

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

**CARNE BOVINA REESTRUTURADA COM
TRANSGLUTAMINASE: DESENVOLVIMENTO E
DETERMINAÇÕES DE COR E TEXTURA**

Lucinéia Aparecida Cestari
Engenheira de Alimentos

Prof. Dr. Pedro Eduardo de Felício
Orientador

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade
Estadual de Campinas como parte dos requisitos para a obtenção
do título de Mestre em Tecnologia de Alimentos.

Campinas – 2007.

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA FEA – UNICAMP

C338c Cestari, Lucinéia Aparecida
Carne bovina reestruturada com transglutaminase:
desenvolvimento e determinações de cor e textura /
Lucinéia Aparecida Cestari. -- Campinas, SP: [s.n.], 2007.

Orientador: Pedro Eduardo de Felício
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de
Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos

1. Carne bovina. 2. Bife reestruturado. 3. Textura.
4. Cor. 5. Transglutaminase. I. Felício, Pedro Eduardo
de. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de
Engenharia de Alimentos. III. Título.

(cars/fea)

MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Pedro Eduardo de Felício
(Orientador)

Prof. Dra. Marise Aparecida Rodrigues Pollonio
(Membro)

Prof. Dr. Marco Antônio Trindade
(Membro)

Dra. Judite das Graças Lapa Guimarães
(Membro Suplente)

Campinas, _____ de _____ de 2007.

Aos Meus Pais Cleuza e Valduir Cestari

Dedico este trabalho pelo amor, pelos ensinamentos e por todo apoio em tudo para que eu pudesse chegar até aqui.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por guiar meus passos e abrir caminhos para que tudo em minha vida se realizasse.

À minha família, meus pais Cleuza e Valduir Cestari, minha irmã Lílian, meu marido Márcio pelo companheirismo e apoio de todas as horas.

Ao meu querido orientador, Dr. Pedro Eduardo de Felício, pela amizade e orientação para a realização deste trabalho.

Às minhas companheiras de república Marcela, Marina, Aline, Élen, Melissa, Silvanete, Stela, Sandra, Verônica dentre outras que talvez eu tenha esquecido, pelas conversas, sugestões, amizade e apoio a todo o momento.

As minhas amigas queridas Carolina, Alline e Ana que mesmo distantes sempre próximas e presentes, pela amizade e incentivo.

A Faculdade de Engenharia de Alimentos da UNICAMP, pela oportunidade para a realização deste trabalho.

Aos técnicos desta faculdade, em especial ao José Roberto, Judite e a Micheli pela colaboração na planta piloto e laboratórios.

Ao CNPQ, pela bolsa de mestrado.

A Ajinomoto, representada pelas amigas Kellen e Elisabete, pela cooperação e apoio dedicado. Ao Bertin, representado por Sílvio, pela cooperação neste projeto.

A todas as pessoas que de alguma maneira, tornaram possível a realização deste trabalho,

Meu grande abraço.

“... fazer com amor aquilo que você faz é renovar-se
a cada instante, é crescer na sua própria dignidade,
é construir com a inteligência e o coração o mundo
no qual você habita e do qual você é um sócio efetivo”.

(Texto Bíblico)

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	VIII
LISTA DE FIGURAS.....	X
RESUMO	XI
ABSTRACT	XIII
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVO	3
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
3.1 REESTRUTURADOS E PROCESSAMENTO	4
3.1.1 <i>Importância da Matéria-prima</i>	7
3.1.2 <i>Ingredientes</i>	10
3.1.2.1 NaCl	10
3.1.2.2 Polifosfatos	12
3.2 EXTRAÇÃO PROTÉICA E LIGAÇÃO.....	14
3.2.1 <i>Transglutaminase</i>	15
3.3 TENDÊNCIAS NO DESENVOLVIMENTO DE CARNE REESTRUTURADA	19
3.4 ANÁLISE SENSORIAL	21
3.5 COR	24
3.6 TEXTURA	26
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	29
4.1 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	29
4.2 PROCESSAMENTO TECNOLÓGICO.....	29
(a) <i>Formulação da Carne Reestruturada</i>	29
(b) <i>Tratamentos</i>	30
4.3 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS.....	32
4.4 ANÁLISE INSTRUMENTAL DE COR.....	33
4.5 ANÁLISE INSTRUMENTAL DE TEXTURA	33
4.6 ANÁLISE SENSORIAL	35
4.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS RESULTADOS.....	36
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
5.1 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL	37
5.2 PERDAS DE PESO	45
5.3 AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA	47
5.4 ANÁLISE INSTRUMENTAL DE TEXTURA.....	48
5.4.1 <i>Análise do Perfil de Textura</i>	48
5.4.2 <i>Determinação da Força de Cisalhamento</i>	50
5.5 ANÁLISE INSTRUMENTAL DE COR	51
5.6 AVALIAÇÃO DA OXIDAÇÃO LIPÍDICA.....	54
5.7 ANÁLISE SENSORIAL DA CARNE REESTRUTURADA	56
6. CONCLUSÕES.....	59
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60
ANEXOS 1	69
ANEXOS 2	72

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Principais características dos músculos utilizados.....	21
TABELA 2. Ingredientes e percentuais utilizados na elaboração da carne bovina reestruturada.	30
TABELA 3. Cortes cárneos utilizados como referência e suas características percebidas.	35
TABELA 4. Médias e desvios-padrão dos resultados de pH da matéria prima.	37
TABELA 5. Médias e desvios-padrão dos resultados das análises físico-químicas da carne reestruturada crua.	38
TABELA 6. Médias e desvios-padrão dos resultados das análises físico-químicas da carne reestruturada grelhada.	42
TABELA 7. Médias e desvios-padrão dos resultados de perdas de peso durante o cozimento da carne reestruturada.	46
TABELA 8. Resultados da avaliação microbiológica da matéria prima e da carne reestruturada crua, em comparação aos limites da legislação.	48
TABELA 9. Médias e desvios-padrão dos resultados dos parâmetros de textura da carne reestruturada avaliada através de TPA.	49
TABELA 10. Médias e desvios-padrão dos resultados dos parâmetros de textura da carne reestruturada avaliada através da força de cisalhamento.	50
TABELA 11. Médias e desvios-padrão dos resultados do perfil colorimétrico instrumental da carne reestruturada.	52
TABELA 12. Médias e desvios-padrão dos resultados do valor TBARS (mg malonaldeído/ kg de amostra) da carne reestruturada.	54
TABELA 13. Médias e desvios-padrão dos resultados da avaliação sensorial da carne reestruturada.	57
TABELA 14. Valores de F e respectivos níveis de significância (p) associados ao teste ANOVA dos efeitos dos músculos e processamentos sobre a composição centesimal e pH da carne reestruturada crua.	72
TABELA 15. Valores de F e respectivos níveis de significância (p) associados ao teste ANOVA dos efeitos dos músculos e processamentos sobre a composição centesimal e perdas de peso durante a cocção (PPC) da carne reestruturada grelhada.	72
TABELA 16. Valores de F e respectivos níveis de significância (p) associados ao teste ANOVA dos efeitos dos músculos e processamentos sobre as variáveis de textura instrumental da carne reestruturada.	73

TABELA 17. Valores de F e respectivos níveis de significância (p) associados ao teste ANOVA dos efeitos dos músculos e processamentos sobre a cor instrumental e valor TBARS da carne reestruturada.	73
TABELA 18. Valores de F e respectivos níveis de significância (p) associados ao teste ANOVA dos efeitos dos músculos e processamentos sobre os parâmetros de avaliação sensorial.	74

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. a) músculos: <i>Infraspinatus</i> (raquete), <i>Supraspinatus</i> (peixinho) e <i>Ttriceps brachii</i> (miolo da paleta) no quarto dianteiro, e b) na forma de cortes.	20
FIGURA 2. Diagrama das reações de mioglobina em carne fresca.	25
FIGURA 3. Gráfico de força x tempo para determinação dos parâmetros do perfil de textura.	27
FIGURA 4. Etapas do processamento experimental da carne bovina reestruturada.	31
FIGURA 5. Probe P50 utilizado para a análise do perfil de textura.....	34
FIGURA 6. Célula de corte plano acoplada ao texturômetro.....	34
FIGURA 7. Interação músculo x processamento no teor de umidade da carne reestruturada crua.	39
FIGURA 8. Interação músculo x processamento no teor de lipídios da carne reestruturada crua.	40
FIGURA 9. Interação músculo x processamento no pH da carne reestruturada crua.	41
FIGURA 10. Interação músculo x processamento no teor de umidade da carne reestruturada grelhada.....	43
FIGURA 11. Interação músculo x processamento no teor de lipídios da carne reestruturada grelhada.....	44
FIGURA 12. Interação músculo x processamento no teor de cinzas da carne reestruturada grelhada.....	45
FIGURA 13. Interação músculo x processamento no valor TBARS da carne reestruturada grelhada.....	55
FIGURA 14. Ficha da análise sensorial da carne reestruturada.	69
FIGURA 15. Padrão para avaliação visual de cor de carne.	70
FIGURA 16. Ficha da análise sensorial de cor da carne reestruturada.	70
FIGURA 17. Curva padrão para determinação do valor TBA.	71

RESUMO

As indústrias do setor da carne têm buscado meios para agregar valor a cortes de maciez intermediária, considerados inadequados ao preparo rápido. Carnes reestruturadas são alternativas tecnológicas aos cortes íntegros, como produtos de conveniência para o consumidor. Assim, o objetivo do presente estudo foi determinar se os músculos *Infraspinatus* (raquete), *Supraspinatus* (peixinho) e *Triceps brachii* (miolo da paleta), provenientes da paleta bovina podem ser valorizados, através dos processos de injeção e massageamento, para a produção de carne reestruturada.

Em cada tratamento a carne foi picada e processada com sal, fosfato, 10% de gordura de cobertura de contrafilé, e transglutaminase (Activa TG-EB[®]), em três diferentes tipos de processamento para cada músculo: (1) controle – carne e outros ingredientes sem tratamento prévio, (2) injetado – incorporação de 8% de salmoura por injeção, e (3) massageado – incorporação de 8% de salmoura por 1h de massageamento. A combinação de três músculos e de três tipos de processamento resultou em nove tratamentos.

No produto final foram analisados: composição centesimal, pH, perdas durante o descongelamento e cozimento, análise instrumental de cor, e textura (TPA e força de cisalhamento com célula de corte plano). Além destas, uma equipe de 13 provadores selecionados e treinados, utilizando escala hedônica estruturada mista com nove pontos, avaliou parâmetros sensoriais de maciez, suculência, sabor característico de carne e de requentado. Todos os dados foram submetidos à análise de variância com comparação entre médias pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Considerando o músculo íntegro, o m. *Infraspinatus* apresentou o maior valor de pH ($P < 0,05$), enquanto que os mm. *Supraspinatus* e *Triceps brachii* apresentaram os menores valores.

Houve diferenças ($P < 0,05$) entre os músculos em relação ao pH, teor de lipídios, e proteína na carne reestruturada crua, e no teor de cinzas na carne reestruturada grelhada, nas perdas durante a cocção; na textura instrumental, (TPA – dureza, coesividade, mastigabilidade; força de cisalhamento) na cor instrumental {luminosidade (L^*)},

intensidade de amarelo (b^*) e ângulo de tonalidade, h }, e na avaliação sensorial (maciez, suculência e sabor de requentado).

O m. *Supraspinatus* apresentou as maiores perdas durante a cocção e dureza, o m. *Infraspinatus* apresentou as menores perdas de cocção e dureza, e o m. *Triceps brachii* apresentou o maior valor de dureza juntamente com o m. *Supraspinatus* ($P < 0,05$). Na avaliação sensorial os mm. *Infraspinatus* e *Triceps brachii* foram considerados pela equipe treinada como as mais macias e suculentas, diferindo ($P < 0,05$) do m. *Supraspinatus* como os menores valores. Porém, de acordo com a escala sensorial, os resultados de maciez dos três músculos estão entre levemente e muito macios, e os de suculência entre levemente a muito suculentos.

Houve diferenças ($P < 0,05$) entre os processamentos em relação ao teor umidade, proteína e cinzas na carne reestruturada crua, e no teor de umidade, lipídios e cinzas na carne reestruturada grelhada, nas perdas durante a cocção; na textura instrumental, (TPA – dureza, coesividade e mastigabilidade), na cor instrumental (intensidade de vermelho a^*), e na avaliação sensorial (maciez).

O processamento controle resultou em menores perdas durante a cocção, seguido dos injetado e massageado ($P < 0,05$). O controle também resultou nos maiores médias de dureza instrumental diferindo ($P < 0,05$) dos outros dois processamentos os quais com menores médias. Na avaliação sensorial o processo de massageamento promoveu um aumento na maciez ($P < 0,05$) quando comparado ao controle e injetado. A menor média para maciez ficou entre levemente e moderadamente macio, indicando que nenhum dos bifés reestruturados foi considerado duro.

Palavras-chaves: carne bovina, bife reestruturado, textura, cor e transglutaminase.

ABSTRACT

Meat industries have been looking for means to add value to cuts of intermediate commercial value and tenderness, which are considered inappropriate to be quickly grilled. Restructuring is a technological alternative to attend the consumer with convenient beef products. Thus, our objective was to determine if commercial value can be added to the shoulder muscles *Infraspinatus*, *Supraspinatus* and *Triceps brachii*, through the injection and tumbling processes in the manufacturing of a restructured beef product.

In each treatment the meat was cut and processed with salt, phosphate, 10% striploin fat cover, and transglutaminase (Activa TG-EB[®]), in three different types of process for each muscle: (1) control - muscle and other ingredients with no prior treatment, (2) injected - 8% brine added by injection, e (3) tumbled - 8% brine added in one-hour tumbling. The combination of muscle and type of processing resulted in nine treatments.

In the final products it was analyzed: physicochemical composition, pH, thawing and cooking losses, instrumental color, instrumental texture (TPA and shear force with cell of plain cutting blade). Moreover, a team with 13 selected and trained panelists, using hedonic scale of nine points, evaluated sensory parameters of tenderness, juiciness, typical and warmed over flavor. All the data were submitted to variance analysis and Tukey's mean test at 5% significance level.

Considering the whole muscles, the m. *Infraspinatus* showed the highest pH, while the mm. *Supraspinatus* and *Triceps brachii* showed the lowest pH values ($P < 0.05$).

There were differences ($P < 0.05$) among muscles regarding pH, fat and protein content in the raw restructured beef, ash content in the grilled restructured beef, cooking losses, instrumental texture (TPA - hardness, cohesiveness and chewiness; shear force), instrumental color (lightness, L*, yellowness, b*, and hue angle, h), and sensory evaluation (tenderness, juiciness, and warmed over flavor).

The *Supraspinatus* muscle showed the highest cooking losses and hardness, the m. *Infraspinatus* showed the lowest cooking losses and hardness, and the *Triceps brachii* showed the highest hardness along with the m. *Supraspinatus* ($P < 0.05$). In sensory evaluation the *Infraspinatus* and *Triceps brachii* muscles were considered the most tender and juicy, differing ($P < 0.05$) from the m. *Supraspinatus* with the lowest means. However,

according to sensory scale, the means of three muscles are between lightly and very tender, and between lightly and very juicy.

There were differences ($P < 0.05$) among processes in moisture, protein and ash content in the raw restructured beef, moisture, fat and ash content in the grilled restructured beef, cooking losses, instrumental texture (TPA - hardness, cohesiveness and chewiness), instrumental color (redness a^*), sensory evaluation (tenderness).

The control process resulted in the lowest cooking losses, followed by the injected and the tumbled processes ($P < 0.05$). The control also resulted in the highest instrumental hardness, differing ($P < 0.05$) of the others two processes which had the lowest means. Tumbling increased tenderness ($P < 0.05$) compared to control and injected processes. The lowest scores for tenderness were lightly and moderately tender, indicating that none of the restructured beef was considered tough.

