. G.; STALDER, K. J. The influence of ultimate pH and intramuscular fat content on pork tenderness and tenderization. **Journal of animal science**, Champaign, v. 79, n. 2, p. 392-397, Feb. 2001.

VAN LAACK, R. L. J. M. et al. A research note the effects of Prerigor Sodium Bicarbonate perfusion on the quality of Porcine M. Semimembranosus. **Journal of Muscle Foods**, Trumbull, v. 9, n. 2, p. 185-191, 1998.

VAN LAACK, R. L. J. M.; SMULDERS, F. J. M. Colour stability of bovine Longissimus and Psoas major muscle as affected by electrical stimulation and hot boning. **Meat Science**, Barking, v. 28, n. 3, p. 211-221, 1990.

VAN OECKEL, M. J.; WARNANTS, N.; BOUCQUÉ, C. V. Pork tenderness estimation by taste panel, Warner–Bratzler shear force and on-line methods. **Meat Science**, Barking, v. 53, n. 4, p. 259-267, Dec. 1999.

VEISETH, E.; KOOHMARAIE, M. Effect of extraction buffer on estimating calpain and calpastatin activity in postmortem ovine muscle. **Meat Science**, Barking, v. 57, n. 3, p. 325-329, Mar. 2001.

VERMEULEN, L. et al. Pre-slaughter handling and pork quality. **Meat Science**, Barking, v. 100, n. 0, p. 118-123, Feb. 2015.

VOSGEN, W. Alternatives Herstellungsverfahren aus nicht schachwarmen Fleisch. **Fleischwirtschaft International**, Frankfurt, v. 73, p. 214-220, 1993.

VOTE, D. J. et al. Injection of beef strip loins with solutions containing sodium tripolyphosphate, sodium lactate, and sodium chloride to enhance palatability. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 78, n. 4, p. 952-957, 2000a.

VOTE, D. J. et al. Injection of beef strip loins with solutions containing sodium tripolyphosphate, sodium lactate, and sodium chloride to enhance palatability. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 78, n. 4, p. 952-7, Apr 2000b.

WARRIS, P. New developments in He preslaughter handling of pigs. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL SOBRE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO E INDUSTRIALIZAÇÃO DE SUÍNOS, 1., 1995, Campinas. **Anais...** Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1995. p. 81-107.

WEAKLEY, D. F. et al. Effects of Packaging and Processing Procedures on the Quality and Shelf Life of Fresh Pork Loins. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 51, n. 2, p. 281-283, 1986.

WHIPPLE, G.; KOOHMARAIE, M. Calcium chloride marination effects on beef steak tenderness and calpain proteolytic activity. **Meat Science**, Barking, v. 33, n. 2, p. 265-275, Jan. 1993.

WHITE, A. et al. Effects of electrical stimulation, chilling temperature and hot-boning on the tenderness of bovine muscles. **Meat Science**, Barking, v. 73, n. 2, p. 196-203, June 2006a.

_____. Manipulation of the pre-rigor glycolytic behaviour of bovine M. longissimus dorsi in order to identify causes of inconsistencies in tenderness. **Meat Science**, Barking, v. 73, n. 1, p. 151-156, 5// 2006b.

WIRTH, F. Technologie der Verarbeitung von fleisch mit abweichender Beschaffenheit. **Fleischwirtschaft**, Frankfurt, v. 65, p. 998-1001, 1986.

WITTMANN, W. et al. Fasting-Induced Glycogen Depletion in Different Fiber Types of Red and White-Pig Muscles - Relationship with Ultimate Ph. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Londres, v. 66(2), n. 257-266, 1994.

WOELFEL, R. L.; SAMS, A. R. Marination Performance of Pale Broiler Breast Meat. **Poultry Science**, Champaign, v. 80, n. 10, p. 1519-1522, Oct. 2001.

WYNVEEN, E. J. et al. Pork Quality is Affected by Early Postmortem Phosphate and Bicarbonate Injection. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 66, n. 6, p. 886-891, Aug. 2001.

XARGAYÓ, M. Marination of fresh meat by means of spray effect. **Fleischwirtschaft International**, Frankfurt, v. 2, n. 1, p. 70-74, 2001.

XIONG, Y. L. et al. Salt- and pyrophosphate-induced structural changes in myofibrils from chicken red and white muscles. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Londres, v. 80, n. 8, p. 1176-1182, June 2000.

YAMAZAKI, M.; SHEN, Q. W.; SWARTZ, D. R. Tripolyphosphate hydrolysis by bovine fast and slow myosin subfragment 1 isoforms. **Meat Science**, Barking, v. 85, n. 3, p. 446-452, July 2010.

YANG, H. S. et al. Effect of Sodium Bicarbonate Injection in Pre-rigor Porcine M. Longissimus lumborum on Pork Quality. **Asian Australasian Journal of Animal Science**, Seoul, v. 19, n. 6, p. 898-904, Mar. 2006.

ZHU, L. G.; BIDNER, B.; BREWER, M. S. Postmortem pH, Muscle, and Refrigerated Storage Effects on Ability of Vacuum-Packaged Pork to Bloom. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 66, n. 8, p. 1230-1235, Oct. 2001.