Keywords: bovine meat, restructured beef, texture, color and Transglutaminase.

1. INTRODUÇÃO

A tendência do mercado atual é desenvolver produtos para um consumidor que busca conveniência. As carnes reestruturadas podem suprir essas necessidades, além de agregar valor a cortes que não são adequados ao preparo rápido (SEIDEMAN & DURLAND, 1983). O método de reestruturação tem sido aplicado a peças de músculos íntegros de menor aceitação, criando produtos mais uniformes em relação à forma, cor e textura (FLORES, BOYLE & KASTNER, 2007).

Cortes desossados, provenientes da paleta, coxão, e os retalhos magros, apresentam rendimentos de aproximadamente 30% (OLIVEIRA, FELÍCIO & MANZANO, 1996) do peso da carcaça bovina resfriada e são avaliados por possuírem maciez e valor comercial intermediários. Na busca de alternativas para acrescentar valor a estes cortes, o desenvolvimento de novos produtos como reestruturados e marinados é necessário (LEMONS, 2005). O processamento de reestruturados pode utilizar uma variedade de matérias primas combinadas de maneira mais econômica possível.

A indústria geralmente deseja produzir carnes reestruturadas que possam competir com músculos íntegros em relação às características sensoriais como aparência, odor, sabor e textura, importantes para sua aceitação. Destas características ao menos a textura dos reestruturados tem que se assemelhar à dos cortes íntegros. Para isto, a propriedade funcional mais importante é a de ligação entre os fragmentos da carne (SEIDEMAN, 1982).

A ligação entre os fragmentos cárneos é freqüentemente alcançada pela solubilização das proteínas na superfície destes, que são moldados por compressão na forma desejada e, em seguida, unidos em uma só peça (SMITH, 1982; WESTPHALEN et al., 2005).

Porém, carnes reestruturadas são preparadas utilizando baixo teor de sal e fosfatos. Devido ao seu baixo teor de sal, há menor extração protéica e conseqüentemente menor poder de ligação. Para melhorar a ligação entre os fragmentos e possibilitar a comercialização destes produtos na forma resfriada podem-se utilizar diferentes sistemas ligantes (SEIDEMAN & DURLAND, 1983).

Esses sistemas atuam de maneira distinta e pode reagir diferentemente às mudanças de ingredientes e nas condições da matéria prima e de processamento. Informações gerais

relacionando os aspectos práticos de como estes ligantes atuam, e de que maneira o processamento afeta o produto final são requeridas para aumentar a utilização desta tecnologia (BOLES & SHAND, 1999).

Dentre os produtos comerciais está a enzima transglutaminase (Activa TG-EB[®]). A transglutaminase (MTGase) é uma enzima cálcio independente produzida por uma cepa não-toxigênica e não-patogênica do microrganismo *Streptovercillium mobaraense*. Essa enzima catalisa reações acil-transferase entre grupos de resíduos glutamina de proteínas e aminas primárias (acil-aceptores) incluindo o grupo ε-amino de resíduos de lisina em certas proteínas, resultando na formação de ligações covalentes intermoleculares (MOTOKI & SEGURO, 1998). Através destas ligações a MTGase promove a adesão das partículas cárneas para obtenção de carne reestruturada para ser comercializada na forma resfriada (BOLES & SHAND, 1998).

2. OBJETIVO

O objetivo geral do presente estudo foi determinar se os músculos *Infraspinatus* (raquete), *Supraspinatus* (peixinho) e *Triceps brachii* (miolo da paleta), provenientes da paleta bovina, e considerados como de valor comercial intermediário, podem ser valorizados, através dos processos de injeção e massageamento, com adição de 10% de gordura de contrafilé e Transglutaminase (Activa TG-EB[®]), para a produção de carne reestruturada.

As metas para atingir o objetivo foram:

- Fazer o desenvolvimento de bifés de carne bovina reestruturada a partir de três músculos da paleta bovina, em três diferentes tratamentos: (1) controle (sem pré-tratamento da carne), (2) injeção e (3) massageado; todos processados com sal, fosfato, 10% de gordura de contrafilé, e Transglutaminase (Activa TG-EB[®]).

- Proceder à avaliação das seguintes características de qualidade da carne reestruturada: textura instrumental (TPA e força de cisalhamento), cor objetiva e subjetiva e parâmetros sensoriais, como maciez, suculência, e sabor.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Reestruturados e Processamento

O termo reestruturação se refere a um grupo de processos que reduzem a carne a fragmentos menores através do método de moer e, em seguida, os molda através de compressão de forma a se assemelhem a bifes de músculos íntegros (SEIDEMAN & DURLAND, 1983).

Os métodos de redução de tamanho mais comumente utilizados são o de moagem fina ou grosseira e fatiamento (normalmente por cortadores rotacionais). Novos métodos como o de seccionar e ou corte através de lâminas foram introduzidos de acordo com SEIDEMAN & DURLAND (1983), porém, alguns autores compararam diferentes técnicas de cominuição para produção de carne reestruturada utilizando sal e fosfato e não obtiveram diferenças significativas entre os processos quanto à força de ligação e textura (RAHARJO et al., 1995). Uma possível explicação é que embora o aumento da extensão da cominuição aumente a quantidade de proteína extraída, o processo não necessariamente conduz a uma maior tensão e rendimento de cozimento (TROUT & SCHIMIDT, 1984).

BERNAL, BERNAL, GULLETT, & STANLEY (1988) verificaram o efeito do tecido conectivo, tamanho das partículas e nível de sal sobre a textura de reestruturado bovino partindo de cortes da paleta. Dentre as 18 formulações, os bifes moídos em 6 mm e com 0,75% de sal foram mais bem aceitos pelo painel sensorial e concluíram que existe uma interação significativa entre tamanho das partículas e teor de sal nos atributos de dureza e coesividade, pois com o aumento do tamanho das partículas essas características foram acentuadas, isto se deve a resistência estrutural dos músculos intactos e maior teor de tecido conectivo perceptível. O aumento do nível de sal também aumentou a percepção desses atributos devido ao aumento da força de ligação entre as partículas.

PENFIELD et al. (1992) estudaram o efeito do tamanho dos fragmentos em carne bovina reestruturada utilizando músculos do quarto dianteiro e relataram que o aumento da mastigabilidade está associado a produtos utilizando fragmentos maiores. Esses resultados foram condizentes com as notas do painel sensorial, talvez por se assemelharem com a textura de bifes íntegros.

Entretanto, para obtenção de um produto mais homogêneo e com maior aceitabilidade, faz-se necessário que uma parte da carne seja moída grosseiramente e a outra de forma mais fina, resultando em um reestruturado com maior coesividade (HUFFMAN & CORDRAY, 1982 & BERNAL, BERNAL, GULLETT, & STANLEY, 1988). Esse mesmo processo de cominuição foi utilizado por SCHAAKE et al. (1993).

Nos processos de moagem e mistura o controle da temperatura é essencial para a obtenção do produto final desejável e para se evitar problemas na coloração e oxidação (PEARSON & DUTSON, 1987). Conforme MANDIGO (1982), temperaturas próximas ao ponto de congelamento (-4°C) auxiliam na solubilização das proteínas miofibrilares (ótima solubilização da miosina), melhoram a eficiência no processo de redução das partículas, tornam o processo de mistura mais efetivo, protegem o sabor e aumentam a vida útil dos produtos. Mas a principal função é o controle da formação de coloração indesejável no produto, pois quanto menor a temperatura menor a probabilidade de formação de metamioglobina, responsável pelo escurecimento da carne.

O tempo de mistura também é de suma importância para a qualidade do produto final e está relacionado principalmente à textura e capacidade de ligação, mas também ao resíduo de tecido conectivo, rendimento de cozimento, suculência, sabor e maciez.

De acordo com MANDIGO (1982), as duas maiores funções do processo de mistura são: (1) introdução e homogeneização dos ingredientes com a matéria-prima, e (2) solubilização das proteínas miofibrilares através da ação mecânica o que é acelerado com o uso de sal. Essas proteínas extraídas auxiliam na ligação do produto (MANDIGO, 1982; TÉLLEZ-LUIS et al., 2002). A utilização de vácuo durante o processo de mistura tem efeito significativo no aumento da solubilização das proteínas miofibrilares e reduz a quantidade de oxigênio disponível, que pode acelerar o processo de oxidação principalmente da mioglobina (MANDIGO, 1982).

Estudos preliminares de produção de carne reestruturada com sal e fosfato indicam que o tempo de mistura de 5 min induz perda da estrutura da carne, descaracterizando a textura de bifes íntegros (TROUT & CHEN, 1989 citado por CHEN & TROUT 1991), por isso, no presente trabalho o tempo de mistura foi reduzido para 3 min.

Muitas vezes, devido à desuniformidade de maciez dos cortes, torna-se necessário um processo de amaciamento mecânico antes ou depois do corte para promover o

rompimento e a perda da estrutura celular tornando a membrana mais permeável, de modo a facilitar a distribuição e a absorção de salmoura, resultando em melhorias na retenção de água e nas propriedades de ligação entre os fragmentos além de promover o amaciamento (PEARSON & DUTSON, 1987). O tratamento da matéria prima tem efeitos benéficos comprovados em termos de maciez, suculência, textura e aceitação global (XIONG, 2005).

Um desses processos é o massageamento, este pode ser um processo importante por facilitar a reestruturação dos fragmentos cárneos e melhorar o rendimento do processo. O fenômeno da ligação depende da extração de uma quantidade significativa de proteínas miofibrilares da carne, que aumenta com o decorrer do massageamento, pois o aumento no rompimento do tecido e a maior força iônica resultam em maior solubilização das proteínas musculares (PIETRASIK & SHAND, 2003).

GHAVIMI, ALTHEN & ROGERS (1987) estudaram o efeito de diferentes velocidades de massageamento sobre algumas características de carne reestruturada curada e indicam velocidades de 10-15 rpm, visto que nesta velocidade houve alta extração protéica, devido à ruptura da membrana celular.

Outro processo de amaciamento é a injeção, onde a salmoura irá se difundir em diferentes partes da carne, podendo, também, aumentar a suculência da carne. ELAM, BROOKS, MORGAN & RAY (2002a,b,c) avaliaram quatro músculos da paleta (mm. *Infraspinatus*, *Triceps brachii*, *Teres major*, e *Supraspinatus*) e quatro músculos do coxão. Estes foram marinados através dos métodos de injeção e massageamento e seguido de avaliação instrumental e sensorial. Dentre os músculos da paleta, o m. *Infraspinatus* obteve as maiores médias no painel sensorial para maciez, suculência e aceitação geral e os mm. *Triceps brachii* e *Supraspinatus* obtiveram médias próximas a 6,0 (em escala de 7 pontos). Quando comparados ao grupo controle, os resultados demonstraram que os processamentos de injeção e massageamento, independentes do tipo de músculo, apresentaram redução no valor da força instrumental. Através do painel sensorial treinado os autores relataram que a marinacão exerce um efeito positivo sobre a quantidade de tecido conectivo detectável, diminuindo sua percepção.

De acordo com MOLINA, JHONSON, WEST & GWARTNEY (2005) que trabalharam com diferentes métodos de amaciamento, o processo de injeção demonstrou ser superior em diversas características, relataram os maiores valores para palatabilidade,

quando comparado ao tratamento que foi somente marinado (deixado em repouso na salmoura) e até superior ao massageado a vácuo.

Poucos são os estudos que combinam o amaciamento de cortes da carne com a reestruturação. Um único trabalho encontrado na literatura utilizou os mm. *Supraspinatus* e *Triceps brachii* na avaliação de três tratamentos: (1) músculo íntegro injetado com salmoura contendo sal e fosfato; (2) músculo injetado e reestruturado usando MTGase (1%); e (3) injetado com a adição de saborizantes e reestruturado. Os tratamentos onde a matéria prima foi apenas injetada tiveram os menores valores de força e mostraram maior aceitação sensorial para maciez, porém o tratamento injetado e reestruturado obteve as maiores notas de aceitação global. Os autores relataram que a injeção combinada com a reestruturação resulta em produtos tão aceitáveis quanto os músculos íntegros injetados (LENON et al., 2006).

3.1.1 Importância da Matéria-prima

Devido à localização e as diferentes funções no animal vivo, o tecido muscular varia quanto à cor, características químicas e sensoriais. Esta variabilidade afeta a qualidade da carne e conseqüentemente sua aceitação pelo consumidor. A escolha do corte a ser utilizado influencia a textura do produto final, e é economicamente desejável para carne reestruturada utilizar cortes do dianteiro com menor valor comercial (BERNAL, BERNAL, GULLETT, & STANLEY, 1988).

JONES, CALKINS, JOHNSON & GWARTNEY (2005), VON SEGGERN et al. (2005) caracterizaram diversos músculos bovinos do acém, paleta e coxão quanto aos atributos de cor, capacidade de retenção de água, força de cisalhamento, capacidade de emulsificação e teor de colágeno, atributos estes considerados fundamentais para o desenvolvimento de carne reestruturada, pois utiliza-se essas informações para otimizar o processo de escolha dos cortes.

A Universidade da Florida em colaboração com a Universidade de Nebraska conduziu um estudo do perfil de 39 músculos da paleta e do coxão para caracterizá-los com o objetivo de compreendê-los individualmente e assim melhor utilizá-los. Os autores do

estudo sugerem selecionar músculos com maior capacidade de retenção de água (CRA), por reter umidade e compostos solúveis em água, representando maior sensação de suculência, característica esta muito importante para carne marinada e reestruturada. Os músculos do acém e paleta, *Cutaneous omo-brachialis*, *Longissimus costarum*, *Levatores costarum* e *Intertransversales* representam os músculos com menores valores de CRA, entre 30,45 e 32,97%, destes o m. *Cutaneous omo-brachialis* foi classificado como o quarto mais alto pH (6,10), menor CRA e por ser um músculo magro e estar localizado na superfície externa da carcaça, mais propensa à desidratação (JONES, CALKINS, JOHNSON & GWARTNEY, 2005; VON SEGGERN et al., 2005).

A capacidade de emulsificação reflete a habilidade das proteínas da carne estabilizarem a gordura em um sistema modelo. De acordo com VON SEGGERN et al. (2005) os mm. *Semimembranosus* e *Vastus Intermedius* do coxão (194,1 e 189,91 mL óleo/2,5 g carne magra) seguido dos mm. *Longissimus costarum* e *Scalenus dorsalis* do acém e paleta (188,56 e 188,56 mL óleo/2,5 g carne magra) apresentaram os mais altos valores, dos 39 estudados. As variações observadas podem ser explicadas pelas diferenças no conteúdo de proteína solúveis em sal entre os músculos, pois a habilidade para formar emulsões estáveis depende da quantidade de proteína solúvel que afeta a quantidade de gordura que pode ser emulsificada.

Em relação ao conteúdo de colágeno, os mm. *Cutaneous omo-brachialis* e *Biceps brachii* do acém e paleta mostraram os mais alto conteúdo de colágeno (26,03 mg/g e 22,34 mg/g, respectivamente), e os músculos do coxão apresentaram valores menores que 15,06 mg/g (valor do m. *Gluteos medius*). Esse resultado pode ser usado para identificar músculos que pelo seu alto teor de colágeno são menos valorizadas para grelhar e assim podem ser destinados para carne reestruturada.

Dentre os fatores que influenciam a maciez da carne tanto entre músculos quanto ao longo de um mesmo músculo, quatro são considerados mais importantes: proteólise *post-mortem*, teor de gordura intramuscular, quantidade de tecido conectivo e estado de contração muscular que está relacionado ao comprimento de sarcômero (BELEW, BROOKS, MCKENNA, & SAVELL, 2003).

Esses autores classificaram 40 músculos bovinos de acordo com os valores de força de cisalhamento por “Warner-Bratzler shear force” (WBSF) e relataram que o m.

Infraspinatus foi classificado como muito macio (WBSF < 3,2 Kg), o m. *Triceps brachii* macio (3,2 Kg < WBSF < 3,9 Kg), e o m. *Supraspinatus* com maciez intermediária (3,9 Kg < WBSF < 4,6 Kg). Os mm. *Triceps brachii* e *Infraspinatus* mostraram variações de 3,0 Kg a 4,1 Kg e de 1,8 Kg a 2,6 Kg, respectivamente, de força de cisalhamento ao longo do músculo (BELEW BROOKS, MCKENNA, & SAVELL, 2003).

Outro estudo avaliou diversas características entre 14 músculos e verificou que os mm. *Flexor digitorum* e *Infraspinatus* apresentaram os maiores conteúdos de colágeno total, e este último o mais alto conteúdo de colágeno insolúvel, obtendo correlações positivas entre conteúdo de colágeno e WBSF. O mesmo estudo demonstrou que a dureza provocada pelas proteínas contráteis é determinada pela diminuição do comprimento de sarcômero, e dentre os 14 músculos sua variação foi de 1,57-3,42 μm , e o m. *Triceps brachii* apresentou 1,87 μm e o m. *Infraspinatus* 2,21 μm (TORRESCANO et al., 2003), sendo que quatro dos cinco músculos considerados mais macios têm comprimentos de sarcômero maior que 2,0 μm (RHEE, WHEELER, SHACKELFORD, & KOOHMARAIE, 2004).

MCKEITH et al (1985) relataram que os mm. *Triceps brachii*, *Biceps femoris* e *Supraspinatus* apresentaram os mais altos teores de colágeno total entre os 13 músculos avaliados. No mesmo estudo, os mm. *Supraspinatus* e *Biceps femoris* apresentaram os maiores valores de WBSF, e o m. *Infraspinatus* o menor valor, considerado mais macio. Alguns estudos relatam correlações positivas entre WBSF e conteúdo de colágeno insolúvel (TORRESCANO et al, 2003). RHEE, WHEELER, SHACKELFORD, & KOOHMARAIE, (2004) relataram que os mm. *Infraspinatus*, *Triceps brachii* e *Supraspinatus* aumentam os valores de força de cisalhamento nesta ordem, respectivamente, e os mm. *Triceps brachii*, *Infraspinatus* e *Supraspinatus* diminuem o comprimento de sarcômero, nesta ordem, este estudo correlaciona WBSF com o comprimento de sarcômero.

MCKEITH et al (1985) também classificaram os mm. *Infraspinatus*, *Triceps brachii* e *Supraspinatus* de acordo com alguns atributos de qualidade, em 2°, 8° e 11° para força de cisalhamento; e em 4°, 3° e 8° para comprimento de sarcômero, respectivamente, entre treze músculos avaliados.

Os processos de marinação, injeção e massageamento também afetam a força de cisalhamento quando comparados ao tratamento controle (sem marinação). Dentre oito

músculos avaliados, os mm. *Serratus ventralis*, *Subscapularis*, *Supraspinatus* e *Triceps brachii* foram os que melhor responderam aos processos, resultando em menores valores de força ($P < 0,05$) e esses músculos representam quase 20% do total do quarto dianteiro, que podem ter sua qualidade melhorada e conseqüente aumento do valor comercial (MOLINA, JOHNSON, WEST, & GWARTNEY, 2005).

Além da matéria prima carne, é necessário considerar a adição de gordura em reestruturados que resulta no marmoreio. Este é um importante atributo de qualidade por melhorar suculência, sabor e maciez, conforme SEIDEMAN (1982). O desenvolvimento de sabor está associado com compostos desprendidos durante o cozimento (PEARSON, & DUTSON, 1987). Porém existem muitas dúvidas em relação à associação entre o teor de gordura e sua funcionalidade sensorial no alimento. Alguns autores demonstram que o teor de gordura está associado à suculência sensorial de carne e produtos cárneos; outros que estão relacionados à maciez (SZCZESNIAK & TORGESON, 1965).

Assim como para a matéria prima magra, o controle da temperatura no processo de corte da gordura é importante tanto em relação ao tamanho desejável das partículas, quanto para a uniformidade e distribuição no produto final (PEARSON, & DUTSON, 1987).

3.1.2 Ingredientes

Diversos são os ingredientes que podem ser adicionados em carne reestruturada, dentre eles os mais utilizados são o sal e os fosfatos. Estes melhoram a ligação, as características sensoriais e o rendimento no cozimento (SMITH, 1982).

3.1.2.1 NaCl

O sal é adicionado em produtos cárneos para melhorar as propriedades de ligação e capacidade de retenção de água, porque os íons cloro penetram nos miofilamentos causando o entumescimento dos mesmos e os íons sódio formam uma “nuvem” de íons ao redor dos filamentos levando a um aumento na pressão osmótica dentro das miofibrilas. Simultaneamente, o aumento da rede de cargas negativas dentro dos filamentos de miosina libera esses filamentos, causando sua desintegração (OFFER & KNIGHT, 1988).

As proteínas solúveis em sal se deslocam para a superfície e podem se ligar aos fragmentos de carne adjacente, resultando em maior coesividade. Sua maior vantagem é em relação à habilidade de reduzir perdas durante o cozimento, por aumentar a capacidade de retenção de água e conseqüentemente a suculência (SEIDEMAN & DURLAND, 1983). O nível de sal empregado durante o massageamento é importante devido a sua influência na quantidade de proteína exsudada, que atua como agente ligante, conduzindo a uma agregação protéica efetiva (MANDIGO, 1982).

De acordo com os dados de DIMITRAKOPOULOU, AMBROSIADIS, ZETOU & BLOUKAS (2005), o aumento no nível de sal adicionado em um reestruturado suíno aumentou o conteúdo de umidade, porém exerceu um efeito negativo sob a cor do produto, devido a sua ação pró-oxidante diante da mioglobina.

Sal e tripolifosfato são ingredientes comumente utilizados juntos devido aos efeitos benéficos do sinergismo entre esses ingredientes (MANDIGO, 1982). O sal tem habilidade de abrir as ligações cruzadas protéicas, que subseqüentemente pode auxiliar na capacidade de ligação dos fragmentos da carne por facilitar o acesso a proteínas e envolver aminoácidos (NIELSEN, PETERSEN & MØLLER, 1995).

TÉLLEZ-LUIS et al. (2002) testaram diferentes formulações, nas amostras utilizando apenas MTGase, reportaram que os reestruturados apresentam pobre coesividade e aumento no exsudado. Enquanto que, combinando MTGase e NaCl houve melhoria na aparência em relação aos mesmos parâmetros, comprovando que o sal é necessário para induzir a interação entre água e proteína durante a elaboração desses produtos.

Em reestruturado utilizando apenas sal de acordo com BERNAL, BERNAL, GULLETT, & STANLEY (1988) a análise de componentes principais resultou em dois fatores, o primeiro representou os atributos dureza, tamanho das partículas, mastigabilidade e quantidade de tecido conectivo e que estes são influenciados pelo teor de tecido conectivo, representando 48,2% das variações; e o segundo representou os atributos elasticidade, coesividade e umidade/ teor de gordura liberada e relatou que estes atributos são influenciados pela força de ligação e representou 26,9% das variações ocorridas.

Os músculos *Biceps femoris*, *Infraspinatus* e *Longissimus* foram injetados com tripolifosfato de sódio e diferentes níveis de sal. Na avaliação das perdas no cozimento diminuíram com o aumento do nível de sal, devido ao aumento de forças iônicas e seu

impacto na capacidade de retenção de água. A maciez instrumental e sensorial foi significativamente melhorada assim como a quantidade de tecido conectivo detectável diminui quando formulados com teor de 1% de NaCl (BAUBLITS et al., 2006).

Sua adição tem algumas desvantagens, pois o cloreto de sódio atua como pró-oxidante (em níveis acima de 2%) no tecido muscular por diversas razões: (1) liberação de íons ferro do pigmento heme (mioglobina); (2) exposição dos lipídeos da membrana causada por danos na membrana celular pela adição de sal - acredita-se que estes lipídeos atuam como iniciadores da oxidação e (3) pela presença de alguns microelementos no sal (dentre eles ferro) (PEARSON & DUTSON, 1999).

Já SEIDEMAN et al. (1984) afirmam que os mecanismos pró-oxidantes são apenas dois: (1) o sal promove oxidação do pigmento por reduzir a tensão de oxigênio da carne e (2) o sal diminui a capacidade tamponante da carne que aumenta o potencial para oxidação da mioglobina.

3.1.2.2 Polifosfatos

O termo fosfato se refere aos compostos onde os átomos de fósforo são rodeados tetraedricamente por 4 átomos de oxigênio. De acordo com CORBRIDGE (1990), citado na revisão de RASHCHI & FINCH (2000), os fosfatos são classificados em três grupos: (1) ortofosfatos, compostos contendo o íon PO_4^{3-} ; (2) pirofosfatos e (3) metafosfatos, compostos polimerizados formados por várias condensações de unidades tetraédricas $[\text{PO}_4]$. Devido a sua ampla aplicação, os fosfatos condensados foram divididos em três categorias: polifosfatos lineares (orto-, di- e tri-polifosfatos e polifosfatos); ciclofosfatos (di-, hexa- e trimetafosfatos) e ultrafosfatos (mais complexos com estrutura 3-D). Esses se comportam de forma diferente quando adicionados em produtos cárneos.

Tripolifosfato de sódio (STPP) é a forma mais popular de fosfatos utilizado na indústria da carne, e é considerado mais efetivo quanto à ligação em carne reestruturada (TROUT & SCHMIDT, 1984). O STPP exibe um caráter poli-iônico mais pronunciado quando comparado a outros fosfatos. O aumento das propriedades poli-iônicas possibilita que os fosfatos ataquem sítios positivos na molécula de proteína, melhorando a solubilidade das proteínas e sua habilidade em ligar água (ÜNAL, ERDOGDU, EKIZ, & ÖZDEMIR,

2004). O STPP tem alto poder de penetração e dissolução quando comparado com outros fosfatos (XIONG, 2005).

O uso de fosfato de sódio em produtos cárneos tanto de bovino quanto de suíno ou ave aumentou devido ao seu efeito positivo em melhorar funcionalidade, estabilidade durante a estocagem e características sensoriais (MOISEEV & CORNFORTH, 1997). Polifosfatos são incorporados em reestruturados devido as suas propriedades funcionais por melhorarem a CRA, ligação entre os fragmentos da carne, cor, sabor, textura, retardam a rancidez oxidativa e reduzem as perdas durante o cozimento e conseqüente aumento de rendimento (MOISEEV & CORNFORTH, 1997; LEE, HENDRICK & CORNFORTH, 1998).

A força iônica é uma das principais características para diferenciar os tipos de fosfatos, isto devido ao seu grau de ionização que decresce com o aumento do comprimento da cadeia.

BAUBLITS, POHLMAN, BROWN & JOHNSON (2005a), comparando o efeito de diferentes fosfatos em carne bovina, relataram que o tripolifosfato e pirofosfato de sódio causam grande dissociação do complexo actomiosina com conseqüente solubilização das proteínas e maior retenção de água quando comparados ao efeito do hexametáfosfato de sódio. Isto porque a adição de fosfatos na carne cria interações proteína-fosfato, aumentando a carga negativa da proteína e subseqüente repulsão protéica e habilidade de ligação de água (HAMM, 1970 citados pelos mesmos autores).

O aumento do rendimento em amostras contendo polifosfatos (pirofosfato ou tripolifosfatos) pode ser reflexo do aumento do pH devido ao afastamento do ponto isoelétrico das proteínas causada pela adição de fosfato e conseqüente aumento na CRA e maior solubilização das proteínas (LEE, HENDRICK & CORNFORTH, 1998).

Em relação à estabilidade da cor, os fosfatos podem quelar metais de transição formando complexos relativamente solúveis e estáveis podendo assim inibir a peroxidação lipídica em carne crua ou cozida. Sua atividade quelante pode contribuir para a estabilidade da cor em carne reestruturada devido a oxidação de a mioglobina ser acelerada na presença de radicais livres ou baixo pH (GRAY, GOMAA & BUCKLEY, 1996; RASHCHI & FINCH, 2000).

A adição de 0,4% de STPP mostrou ser superior nas características de cor comparado a 0,2%, e o STPP apresentou ter melhor performance em relação à cor quando o bife é exposto em displays de supermercados (BAUBLITS, POHLMAN, BROWN & JOHNSON, 2005a).

Segundo NIELSEN, PETERSEN & MOLLER (1995), um ótimo efeito do fosfato na textura de reestruturado suíno foi obtido quando usado a concentração de 0,2%, enquanto que a concentração de 0,5% resultou em um produto de menor dureza, independente do teor de enzima utilizada. Efeito este que está relacionado à associação do fosfato ao cálcio formando fosfatos insolúveis, tornando-o indisponível e assim diminuindo a atividade enzimática.

3.2 Extração Protéica e Ligação

As proteínas são consideradas as principais responsáveis pelas características funcionais da matéria-prima. Em carne e seus derivados, são necessárias para uma variedade muito ampla de funções, e influenciam o rendimento, a qualidade, a estrutura e as características sensoriais. As proteínas representam de 18% a 23% da carne, sendo classificadas como miofibrilares (55% do total), sarcoplasmáticas (35%) e proteínas do tecido conjuntivo (3% a 5%) (PEARSON & DUTSON, 1987).

As proteínas miofibrilares (miosina e actina) são responsáveis principalmente pela contração muscular, são insolúveis em água, porém, solúveis em presença de sal. São as principais proteínas da carne, possuindo grande influência na funcionalidade do músculo. Já as proteínas sarcoplasmáticas, são solúveis em água e dentre elas estão as enzimas oxidativas (mioglobina e outros pigmentos) e as glicolíticas (PEARSON & DUTSON, 1987). As proteínas do tecido conjuntivo, colágeno e elastina, exercem grande influência na qualidade dos produtos processados (HEDRICK et al., 1994).

As propriedades funcionais estão relacionadas com características sensoriais, e têm implicações tecnológicas diretas, influenciando decisivamente os aspectos econômicos dos produtos. Dentre as propriedades estão capacidades de retenção de água, de emulsificação e de gelificação, cor, sabor, coesão, estrutura e textura (PEIXOTO, 1996).

De acordo com GHAVIMI, ALTHEN & ROGERS (1987), a habilidade de ligação é o fator mais importante para carne reestruturada, devido à necessidade de manter a integridade estrutural durante os processos de manipulação e distribuição até que chegue à mesa do consumidor e durante o cozimento.

A adesão entre os fragmentos de carne é importante por duas razões conforme SAVAGE et al. (1990). Primeiramente, para que o produto possa ser manipulado sem que desintegre; segundo por afetar a textura do produto como um todo, principalmente durante o processo de mastigação.

O mecanismo para que ocorra o fenômeno de ligação entre os pedaços de carne envolve a capacidade de retenção de água (CRA), solubilidade de proteínas, ruptura celular (SMITH, 1982), e coagulação das proteínas durante o aquecimento para produtos pré-cozidos (PEARSON & DUTSON, 1987).

De acordo com OFFER & TRINICK (1983), as proteínas miofibrilares são responsáveis pela retenção de água em carnes processadas e esse processo é dependente do pH da carne. A CRA aumenta quando o pH da carne se afasta do ponto isoelétrico das proteínas (aproximadamente 5,2), devido ao maior número de cargas livres que aumentam os sítios para ligação de hidrogênio com a água presente, e também devido ao fenômeno de entumescimento miofibrilar que retêm água entre as fibras.

PIETRASIK & SHAND (2003) concluíram que a adesão entre as partículas de carne diminui significativamente com o aumento do nível de salmoura adicionada, indicando a importância da relação proteína/umidade para a funcionalidade das proteínas e a ligação.

3.2.1 Transglutaminase

Transglutaminase (Activa TG-EB[®]), ϵ -glutaminil-peptídeo:amina- γ -glutamyltransferase ou TGase E.C.2.3.2.13, é uma enzima capaz de melhorar características funcionais das proteínas por catalisar reações acil transferase entre grupos γ -carboxiamida de peptídeos ligados a resíduos de glutamina e várias aminas primárias (KURASHI, YAMAZAKI & SUSA, 2001). A transglutaminase microbiana é derivada do *Streptococcus*

mobarraense e é cálcio independente, podendo ser facilmente incorporada nos mais tradicionais processos de fabricação de carne (MOTOKI & SEGURO, 1998).

O ponto isoelétrico da MTGase é aproximadamente 8,9 e a molécula compreende 331 resíduos de aminoácidos, sendo o resíduo de cisteína (⁶⁴Cys) o aminoácido essencial para atividade catalítica. O pH ótimo está entre 5 e 8 e sua temperatura ótima para expressar atividade enzimática de 50 °C. Actina e miosina, dentre muitas outras proteínas, são substratos específicos para esta enzima, devido a isto pode ser utilizada em produtos cárneos, especificamente para produzir reestruturado devido a sua habilidade em ligar os fragmentos cárneos em temperaturas abaixo de 10 °C (MOTOKI, & KUMAZAWA, 2000; YOKOYAMA, NIO, & KIKUCHI, 2004).

Essa enzima forma ligação de isopeptídeos entre glutamina e resíduos de lisina em proteínas, introduzindo assim ligações covalentes cruzadas intra e intermoleculares. A reação mais importante desta enzima é a ligação cruzada entre proteínas que resultam na formação de ϵ -(γ -Glutamil) lisina (KURAIISHI, YAMAZAKI & SUSU, 2001). Porém duas outras reações importantes podem ser catalisadas pela transglutaminase: (1) na presença de amina primária essa enzima pode atuar nas ligações cruzadas entre grupos amina e glutamina de proteínas (reação acil-transferase) e (2) na ausência de resíduos de lisina ou outras amina primária, a água reagirá como nucleófilo, resultando na deaminação de glutaminas. Todas essas reações podem modificar as propriedades funcionais das proteínas cárneas (MOTOKI & SEGURO, 1998; MOTOKI & KUMAZAWA, (2000); OHTSUKA, UMEZAWA, NHIO & KUBOTA, 2001; GERRARD, 2002).

TÉLLEZ-LUIS et al. (2002) através do perfil eletroforético das proteínas miofibrilares de reestruturado utilizando como matéria prima peixe, notaram que houve um decréscimo na intensidade da banda de miosina e um aumento na agregação protéica durante massageamento quando se utilizou a transglutaminase (Activa TG-EB[®]), isto explica a ocorrência de interações protéicas entre as proteínas da carne e a enzima. Estes dados concordam com o perfil eletroforético encontrado por KILIC (2003) e AKTAS, & KILIÇ (2005).

KIM, CARPENTER, LANIER & WICKER (1993) sugerem a utilização de transglutaminase para melhorar ou modificar as propriedades reológicas e funcionais das proteínas. KURAIISHI et al. (1997), em reestruturado suíno e KIM, CARPENTER,

LANIER & WICKER (1993), relataram que a polimerização da actomiosina pela transglutaminase é um método viável para reestruturação sem que sejam necessários os métodos de congelamento e/ou cozimento para manter a integridade do produto.

RAMÍREZ, URESTI, TÉLLEZ & VÁSQUEZ (2002) verificaram o efeito combinado do sal e da MTGase em reestruturado de peixe, e encontraram que o uso de sal sozinho aumenta a capacidade de retenção de água (CRA), mas associado a enzima em altos teores resultou em um efeito negativo na CRA sugerindo que o excesso de enzima aumenta as interações proteína-proteína e diminui as proteína-água, o que induz a um decréscimo na CRA e afeta negativamente a textura do produto.

KUTEMEYER, FROECK, WELEIN & WATKINSON (2005) concluíram que a adição de íons monovalentes (como NaCl) aumenta a atividade da enzima e a estabilidade térmica da transglutaminase. Os resultados confirmam o efeito sinérgico do sal sobre a enzima, sendo que os maiores valores de atividade foram medidas quando o sal foi dissolvido na água.

A transglutaminase adicionada em carne reestruturada não afeta as perdas no cozimento de acordo com DIMITRAKOPOULOU, SMBROSIADIS, ZETOU & BLOUKAS (2005).

CAMARGO (1999) analisou diferentes teores de transglutaminase combinados com diferentes teores de sal (0% TGase e 3,61% NaCl; 0,75% MTGase e 2,86% NaCl e 1,5% TGase e 2,11% NaCl) e 1,3% de tripolifosfato em carne reestruturada de peru. Em relação à força do gel, os resultados indicaram que o nível de 1,5% de MTGase apresentou força relativamente menor que quando utilizado 0,75% da enzima. Isto pode ter ocorrido tanto pela falta de substrato quanto pelo fato de a enzima ser substituída pelo sal, e a diminuição deste no meio reduz a atividade enzimática, concluindo seu efeito sinérgico com o sal. Desta forma, sal e tripolifosfato agregam valor funcional à atividade enzimática da transglutaminase.

NIELSEN, PETERSEN & MOLLER (1995) também observaram que o sal e o tripolifosfato colaboram para o aumento das propriedades de ligação entre proteínas em reestruturado suíno com adição de transglutaminase (F XIIIa), e parâmetros de textura como força de cisalhamento e elasticidade foram incrementados com níveis de sal de 2-4% e fosfato de 0,2% no produto, quando a enzima estava presente. A combinação de sal e

fosfato tem um efeito positivo e sinérgico em relação à ligação da carne e em relação à extração de actina e miosina presentes na carne.

Em carne reestruturada suína, para melhorar a força de ligação, foi adicionado sal juntamente com transglutaminase (Activa TG-EB[®]), e o produto foi considerado adequado para ser consumido na forma grelhada, pois além de não despedaçar tiveram notas significantes quanto aos resultados de aparência (KURAIISHI et al., 1997).

KURAIISHI, YAMAZAKI & SUSA (2001) em revisão do uso de transglutaminase em carne reestruturada relatam que esta enzima após indução térmica forma uma fina rede, comprovado por mudanças na ultra microestrutura do gel, melhorando as propriedades físicas do produto, como firmeza, elasticidade, ligação e textura em geral, e o controle da quantidade de enzima adicionada, do tempo de reação e da temperatura são fundamentais para obter a textura desejável.

A transglutaminase associada ao NaCl, afetam as propriedades de textura de carne reestruturada quando comparada a produtos que utilizaram ou apenas NaCl ou MTGase. TÉLLEZ-LUIS et al. (2002) e RAMÍREZ et al. (2002), em amostras de produto reestruturado utilizando peixes como matéria prima relatam a importância do sal em promover a solubilização das proteínas miofibrilares durante o processamento, e essa solubilização formam um exsudado que atua tanto como agentes de ligação como substrato para as reações cruzadas com a transglutaminase, melhorando as propriedades de textura dos produtos. Esses relatos foram confirmado por TÉLLEZ-LUIS et al. (2002) na avaliação do gel SDS-PAGE, que demonstrou a ocorrência dessas ligações.

De acordo com os dados relatados por RAMÍREZ et al., (2002) a propriedade de dureza aumenta com o aumento do nível de sal e os valores de coesividade aumentam com o aumento no nível da enzima nas formulações de reestruturado de peixe. Este resultado indica que a enzima é hábil a induzir ligações cruzadas na ausência de sal, porém, esta agregação protéica não é suficiente para melhorar a funcionalidade geral e as propriedades de textura como um todo (RAMÍREZ et al., 2002).

No trabalho de PIETRASIK, & LI-CHAN (2002), as amostras contendo transglutaminase (MTGase) exibiram melhores valores de dureza, elasticidade, coesividade e mastigabilidade significativamente quando comparados a produtos sem a adição de MTGase; isto ocorre devido a formação de ligações entre as proteínas da carne. Em

concordância com os resultados apresentados por DIMITRAKOPOULOU, AMBROSIADIS, ZETOU & BLOUKAS (2005) e MULLER (2003), onde a enzima também melhorou ($P < 0,05$) os parâmetros de TPA quando a enzima estava presente nas formulações. Os processamentos de amaciamento (injetado e massageado) também auxiliam em melhorias significativas desses parâmetros quando comparados ao controle.

COSTA (2005) trabalhou com processamento acelerado de presuntos crus com uso de transglutaminase em carne desossada, obteve além da ligação desejada no produto uma boa aceitação sensorial pelos consumidores principalmente em relação ao sabor e textura do produto.

3.3 Tendências no Desenvolvimento de Carne Reestruturada

Segundo ISSANCHOU (1996), no 42nd Congresso Internacional de Ciência e Tecnologia da Carne onde o enfoque foi dado a “Carne para consumidores”, as características mais importantes são aparência (cor, forma, percentual de gordura visível) e aspectos de textura (maciez e suculência). Este autor relata que a percepção dessas características depende do indivíduo, do contexto e das circunstâncias na qual a carne interage com o consumidor. Sobre o aspecto preço, a carne e seus derivados representam uma ampla porção de produtos com preços mais elevados, e os consumidores tendem a escolher cortes mais baratos (em substituição aos mais nobres) e/ou escolher outros derivados da carne industrializados.

MILLER et al. (1995) trabalharam comparando a aceitabilidade de “steaks” bovinos em casa, e em restaurantes e relataram que os consumidos quando os preparam em casa são mais exigentes em relação à maciez do que em restaurantes, nestes as pessoas parecem tolerar carnes mais duras e atribuíram maiores valores em relação à maciez sensorial. Os consumidores demonstraram serem menos críticos ao avaliar a aceitação global dos “steaks” em comparação à aceitação de maciez, indicando que a maciez não é o único fator que os consumidores consideram importante na determinação da aceitação, mas também a suculência e sabor.

Diante desta visão foi desenvolvido carne bovina reestruturada utilizando três diferentes cortes da paleta m. *Supraspinatus* (peixinho), *Infraspinatus* (raquete) e *Triceps*

brachii (miolo da paleta) (**Figura 1**), sendo que a escolha desses cortes teve por base os resultados dos estudos de JONES, CALKINS, JOHNSON & GWARTNEY (2005), VON SEGGERN et al. (2005), MOLINA, JOHNSON, WEST, & GWARTNEY (2005) e RUIZ et al (1993). As principais características destes três músculos estão relacionadas na **Tabela 1**.

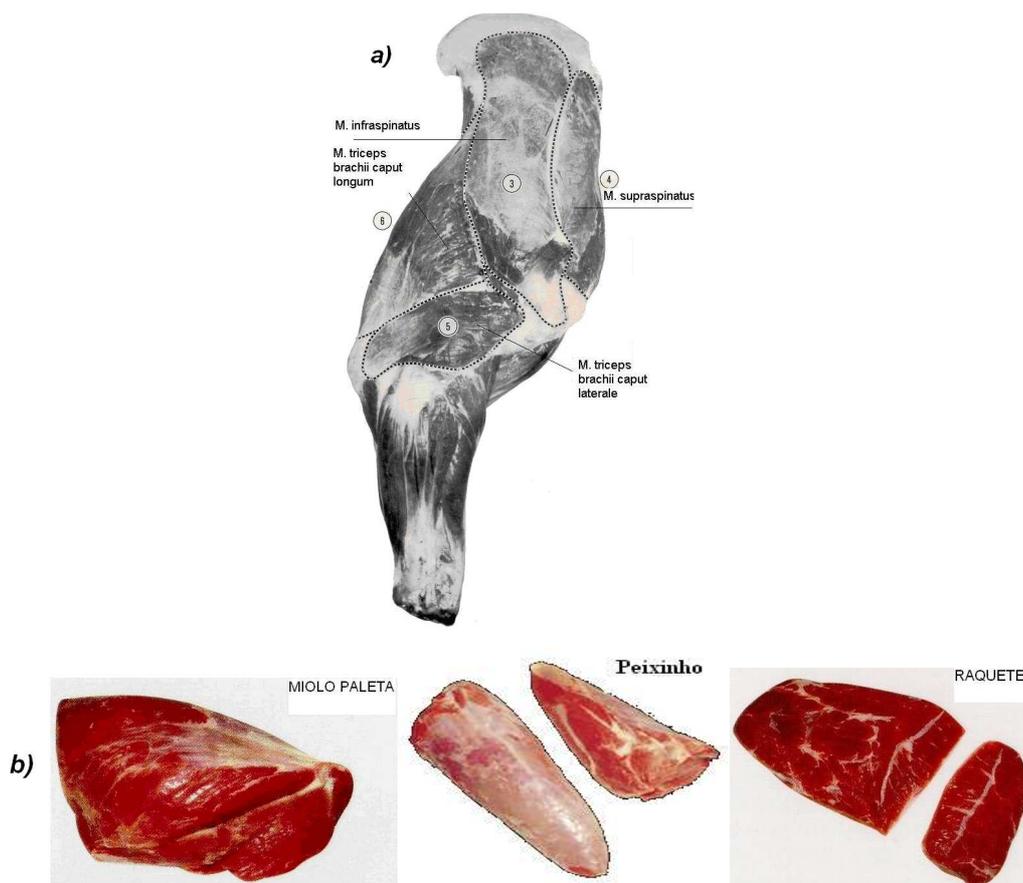


Figura 1. a) Músculos: *infraspinatus* (raquete), *supraspinatus* (peixinho) e *triceps brachii* (miolo da paleta) no quarto dianteiro, e b) na forma de cortes.
Fonte das fotos (a): BROWN, COATES & SPEIGHT (1978); e (b) UNITED NATIONS (2001).

Tabela 1. Principais características dos músculos utilizados.

Músculos	Gordura %	pH	WHC	Capacidade de ligação	Colágeno mg/g	WBS cocção úmida	WBS cocção seca
<i>Supraspinatus</i> (peixinho)							
<i>Infraspinatus</i> (raquete)							
<i>Triceps brachii</i> (miolo da paleta)							

Quadrados brancos: gordura <5%, pH>5.8, WHC (inversamente proporcional a CRA)<36%, ligação>175mL, colágeno<10mg/g, WBS (Warner-Bratzler Shear) tanto em cocção seca quanto úmida<37.76N. Quadrados pretos: gordura >10%, pH<5.7, WHC (inversamente proporcional a CRA) >38%, ligação<170mL, colágeno>15mg/g, WBS (Warner-Bratzler Shear) tanto seco quanto úmido>47.76N. Os valores intermediários estão representados pelos quadrados hachurados.

Fonte: VON SEGGERN et al. (2005).

De acordo com os dados apresentados na **Tabela 1** o músculo *Infraspinatus* apresenta o menor teor de colágeno, menor capacidade de retenção de água (CRA) e menores valores de “Warner-Bratzler Shear” e os mm. *Triceps brachii* e *Supraspinatus* os maiores valores de “Warner-Bratzler Shear”. E o m. *Supraspinatus* tem o menor teor de gordura e os mm. *Infraspinatus* e *Triceps brachii* teores entre 5-10%.

3.4 Análise Sensorial

A avaliação subjetiva de textura de carne é acompanhada simultaneamente de características incluindo maciez, suculência e fibras residuais. Destas, a maciez é a mais importante para o consumidor e exerce forte influência sobre a aceitabilidade destes produtos (SZCZESNIAK & TORGESON, 1965).

Escalas bipolares de oito ou nove pontos são as mais indicadas para carne e seus derivados por serem superiores explicativamente aos provadores, especificamente para os atributos de maciez e suculência, por exemplo, extremamente duro (um) e extremamente

macia (nove), e extremamente seco (um) e extremamente suculento (nove) (SZCZESNIAK & TORGESON, 1965).

Fast-foods frequentemente cozinham bifes (reestruturados, nuggets, hambúrgueres, etc.) no estado congelado, já os consumidores usualmente os cozinham na forma resfriada ou descongelada (AMSA, 1995).

As diretrizes da AMSA (1995) sugerem que independente do tipo de carne e/ou produto avaliado, deve-se utilizar métodos de cocção comuns aos praticados pelos consumidores. A decisão da metodologia utilizada pode fornecer níveis aceitáveis ($R \geq 0,60$) de repetibilidade para maciez. Isto não implica que a suculência e o sabor não são importantes, porém o impacto do cozimento sobre a maciez pode ser mais facilmente discernido pelos provadores.

A preferência para carne é mais fortemente afetada por mudanças na aparência preferivelmente cor e na textura, e em menor extensão por mudanças no sabor. É difícil generalizar se os atributos de aparência ou de textura são os mais importantes. Os atributos de aparência, incluindo cor, descrevem grande parte das variações no material, porém alguns atributos são confundidos com os de textura (RIVISK, 1994).

Estudos com consumidores demonstram que a maciez é um fator muito importante de qualidade quando se considera a qualidade geral de carne e seus produtos. Os mm. *Psoas major* e *Longissimus dorsi* são considerados os mais macios e de alta qualidade. Embora bifes provenientes de músculos do quarto dianteiro, como os mm. *Biceps femoris* e *Supraspinatus* sejam classificados como duros outros cortes como m. *Infraspinatus* possuem maciez intermediária (HUFFMAN et al., 1996).

Utilizando uma escala de oito pontos, MCKEITH et al. (1985) classificaram os mm. *Infraspinatus*, *Triceps brachii* e *Supraspinatus* sensorialmente em 2°, 7° e 12° para maciez geral; 4°, 8° e 11° para quantidade de tecido conectivo detectável; e, 1°, 3° e 5° para suculência, respectivamente, entre treze músculos avaliados.

Outro estudo examinou a variação de maciez entre 10 músculos encontrou que os mm. *Psoa major* e *Infraspinatus* foram mais macios, sendo este último o mais suculento de acordo com painel sensorial treinado. A característica de maciez geral variou muito mais que a suculência ou intensidade de sabor de carne neste estudo (SHACKELFORD, WHEELER, & KOOHMARAIE, 1995).

RUIZ et al. (1993) avaliaram sensorialmente carne bovina reestruturada produzida a partir de 10 músculos e relataram que os mm. *Infraspinatus*, *Triceps brachii*, *Biceps brachii* e *Supraspinatus* são de fácil utilização por serem de fácil identificação, acessibilidade, e apresentam alto rendimento de desossa, em torno de 75%. RUIZ et al. (1993) e CARMACK et al. (1995) relatam que geralmente os músculos provenientes do quarto dianteiro (especialmente da paleta) são considerados mais suculentos e palatáveis que alguns músculos provenientes do coxão.

CARMACK et al. (1995) avaliando 12 músculos utilizando escala de 10 pontos (1-menos macia, a 10-mais macia), dentre eles os mm. *Supraspinatus*, *Infraspinatus* e *Triceps brachii* relatam que as médias em relação à maciez para o m. *Infraspinatus* foi de 7,2 (2º colocado na classificação entre 12 músculos examinados), m. *Triceps brachii* 5,8 (7º colocado) e m. *Supraspinatus* 5,1 (8º colocado). Em relação à suculência, o m. *Infraspinatus* apresentou média de 6,6 (2º colocado na classificação entre 12 músculos), m. *Supraspinatus* 5,1 (6º colocado) e m. *Triceps brachii* 4,9 (7º colocado). Os mesmos autores concluem que o m. *Infraspinatus* pode ser utilizado para fabricação de carne reestruturada de alta qualidade devido as médias sensoriais serem superiores a 5,0 em relação à maciez e suculência.

Avaliando as variações nas características sensoriais de 11 músculos, os m. *Infraspinatus* e *Triceps brachii* apresentaram as melhores notas na avaliação de maciez geral e suculência entre os músculos avaliados RHEE, WHEELER, SHACKELFORD, & KOOHMARAIE (2004).

ZIMOCH & GULLET (1997) obtiveram correlações significantes entre maciez e suculência, porém afirmam que a percepção de um atributo pode ser induzida pela percepção do outro. A amostra mais suculenta exibiu maior declínio na quantidade de força requerida para mastigação (maior maciez) quando comparada à amostra menos suculenta, sugerindo que a característica maciez é mais pronunciada ao final do processo de mastigação.

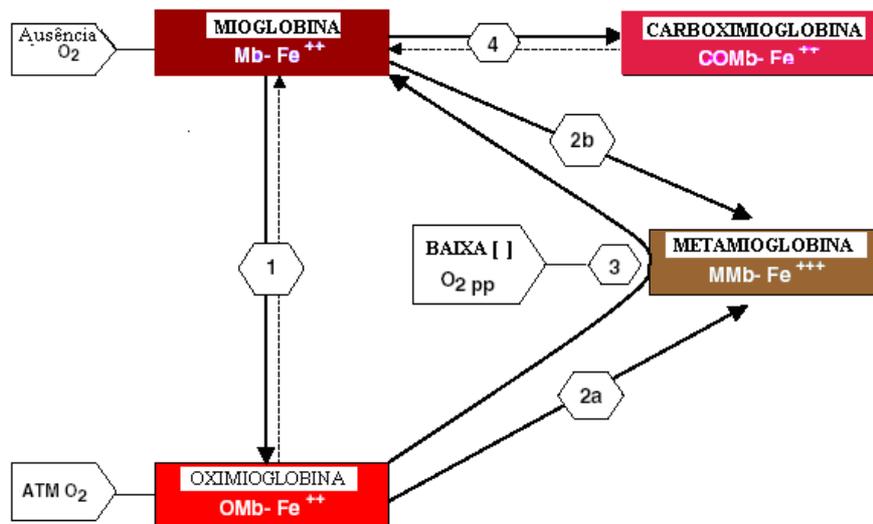
3.5 Cor

A cor da carne é o fator principal que afeta sua aceitabilidade na hora da compra pelo consumidor e está diretamente relacionada ao frescor (FAUSTMAN & CASSENS, 1990).

A mudança na cor da carne está associada com a oxidação lipídica e de pigmentos, e com crescimento da carga bacteriana. Os dois fatores mais importantes que limitam a vida útil da carne fresca são as reações de pigmento (mioglobina particularmente) e o crescimento microbiano (GRAY, GOMAA, BUCKLEY, 1996).

A principal proteína responsável pela cor de carne fresca é a mioglobina, embora outras proteínas heme como hemoglobina e citocromo C, também possam ter um papel importante. A mioglobina é uma proteína solúvel em água contendo oito α -hélices, onde sua molécula consiste em uma fração protéica, a globina, e um grupo heme, que tem um átomo de ferro localizado na porção central e ao redor um anel porfirínico. O átomo de ferro pode formar seis ligações, quatro dessas com átomos de nitrogênio, a 5ª está ligada à porção protéica pelo aminoácido histidina e, a 6ª ligação encontra-se relativamente livre para se ligar a água, oxigênio, óxido nítrico, monóxido de carbono ou outros compostos que afetam a cor. O ligante presente na sexta ligação e a valência do íon ferro resultam na cor da carne (MANCINI & HUNT, 2005).

Na ausência de oxigênio, predomina mioglobina, forma reduzida do pigmento (Fe^{++}) ligada a água na 6ª ligação, de coloração vermelho-púrpura. Quando a mioglobina é exposta com o oxigênio molecular este se liga ao ferro heme e ocorre oxigenação, responsável pela cor vermelha brilhante na superfície da carne. A oxidação do íon ferroso (Fe^{++}) para a forma férrica (Fe^{+++}), em baixas concentrações de oxigênio, resulta na formação de metamioglobina, marrom (MANCINI & HUNT, 2005). Essas mudanças químicas que a mioglobina pode sofrer em carnes estão resumidas na **Figura 2**.



Rx 1 (Oxigenação): $Mb + O_2 \rightarrow OMB$

Rx 2a (Oxidação): $OMB + [\text{consumo de ou baixa pressão parcial de } O_2] - e^- \rightarrow MMb$

Rx 2b (Oxidação): $[Mb - \text{íon hidroxila} - \text{complexo íon } H^+] + O_2 \rightarrow MMb + O_2^-$

Rx 3 (Redução): $MMb + \text{consumo de } O_2 + \text{atividade redutora de metamioglobina} \rightarrow Mb$

Rx 4 (Carboximioglobina): $Mb + CO \rightarrow COMb$

Figura 2. Diagrama das reações de mioglobina em carne fresca.

(Fonte: MANCINI & HUNT, 2005)

A mioglobina é influenciada por diversos fatores, tais como temperatura da carne, pressão parcial de oxigênio, pH, e competição pelo oxigênio por outros processos respiratórios.

MANCINI & HUNT (2005) em revisão sobre cor afirmam que a decisão de compra de carne é mais influenciada no primeiro momento pela cor e os consumidores a usa como um indicador de frescor e sanidade. Desta forma é necessário utilizar uma matéria-prima o mais fresca possível para a fabricação de seus produtos, pois os processos de manipulação e corte promovem maior exposição desta ao oxigênio e pode resultar em um produto com menor vida útil devido à descoloração.

MCKENNA et al. (2005) avaliaram 19 músculos bovinos, e os agruparam em relação à estabilidade da cor. O m. *Triceps brachii* (long head e lateral head) está alocado no grupo que apresentou baixa estabilidade e os mm. *Infraspinatus* e *Supraspinatus* no grupo de baixíssima. Geralmente, baixas taxas de consumo de oxigênio, permitem melhor penetração de O_2 no músculo e estarão associadas com maior estabilidade de cor, e esta relação é fortemente influenciada pelo tipo de músculo.

A cor pode ser avaliada por análise instrumental, pelos sistemas CIE, Hunter entre outros, com diferentes tipos de iluminante (A, C, D65), e ângulos de observação de 2° e 10°, sendo que para cada produto e dependendo do objetivo desejado faz-se a seleção das variáveis mais apropriadas (MANCINI & HUNT, 2005). A vantagem do sistema Hunter em relação ao CIE é que o primeiro é mais uniforme e de fácil utilização (AMSA, 1991).

Os valores L^* , a^* , b^* são determinados como indicadores de luminosidade, intensidade de vermelho/verde e amarelo/azul, respectivamente. A partir destes valores obtidos calcula-se o índice de saturação ($=\sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$) sendo que, para carne e produtos cárneos quanto maior seu valor maior a saturação do vermelho, e o ângulo de tonalidade ($=\tan^{-1}(b^*/a^*)$) (AMSA, 1991).

3.6 Textura

A palavra textura vem do latim *textura* e significa “tecer”, pois inicialmente foi aplicada à indústria têxtil para constatar certas características visuais e táteis dos objetos. Na década de 60 passou a ser aplicada a outras classes de objetos, incluindo os alimentos (ROSENTHAL, 2001).

Por definição a textura é um atributo que resulta da combinação de todas as propriedades reológicas e estruturais (geométricas e de superfície) de um alimento, perceptível pelos receptores mecânicos, táteis, e eventualmente pelos receptores visuais e auditivos (ABNT, NBR 12806, 1993).

A partir dos anos 60, a General Foods Texturometer desenvolveu a Análise de Perfis de Textura (TPA, Texture Profile Analysis), com valores de compressão que imitavam ao máximo a mordida humana (BOURNE, 1978; SZCZESNIAK, 1963). A partir desses ensaios, SZCZESNIAK (1963) propôs uma classificação das características de textura em três categorias para ser usada tanto na avaliação sensorial quanto na instrumental: (1) características mecânicas; (2) características geométricas; e (3) outras como umidade e gordura.

Algumas das propriedades mecânicas foram definidas por BOURNE (1978) a partir de dados extraídos da curva força x tempo (**Figura 3**), resultando em sete parâmetros

(cinco medidos – fraturabilidade, dureza, coesividade, adesividade e elasticidade; e dois calculados a partir dos parâmetros medidos – gomosidade e mastigabilidade) expressos em unidade de massa ou força.

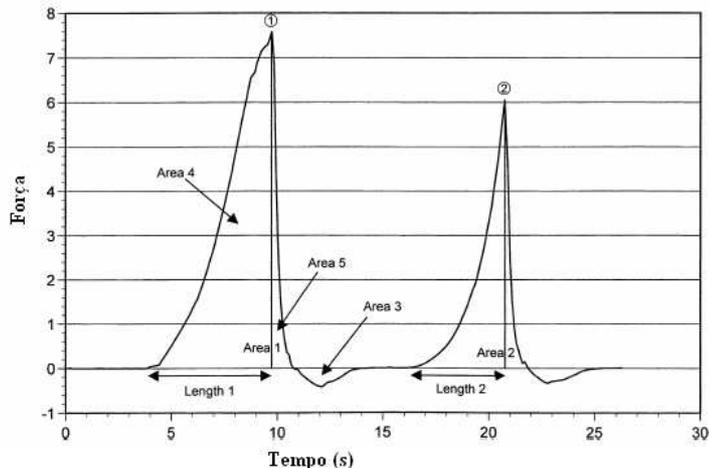


Figura 3. Gráfico de força x tempo para determinação dos parâmetros do perfil de textura. Primeiro pico (1) representa dureza, medida de força; coesividade= $\text{Área 2}/\text{Área 1}$, medida adimensional; elasticidade= $\text{Comprimento 1}/\text{comprimento 2}$, medida distância; mastigabilidade= dureza x coesividade x elasticidade, medida de trabalho.
Fonte: CAINE et al. (2003).

Em se tratando de perfil de textura de carne, os parâmetros aplicáveis a estes produtos foram descritos por SZCZESNIAK & TORGESEN (1965) e definidos por BOURNE (1982), como segue:

- Dureza: representada pela altura do primeiro pico, é a força máxima alcançada na primeira compressão para produzir uma deformação. Relaciona-se a força dentro da boca requerida para comprimir uma substância entre os dois dentes molares ou entre a língua e o palato.
- Elasticidade: grau com o qual um produto volta a sua forma original, depois da primeira compressão e antes da segunda, ou a velocidade em que um material deformado volta à condição não deformada, depois que a força de deformação é removida.
- Coesividade ou gomosidade: densidade que persiste quando se mastiga para transformar um alimento semi-sólido a um estado pronto para ser

deglutido. Grau com o qual uma substância é comprimida entre os dentes antes de romper.

- Mastigabilidade: espaço de tempo requerido para mastigar uma amostra, a uma velocidade constante de aplicação de força, para reduzi-la a consistência adequada para deglutição.

De todos os alimentos no qual a textura é um fator importante para aceitabilidade e consumo, a carne e seus derivados são fortemente afetadas por suas propriedades de textura, que são influenciadas pela estrutura de cada músculo, sendo esta determinada por sua função, quantidade de tecido conjuntivo e gordura, dieta e idade do animal (SZCZESNIAK & TORGESEN, 1965).

Em carne reestruturada, a textura pode ser muito variada devido à variedade da matéria-prima utilizada e dos diferentes processos de fabricação (PEARSON & DUTSON, 1987). Uma alternativa para medição da textura (força de cisalhamento) de produtos onde há uma grande discrepância na textura ao longo do bife é o teste de cisalhamento utilizando uma célula de corte plano, utilizada por OLIVO (1999) em peito de aves, e foi descrita por SHACKELFORD, WHEELER & KOOHMARAIE (2003).

4. MATERIAL E MÉTODOS

O projeto foi desenvolvido na planta piloto de carnes da Faculdade de Engenharia de Alimentos (FEA/UNICAMP), em Campinas-SP. O processamento tecnológico foi realizado na Planta Piloto da Empresa AJINOMOTO, em São Paulo-SP. As provas microbiológicas foram realizadas na Unidade Laboratorial da AJINOMOTO, em Limeira-SP. As avaliações físico-químicas e sensoriais foram realizadas no Laboratório de Carnes e derivados, no Departamento de Tecnologia de Alimentos (DTA), e as análises instrumentais de cor e textura foram realizadas no Laboratório de Apoio – Instrumentação do DTA, na FEA/UNICAMP.

4.1 Delineamento Experimental

O presente estudo teve nove tratamentos utilizando-se um delineamento em blocos estendidos ao acaso, conduzidos com três diferentes músculos da paleta: *Infraspinatus* (raquete), *Supraspinatus* (peixinho), e *Triceps brachii* (miolo da paleta), nos quais foram aplicados três diferentes processamentos: controle, injetado e massageado.

Para obtenção da comparação entre as médias dos tratamentos e uma estimativa de erro experimental, cada tratamento foi submetido a 3 repetições e 3 replicações.

4.2 Processamento Tecnológico

(a) Formulação da Carne Reestruturada

Foram adicionados 8% de salmoura contendo 1% NaCl e 0,3% tripolifosfato de sódio em relação ao peso do produto final (DIMITRAKOPOULOU, AMBROSIADIS & ZETOU, 2005; NIELSEN, PERTERSEN & MOLLER, 1995). Os ingredientes e percentuais utilizados nos tratamentos estão apresentados na **Tabela 2**.

Tabela 2. Ingredientes e percentuais utilizados na elaboração da carne bovina reestruturada.

Ingredientes	%
Carne magra	87,7
Gordura de cobertura de contrafilé	10,0
NaCl	1,0
STPP	0,3
Transglutaminase Activa TG-EB®	1,0

Em cada tratamento foi adicionado 8% de salmoura, calculada a partir do peso do corte da carne. Do total da carne magra, 87,7%, foram retirados 80%, ou seja, 70,16% para ser picada em disco de rim e os 20% restante, que correspondem a 17,54%, para ser moído juntamente com 10% da gordura de cobertura de contrafilé, para melhor homogeneização. O tempo de mistura no misturador foi de 3 min (CHEN & TROUT, 1991).

(b) Tratamentos

A carne reestruturada foi elaborada a partir de três diferentes cortes da paleta, todos do mesmo lote adquirida do frigorífico BERTIN de Lins-SP. Todos os cortes foram submetidos aos processos: controle, sem pré-processamento (1); injetado (2); e massageado (3).

No controle (1), 70,16% da carne magra foi moída em disco de rim (aproximadamente 2 cm), os retalhos gordos (obtidos de aparas de gordura de cobertura de contrafilé) juntamente com 17,54% da carne magra foram moídos em disco de 5 mm de diâmetro a uma temperatura de 4 °C. A carne magra e os retalhos gordurosos foram colocados no misturador junto com a salmoura, deixados misturar por 3 min. A seguir foi adicionada a enzima MTGase (1% a seco) e deixado misturar por mais 3 min para promover a coesão entre os pedaços de carne.

No processamento 2, os cortes foram injetados até que fosse absorvido 8% em peso de salmoura. No processamento 3, os cortes foram massageados em massageador a vácuo com 8% de salmoura por 1h (15 min/5 min pausa). Para os processamentos 2 e 3 a carne foi

picada da mesma forma que o tratamento controle, adicionados no misturador, deixados misturar juntamente com a transglutaminase (1% a seco) por 3 min.

A mistura obtida através dos processamentos foi colocada em formas quadradas e prensadas, deixadas sob refrigeração para atuação da enzima por 6h. Após este período os blocos foram desformados e congelados.

Os blocos congelados foram transportados até a planta piloto de carnes da Faculdade de Engenharia de Alimentos (FEA-UNICAMP), cortados congelados em serra-fita com 2 cm de espessura, embalados um a um em papel tipo manteiga e armazenados congelados.

As etapas que foram descritas acima para o processamento do reestruturado bovino estão apresentadas no fluxograma abaixo (**Figura 4**).

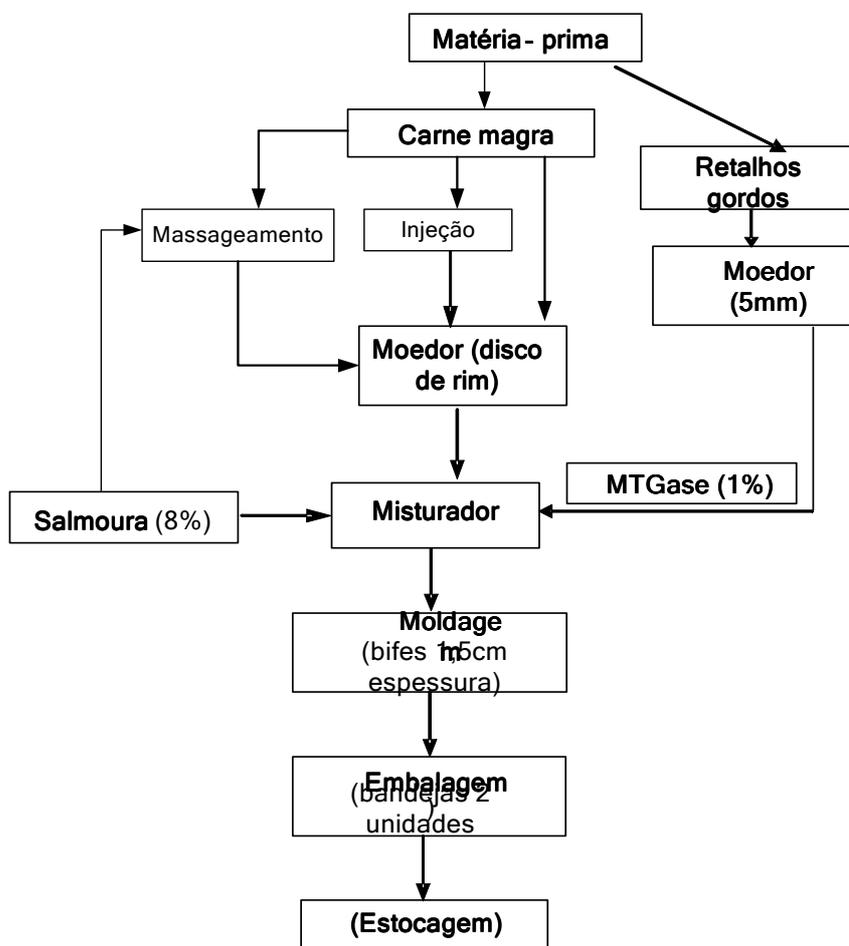


Figura 4. Etapas do processamento experimental da carne bovina reestruturada.

4.3 Análises Físico-Químicas e Microbiológicas

Na recepção da matéria-prima foram coletadas amostras para análise microbiológica e ao final do processo foram realizadas análises físico-químicas e microbiológicas, visando à caracterização da matéria-prima e do produto, e a garantia de qualidade e segurança ao consumidor de acordo com a legislação brasileira.

As análises físico-químicas seguiram a metodologia descrita pela Instrução Normativa n. 20 de 21/07/2001 do Ministério da Agricultura e do Abastecimento (BRASIL, 1999), que oficializa os métodos analíticos físico-químicos para controle de produtos cárneos e ingredientes. Essa metodologia consiste fundamentalmente nos procedimentos de análises publicados pela *Association of Analytical Chemists* (AOAC, 1998).

Foram avaliados os seguintes parâmetros físico-químicos:

- Composição centesimal do produto in natura e após cozimento: umidade – método gravimétrico (estufa); proteínas – método de Kjeldahl; lipídeos – Bligh & Dyer e cinzas – método de mufla.

- pH: mistura-se em um béquer de 50 mL, 30g de amostra homogeneizada com 6-10 mL de água destilada ou deionizada, para possibilitar a penetração do eletrodo e faz-se a leitura no pHmetro previamente calibrado;

- Perdas no cozimento: determinou-se pesando a amostra antes (p_1) e depois (p_2) do cozimento e aplicando a seguinte equação (DIMITRAKOPOULOU, AMBROSIADIS, ZETOU & BLOUKAS, 2005):

$$\text{Perdas no cozimento (\%)} = 100 * (p_1 - p_2) / p_1$$

- Perdas por exsudação durante o descongelamento: Exsudado foi determinado pela subtração do peso antes (p_1) e depois (p_2) de do descongelamento.

- Determinação de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico: Valor TBAS: expresso em mg de malonaldeído/Kg de amostra.

As análises microbiológicas foram realizadas de acordo com a Agência Nacional da vigilância Sanitária (BRASIL, 2001) para carnes e produtos cárneos. Para produtos cárneos resfriados ou congelados e/ou pré-cozidos e congelados utilizando como matéria-prima a carne bovina são exigidas análises de *Salmonella* sp, Coliformes a 45 °C/g, *Staphylococcus*

coagulase positiva/g e *Clostridium* sulfito reductor a 46 °C/g, na matéria-prima são exigidas análises de *Salmonella* sp.

4.4 Análise Instrumental de Cor

A análise instrumental de cor realizou-se utilizando o sistema Hunter com o colorímetro portátil MiniScan XE utilizando iluminante D65 e 10° de ângulo de observação. Foram determinados os valores L*, a*, b* e calculou-se o índice de saturação ($=\sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$) e o ângulo de tonalidade ($=\tan^{-1}(b^* / a^*)$) (AMSA, 1991).

Para a avaliação instrumental de cor as amostras foram colocadas em bandejas contendo 3 bifés de cada tratamento, expostos sob sob refrigeração e iluminação de lâmpada fluorescente (marca OSRAM, natura de luxo) por 12 h, em seguida foram realizadas 5 medidas de cor em cada bife.

4.5 Análise Instrumental de Textura

As amostras foram descongeladas sob refrigeração até atingirem temperatura de 2-4°C, assadas em chapa elétrica a 180 °C (temperatura que resulta em menores perdas no cozimento e mudanças no volume (SEIDMAN & DURLAND, 1983), até temperatura interna do produto 71 °C (AMSA, 1995), monitorada com termopares inseridos aproximadamente no centro geométrico dos bifés, em seguida resfriadas até atingir a temperatura de 4 °C.

A textura da carne reestruturada, depois de grelhada, foi avaliada através da técnica denominada Análise do Perfil de textura – TPA, onde foram calculados os parâmetros de dureza, elasticidade, coesividade, e mastigabilidade (BORNE, 1978), com velocidade de 3,4 mm/s e compressão de 75% da altura das amostras, utilizando o probe P50 (**Figura 5**) (FLORES, BOYLE & KASTNER, 2007). Foram retirados quatro cilindros de 2,54 cm de diâmetro por 2 cm de espessura de cada bife em triplicata.



Figura 5. Probe P50 utilizado para a análise do perfil de textura.

Também realizou-se o teste de cisalhamento, com célula de corte plano (**Figura 6**), utilizando metodologia descrita por SHACKELFORD, WHEELER & KOOHMARAIE (2003), com velocidade de 10 mm/s e utilizando 25 mm de profundidade (OLIVO, 1999). Os resultados foram expressos como a força máxima em Newton necessária para cisalhar as amostras. Para este teste, as amostras foram fatiadas (1 cm de espessura x 4-5 cm de comprimento x 2 cm de largura), resultando em três amostras de cada bife em triplicata para cada tratamento.



Figura 6. Célula de corte plano acoplada ao texturômetro.

Todas as mensurações foram realizadas utilizando o texturômetro TA-TX2 (Stable Micro Systems Ltda.) com célula de carga de 5 Kg. A coleta dos dados e a construção das curvas de TPA foram efetuadas pelo programa Texture Expert, versão 1.1 (Stable Micro System Ltda.).

4.6 Análise Sensorial

Uma equipe laboratorial de 13 provadores foi selecionada e treinada utilizando a metodologia descrita pelas diretrizes da AMSA (1995) para avaliar os parâmetros de maciez, suculência, sabor característico de carne e requentado. Após consenso entre os provadores utilizaram-se como referências os cortes contrafilé, aba do contrafilé, lagarto e filé mignon, sendo que, as características percebidas de cada desses cortes e sua posição na escala avaliada estão apresentadas na **Tabela 3**.

Tabela 3. Cortes cárneos utilizados como referência e suas características percebidas.

Corte da carne	Característica
Contrafilé	Extremamente dura; extremamente seca; extremamente forte (sabor de requentado).
Aba do contrafilé	Extremamente suculenta.
Lagarto	Nem dura/nem macia.
Filé mignon	Extremamente macia; Nem suculenta/nem seca.

Os provadores registraram suas notas em fichas utilizando escala hedônica estruturada mista com nove pontos sendo extremamente dura, seca, ausente (um) e extremamente macia, suculenta e forte (nove) (**Anexo 1 – Figura 15**) para cada atributo estudado (STONE & SIDEL, 1993).

Para avaliação sensorial, três bifês de cada formulação em triplicata foram descongelados sob refrigeração até temperatura de 2-4 °C, assados em chapa elétrica a 180 °C até temperatura interna do produto 71 °C (AMSA, 1995), monitorado com termopares inseridos aproximadamente no centro geométrico dos bifês. Em seguida as amostras foram porcionadas (1,5 cm de espessura x 1 cm de comprimento x 1 cm de largura) e apresentados aos provadores de acordo com o balanceamento das amostras (MACFIE & BRATCHELL, 1989) em pratos brancos codificados com 3 dígitos, em temperatura de 50 – 55 °C. Com relação ao atributo sabor de requentado, as amostras foram assadas conforme descrito acima, armazenadas sob refrigeração por 24h, no dia da avaliação estas foram requentadas, porcionadas e servidas aos provadores.

Para avaliação visual de cor foi utilizado o Padrão de Cor de Carne (“Beef Color Standard”, Circular nº 398, Department of Animal Science and Industry, Kansas, Undated) (**Anexo 1 – Figura 16**), utilizado no trabalho de FJELKNER-MODIG & RUDÉRUS (1983). Duas amostras de cada tratamento foi colocada em bandejas, expostos sob iluminação de lâmpada fluorescente (marca OSRAM, natura de luxo) por 12h sob refrigeração à 4°C. Após este período os provadores entravam na câmara refrigerada e registravam suas notas em fichas (**Anexo 1 – Figura 17**) de acordo com o padrão apresentado e previamente discutido.

4.7 Análise Estatística dos Resultados

Os resultados experimentais obtidos foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA) e teste de Tukey com nível de significância de 5%.

O efeito das variáveis: tipo de músculo (*Infraspinatus* (raquete), *Supraspinatus* (peixinho) e *Triceps brachii* (miolo da paleta)) e tipo de processamento (controle, injeção e massageamento), bem como suas possíveis interações também foram submetidos ao teste de comparação entre as médias, utilizando o programa Statistica (StatSoft, 1995).

Para obtenção da comparação entre as médias dos tratamentos e de uma estimativa de erro experimental, cada tratamento teve 3 repetições em triplicatas.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL

Na recepção da matéria prima, o pH dos músculos foi medido e seus valores estão apresentados na **Tabela 4**.

Tabela 4. Médias e desvios-padrão dos resultados de pH da matéria prima.

	<i>Triceps brachii</i> (miolo de paleta)	<i>Infraspinatus</i> (raquete)	<i>Supraspinatus</i> (peixinho)
pH	5,70 ^b ± 0,01	5,90 ^a ± 0,05	5,64 ^b ± 0,06

^{ab} Médias na mesma linha seguidas de uma letra em comum não diferem (P> 0,05).

O pH dos músculos (**Tabela 4**) apresentou médias de 5,64 para o m. *Supraspinatus* e de 5,70 para o m. *Triceps brachii*, este dois músculos não diferem entre si mas diferiram (P<0,05) do m. *Infraspinatus* com média de 5,90. Resultados estes já esperados, pois estão de acordo com os estudos de JONES, CALKINS, JOHNSON & GWARTNEY (2005) e VON SEGGERN et al. (2005).

Quando comparamos o pH da matéria prima ao da carne reestruturada crua este aumentou em média 0,2 pontos (**Tabela 5**), isso porque o tripolifosfato utilizado nas formulações aumenta o pH, causando um afastamento do ponto isoelétrico das proteínas e, conseqüente, aumento na capacidade de retenção de água (LEE, HENDRICK & CORNFORTH, 1998). TROUT & SCHIMIDT (1984) relataram valores de pH mais elevados em carne reestruturada tratada com tripolifosfato de sódio, quando comparados a outros fosfatos, resultados também encontrados por MOISEEV & CORNFORTH (1997) e PIETRASIK & SHAND (2003).

Na **Tabela 5** são apresentados os resultados das análises de umidade, lipídios, proteínas, cinzas e pH nos quatro diferentes músculos e nos três processamentos da carne reestruturada crua. E na **Tabela 6** os resultados de umidade, lipídios e cinzas da carne reestruturada grelhada.

Houve diferenças ($P < 0,05$) entre os tipos de músculos em relação ao teor de lipídios, proteínas e pH, e entre os processamentos ($P < 0,05$) em relação ao teor de umidade, proteínas e cinzas da carne reestruturada crua (**Tabela 5**).

Tabela 5. Médias e desvios-padrão dos resultados das análises físico-químicas da carne reestruturada crua.

	Umidade (g/100g)	Lipídios (g/100g)	Proteínas (g/100g)	Cinzas (g/100g)	pH
Músculos					
<i>Triceps brachii</i>	68,64 ^a ±0,12	10,92 ^b ±0,16	18,27 ^a ±0,10	1,82 ^a ±0,17	5,92 ^c ±0,03
<i>Infraspinatus</i>	68,55 ^a ±0,14	12,47 ^a ±0,14	17,29 ^b ±0,25	1,78 ^a ±0,16	6,07 ^a ±0,04
<i>Supraspinatus</i>	69,54 ^a ±0,21	11,45 ^b ±0,17	18,21 ^a ±0,34	1,80 ^a ±0,17	5,98 ^b ±0,04
Processamentos					
Controle	68,86 ^{ab} ±0,18	11,63 ^a ±0,09	18,35 ^a ±0,31	1,91 ^a ±0,08	5,98 ^a ±0,07
Injetado	68,21 ^b ±0,17	12,03 ^a ±0,12	17,51 ^b ±0,19	1,64 ^b ±0,11	5,99 ^a ±0,05
Massageado	69,66 ^a ±0,27	11,78 ^a ±0,10	17,91 ^{ab} ±0,32	1,85 ^a ±0,14	6,00 ^a ±0,06
Interações	<0,01	<0,05	ns	ns	<0,01

^{abc} Médias na mesma coluna seguidas de letras iguais não diferem ($P > 0,05$); ns: não significativo.

Na carne reestruturada crua a interação entre músculos e processamentos foi significativa ($P < 0,05$) para as determinações de pH, umidade, lipídios e os valores de F e P estão indicados no **Anexo 2 – Tabela 14**.

Os gráficos que representam essas interações nas determinações de umidade, lipídios e pH encontram-se nas **Figuras 8, 9 e 10**, respectivamente.

O teor de umidade da carne reestruturada crua apresentou o menor valor ($P < 0,05$), 68,21%, no processamento injetado e o maior, 69,66%, no massageado, porém estes não diferiram ($P > 0,05$) do controle (**Tabela 5**). No trabalho de DIMITRAKOPOULOU, AMBROSIADIS, ZETOU & BLOUKAS (2005) o teor de umidade variou de 71,49% a 73,12% em reestruturado suíno com transglutaminase. De acordo com os dados de SERRANO, CAFRADES & COLMENERO (2004), em reestruturado bovino no tratamento com NaCl, tripolifosfato, MTGase e caseinato o teor de umidade foi de 66%.

Não houve diferenças entre os músculos ($P > 0,05$) em relação ao teor de umidade da carne reestruturada crua. Estes dados diferem dos encontrados pela literatura por MCKEITH et al. (1985) que relataram que os mm. *Supraspinatus* e *Triceps brachii* apresentaram os maiores valores de umidade dentre 13 músculos avaliados.

O sal (NaCl) adicionado contribuiu no elevado teor de umidade por melhorar a capacidade de retenção de água, isto devido aos íons cloro penetrarem nos miofilamentos causando o entumescimento e, conseqüentemente, aumentando a capacidade de retenção de água (OFFER & TRINICK, 1983).

De acordo com DIMITRAKOPOULOU, AMBROSIADIS, ZETOU & BLOUKAS (2005), o nível da enzima (MTGase) não afetaria a composição dos produtos, mas contribuiu no aumento do teor de umidade, resultando em um produto mais suculento.

O teor de umidade nos tratamentos *Supraspinatus* (SS) x massageado (M) resultou no maior valor de umidade com média de 71,38% diferindo ($P < 0,05$) de todos os outros tratamentos, e o *Triceps brachii* (TB) x injetado (I) com média de 69,39% diferindo ($P < 0,05$) dos demais tratamentos (**Figura 7**).

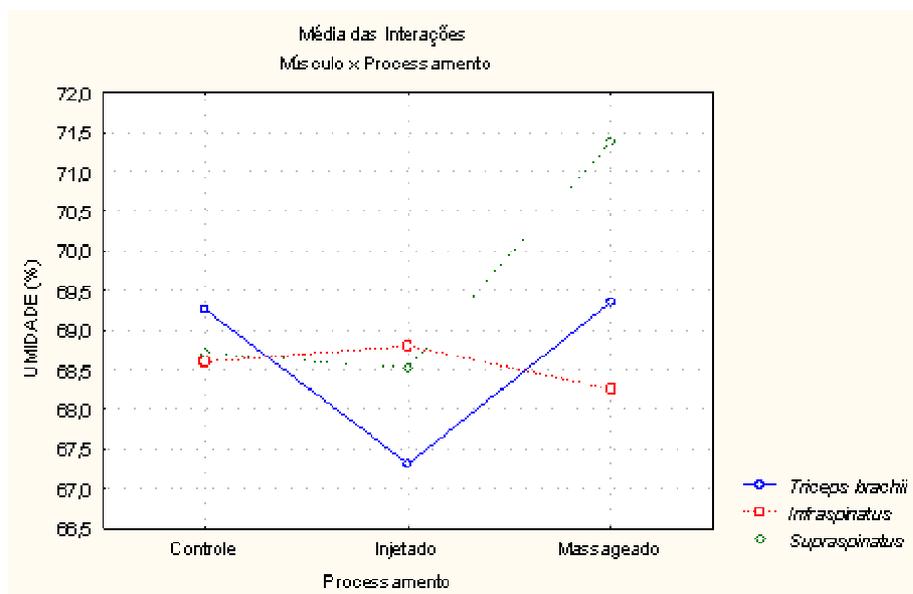


Figura 7. Interação músculo x processamento no teor de umidade da carne reestruturada crua.

O tipo de músculo afetou ($P < 0,05$) o teor de gordura da carne reestruturada crua, conforme **Tabela 5**, porém não afetou ($P > 0,05$) este teor da carne grelhada, conforme **Tabela 6**. Enquanto que os tipos de processamentos não apresentaram efeito significativo ($P > 0,05$) no teor de gordura do reestruturado cru, **Tabela 5**, porém influenciou ($P < 0,05$) este teor na carne grelhada, **Tabela 6**.

O m. *Infraspinatus* diferiu ($P < 0,05$) dos mm. *Triceps brachii* e *Supraspinatus* na carne reestruturada crua. Esses dados correspondem aos mesmos relatados por MACKEITH et al. (2985) onde o m. *Infraspinatus* apresentou o mais alto percentual de gordura dentre 13 músculos avaliados. Enquanto que o processamento controle se diferiu ($P < 0,05$) do massageado, e estes não diferiram do injetado (**Tabela 5**).

O teor de lipídios nos tratamentos *Infraspinatus* (IS) x massageado (M) resultou no maior valor com média de 13,10% diferindo ($P < 0,05$) do tratamento *Triceps brachii* (TB) x controle (C) com média de 10,28%, porém não diferiram ($P > 0,05$) dos demais tratamentos (**Figura 8**).

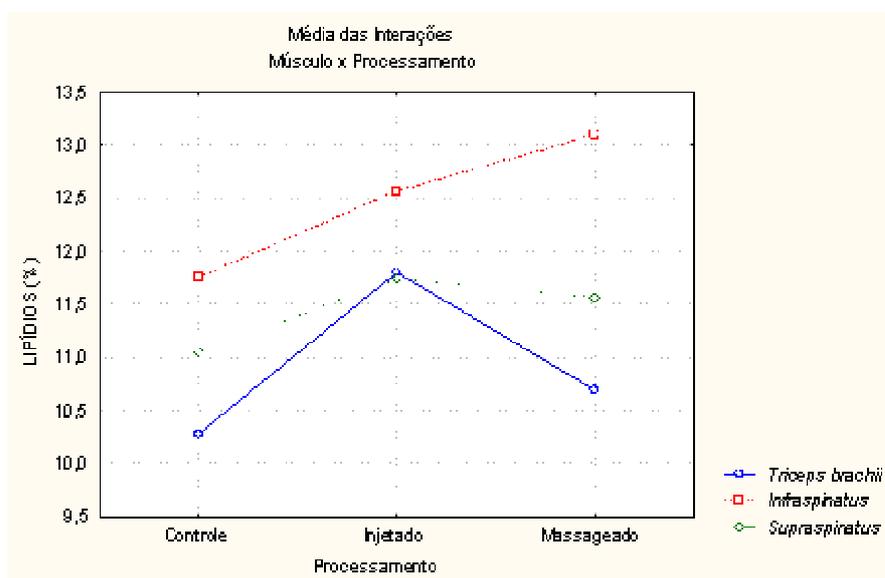


Figura 8. Interação músculo x processamento no teor de lipídios da carne reestruturada crua.

O pH das interações *Triceps brachii* (TB) x controle (C), TB x injetado (I) e TB x massageado (M) e *Supraspinatus* (SS) x I resultaram nos menores valores de pH com médias entre 5,89 e 5,94 diferindo ($P < 0,05$) dos *Infraspinatus* (IS) x C, IS x I e IS x M com os maiores valores, apresentando médias entre 6,05 e 6,08 (**Figura 9**).

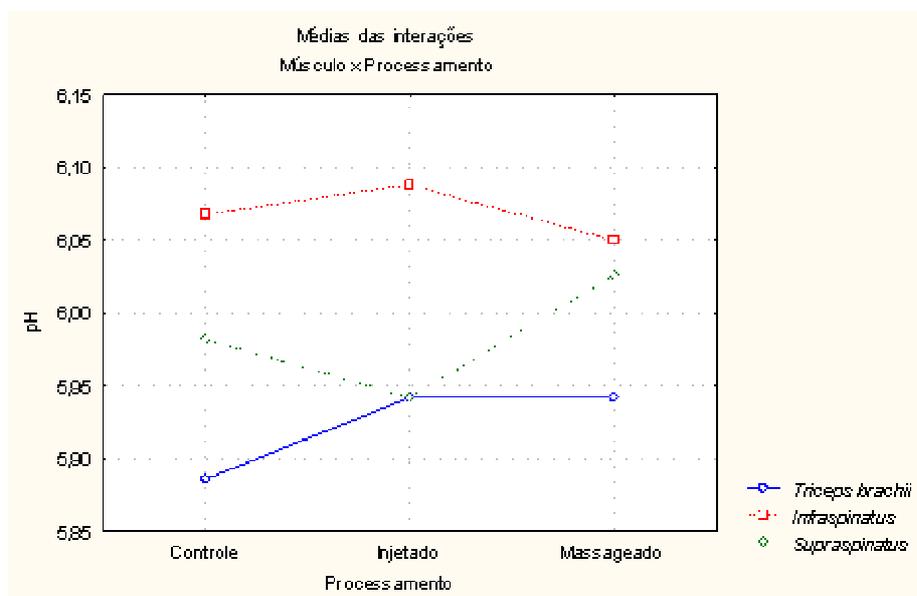


Figura 9. Interação músculo x processamento no pH da carne reestruturada crua.

Na carne reestruturada grelhada, houve diferenças ($P < 0,05$) entre os músculos e entre os processamentos em relação às médias de cinzas e somente entre processamentos nas médias de umidade e lipídios (**Tabela 6**).

Houve diferenças ($P < 0,05$) entre os tipos de músculos quanto ao teor de proteína, e o m. *Infraspinatus* apresentou o menor valor ($P < 0,05$) e os mm. *Triceps brachii* e *Supraspinatus* os maiores valores; e houve diferenças entre os processamentos controle e injetado ($P < 0,05$), não sendo diferentes ($P < 0,05$) do massageado na carne reestruturada crua. DIMITRAKOPOULOU, AMBROSIADIS, ZETOU & BLOUKAS (2005) relatavam teores de proteínas variando entre 23,5% e 25,15%; e SERRANO, CAFRADES & COLMENERO (2004) entre 20,7% e 22%, porém nestes dois trabalhos o teor de gordura foi menor que 5%, e no presente trabalho 10%.

Tabela 6. Médias e desvios-padrão dos resultados das análises físico-químicas da carne reestruturada grelhada.

	Umidade (g/100g)	Lipídios (g/100g)	Cinzas (g/100g)
Músculos			
<i>Triceps brachii</i>	63,63 ^a ± 0,25	9,40 ^a ± 0,09	1,71 ^b ± 0,07
<i>Infraspinatus</i>	63,27 ^a ± 0,17	10,00 ^a ± 0,12	1,95 ^a ± 0,06
<i>Supraspinatus</i>	63,90 ^a ± 0,18	9,29 ^a ± 0,08	1,97 ^a ± 0,04
Processamentos			
Controle	62,96 ^b ± 0,18	9,15 ^b ± 0,28	1,74 ^{ab} ± 0,01
Injetado	63,09 ^b ± 0,13	9,50 ^{ab} ± 0,16	1,96 ^a ± 0,05
Massageado	64,75 ^a ± 0,12	10,04 ^a ± 0,42	1,58 ^b ± 0,05
Interação	<0,01	<0,01	<0,01

^{ab} Médias na mesma coluna seguidas de letras iguais não diferem ($P > 0,05$); ns: não significativo.

Na carne grelhada a interação entre o tipo de músculo e de processamento foi significativa ($P < 0,05$) para as avaliações de umidade, lipídios e cinzas e os valores de F e p estão indicados no **Anexo 2 – Tabela 15**.

Os gráficos que representam essas interações nas determinações de umidade, lipídios e cinzas encontram-se nas **Figuras 11, 12 e 13**, respectivamente.

O teor de umidade da carne grelhada resultou nos maiores teores nos tratamentos m. *Infraspinatus* (IS) x controle (C) e m. *Supraspinatus* (SS) x massageado (M) com médias entre 64,92% e 64,86%, respectivamente, diferindo ($P < 0,05$) do tratamento IS x M com o menor valor (62,04%) (**Figura 10**).

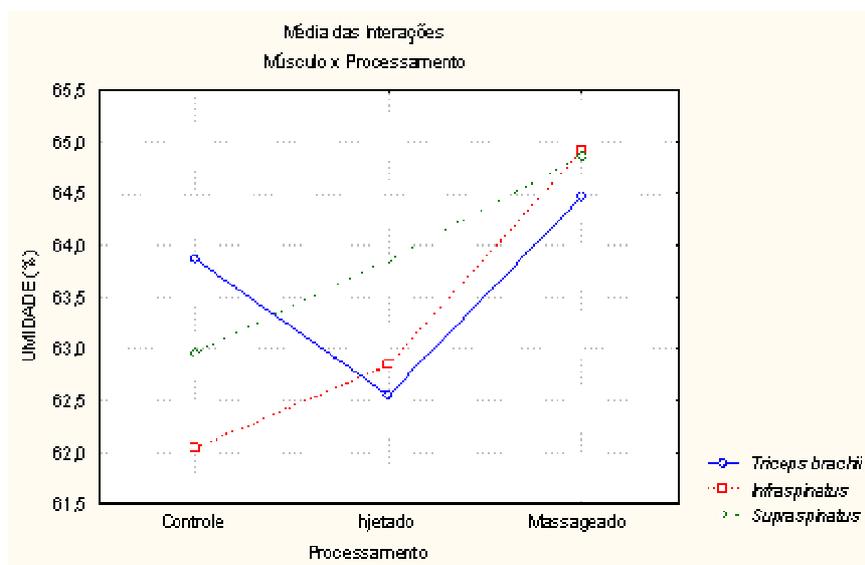


Figura 10. Interação músculo x processamento no teor de umidade da carne reestruturada grelhada.

O teor de gordura variou entre os tipos de músculos na carne reestruturada crua. O m. *Infraspinatus* teve o maior teor ($P < 0,05$), diferindo dos mm. *Triceps brachii* e *Supraspinatus* que apresentaram os menores valores, não diferindo entre si. Os teores variaram entre 10,9% e 12,5%. Este elevado teor de gordura é devido à adição de 10% de gordura de cobertura de contrafilé.

Na carne reestruturada avaliada neste estudo as perdas de gordura variaram ($P < 0,05$) entre 11% (m. *Triceps brachii* x controle) e 24,5% (m. *Supraspinatus* x controle). Esses valores apresentados são inferiores aos produtos obtidos em supermercados, estes demonstraram perdas em torno de 25% (sendo o teor inicial de gordura de 25%). Os mesmos autores relatam que estas perdas durante a cocção devem-se ao método de cozimento, a formulação do produto e ao processo de fabricação (SHEARD, NUTE, & CHAPPELL, 1998).

O teor de lipídios da carne reestruturada grelhada no tratamento m. *Infraspinatus* (IS) x massageado (M) resultou no maior teor com média de 11,53%; diferindo ($P < 0,05$) dos demais tratamentos com médias variando entre 9,53% e 8,92% (**Figura 11**).

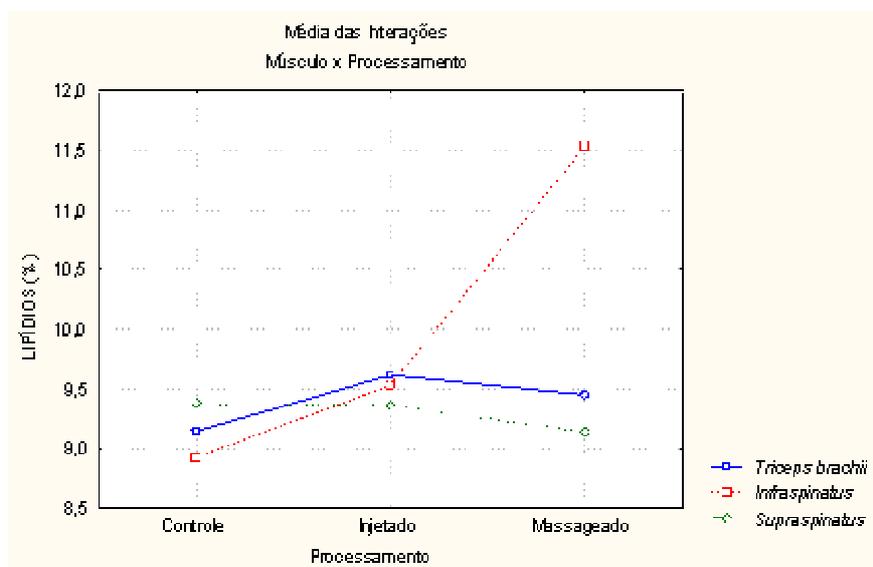


Figura 11. Interação músculo x processamento no teor de lipídios da carne reestruturada grelhada.

O teor de cinzas variou entre 1,58% e 1,96%, porque a adição de 1% de sal aumenta o conteúdo de sódio do produto, conduzindo ao aumento do teor de cinzas (**Tabela 5 e 6**). O processamento de massageamento resultou em menor valor de cinza, não diferindo do controle, porém esses dois diferindo do injetado ($P < 0,05$) com maior valor. A literatura relata teores de 1% de cinzas em carnes reestruturadas com transglutaminase sem a adição de sal e de 3,5% com a adição de sal (CAFRADES & COLMENERO, 2004), e teores variando de 1,73% a 2,59% com a adição de sal (DIMITRAKOPOULOU, AMBROSIADIS, ZETOU & BLOUKAS, 2005).

O teor de cinzas da carne reestruturada grelhada no tratamento m. *Supraspinatus* (SS) x massageado (M) resultou no menor teor de com média de 1,58% diferindo ($P < 0,05$) dos demais tratamentos com médias variando de 1,71% a 1,96% (**Figura 12**).

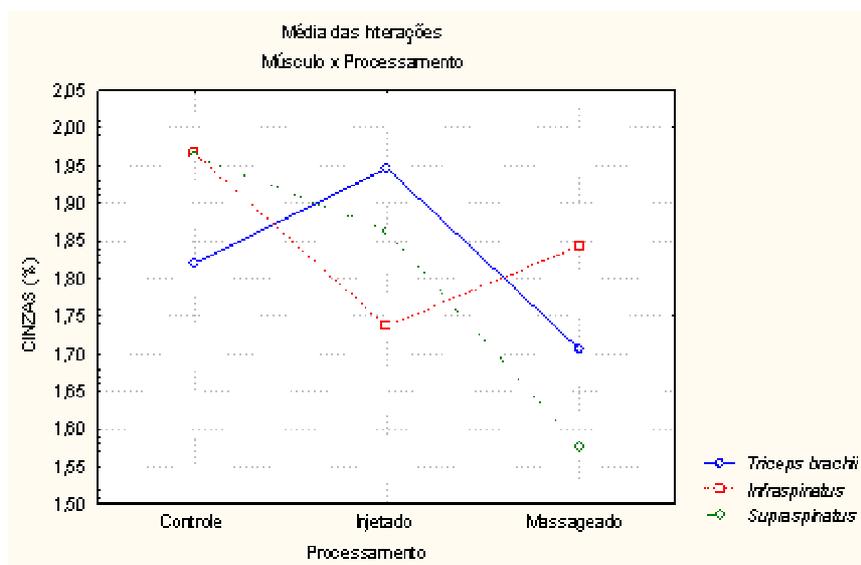


Figura 12. Interação músculo x processamento no teor de cinzas da carne reestruturada grelhada.

5.2 PERDAS DE PESO

Na **Tabela 7** são apresentados os resultados de perda de peso durante a cocção entre os quatro diferentes músculos e os três processamentos.

O tipo de músculo e o processamento tiveram efeitos significativos ($P < 0,05$) nas perdas de peso durante a cocção.

Em relação ao tipo de músculo, a maior perda foi no m. *Supraspinatus* (26,64%) diferindo ($P < 0,05$) do m. *Infraspinatus* que apresentou a menor (24,71%), porém não diferiram do m. *Triceps brachii*. Houve diferenças ($P < 0,05$) entre os processamentos, sendo que o controle resultou em menores perdas seguido do injetado e massageado.

Os valores médios apresentados na **Tabela 7** são menores que os encontrados na literatura que variam entre 31% e 35% (LENON et al., 2006), demonstrando que o teor de 1% de transglutaminase foi efetivo em ligar a água do produto. Um único trabalho encontrado na literatura que combinou o efeito do amaciamento através da injeção com a reestruturação relatou perdas de peso durante o cozimento de 33% contra 24 - 27% dos processamentos desta pesquisa (LENON et al., 2006).

Tabela 7. Médias e desvios-padrão dos resultados de perdas de peso durante o cozimento da carne reestruturada.

Perdas Cozimento (%)	
Músculos	
<i>Triceps brachii</i>	25,29 ^{ab} ± 0,28
<i>Infraspinatus</i>	24,71 ^b ± 0,38
<i>Supraspinatus</i>	26,64 ^a ± 0,55
Processamentos	
Controle	24,12 ^c ± 0,47
Injetado	25,49 ^b ± 0,52
Massageado	27,04 ^a ± 0,30
Interações	ns

^{abc} Médias na mesma coluna seguidas de letras iguais não diferem ($P > 0,05$); ns: não significativo.

Carne reestruturada com sal, tripolifosfato e diferentes ligantes apresentam perdas muito variáveis de acordo com a literatura. No trabalho de RAHARJO et al. (1995) o tratamento com 0,5% NaCl e 0,5% STPP apresentou perdas entre 30-34%, quando utilizaram 0,5% Na-alginato e 0,5% Ca-lactato as perdas variaram de 25-33%. Já SHAO, AVENS, SCHMIDT & MAGA (1999), com teores de 1,5% NaCl e 0,5% STPP obtiveram perdas em torno de 20%, enquanto COLMENERO et al. (2003) em reestruturados contendo 0,5% NaCl e 0,5% STPP, entre 19% (no tratamento com 2% NaCl) e 27% (no tratamento com 1% NaCl).

DIMITRAKOPOULOU, AMBROSIADIS, ZETOU & BLOUKAS (2005), em reestruturados utilizando carne suína livre de fosfato, utilizando dois níveis de sal (1% e 2%) e três de transglutaminase, obtiveram perdas entre 19-27,5%. SERRANO, COFRADES & COLMENERO (2004) em reestruturado bovino, nos tratamentos com 2% NaCl e 0,3% STPP, MTGase combinado com caseinato reportaram perdas entre 8-23%.

De acordo com os resultados relatados por RHEE, WHEELER, SHACKELFORD, & KOOHMARAIE (2004), as médias de perdas na cocção, para os mm. *Infraspinatus*, *Triceps brachii* e *Supraspinatus*, variaram entre 20,7% e 27,3%. E neste estudo as médias para os mesmos músculos, porém após o processo de reestruturação variaram entre 25,3% e 26,6%.

As perdas durante o descongelamento e cocção afetam o custo de fabricação de carne reestruturada. O controle dessas perdas é importante devido às mudanças nos resultados de rendimento de cocção por afetar a composição centesimal do produto, e essas mudanças estão diretamente correlacionadas às características sensoriais do produto final grelhado. A umidade é perdida durante e após o processo térmico, com isto o rendimento do produto e outros atributos de qualidade como maciez, textura, e sabor, são afetados negativamente (PIETRASIK & SHAND, 2003).

As perdas durante o descongelamento no presente estudo foram inferiores a 1% ($P>0,05$) e as perdas durante a cocção não afetaram a composição centesimal do produto, devido às perdas da umidade dos bifes (considerando os tratamentos) estarem em torno de 10% pelo baixo nível de adição de salmoura, apenas 8%, quando comparamos a **Tabela 5** e **Tabela 6**. A reestruturação usando a transglutaminase também auxilia na retenção da água, reduzindo essas perdas.

Ao avaliar a interação dos dois fatores (músculo x processamento) nas perdas na cocção (**Anexo 2 – Tabela 16**) não houve efeito significativo ($P>0,05$).

5.3 AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA

A **Tabela 8** apresenta os resultados das avaliações microbiológicas da matéria prima e do produto final e estes estão de acordo com os padrões exigidos pela legislação. As amostras foram consideradas adequadas para o consumo. Somente após a liberação destes resultados é que as amostras foram conduzidas para avaliação sensorial.

Tabela 8. Resultados da avaliação microbiológica da matéria prima e da carne reestruturada crua, em comparação aos limites da legislação.

Microrganismo	Matéria prima	Produto Final	Limites Legislação
<i>Salmonella sp.</i> *	ausente	ausente	Ausência em 25g
<i>Staphylococcus</i> coagulase positiva/g	-	ND	5 x 10 ³ UFC/g
<i>Colstridium</i> sulfito redutor 46°C/g	-	ND	3 x 10 ³ UFC/g
Coliformes a 45°C/g	-	10 ²	5 x 10 ³ UFC/g
Coliformes Fecais	-	ND	

*P/A: presença/ausência.

ND: não detectado.

5.4 ANÁLISE INSTRUMENTAL DE TEXTURA

5.4.1 Análise do Perfil de Textura

A textura da carne reestruturada foi avaliada através da técnica denominada Análise do Perfil de textura ou TPA, onde foram calculados os parâmetros de dureza, elasticidade, coesividade, e mastigabilidade. Os resultados desta análise estão apresentados na **Tabela 9**.

Os tipos de músculos e de processamentos apresentaram efeito significativo ($P < 0,05$) nos parâmetros de dureza, coesividade e mastigabilidade. O m. *Infraspinatus* apresentou o menor valor de dureza ($P < 0,05$) e os mm. *Triceps brachii* e *Supraspinatus* os maiores valores, diferindo apenas do primeiro.

O m. *Infraspinatus* resultou em menores valores de dureza ($P < 0,05$) (Tabela 9). Esse dado está de acordo com os relatados por CARMACK et al. (1995), entre 12 músculos avaliados e BELEW, BROOKS, MCKENNA & SAVELL (2003), de 40 músculos avaliados onde o m. *Infraspinatus* foi o segundo colocado em relação à maciez e suculência pela avaliação sensorial.

Tabela 9. Médias e desvios-padrão dos resultados dos parâmetros de textura da carne reestruturada avaliada através de TPA.

	Dureza (N)	Elasticidade (cm)	Coabilidade**	Mastigabilidade (N.cm)
Músculos				
<i>Triceps brachii</i>	327,27 ^b	0,84 ^a	0,49 ^a	134,50 ^a
<i>Infraspinatus</i>	282,37 ^a	0,83 ^a	0,46 ^b	107,03 ^b
<i>Supraspinatus</i>	326,22 ^b	0,81 ^a	0,49 ^a	134,66 ^a
Processamentos				
Controle	333,72 ^a	0,82 ^a	0,51 ^a	143,05 ^a
Injetado	309,33 ^b	0,82 ^a	0,46 ^b	110,29 ^c
Massageado	292,81 ^b	0,83 ^a	0,47 ^b	122,85 ^b
Interações	Ns	ns	ns	ns

^{abc} Médias na mesma coluna seguidas de letras iguais não diferem ($P > 0,05$); ns: não significativo.

O processamento controle resultou no maior valor de dureza ($P < 0,05$) diferindo do injetado e massageado, porém não houve diferença ($P > 0,05$) entre o processamento injetado e o massageado. MOLINA, JHONSON, WEST & GWARTNEY (2005) relataram que a adição de ingredientes através dos processos de marinação, injeção, e massageamento, reduzem os valores de força de cisalhamento quando comparado ao controle, porém as diferenças foram significativas ($P < 0,05$) apenas entre os mm. *Triceps brachii*, *Complexus* e *Subscapularis* dentre oito músculos avaliados.

LENON et al. (2006), relataram que os mm. *Supraspinatus* e *Triceps brachii* quando injetados e reestruturados são significativamente mais macia que o mesmo íntegro.

A coabilidade entre dos fragmentos da carne variou entre músculos e entre os processamentos ($P < 0,05$). O m. *Infraspinatus* apresentou o menor valor ($P < 0,05$) e os mm. *Triceps brachii* e *Supraspinatus* os maiores valores.

NIELSEN, PETERSEN, & MOLLER (1995) relataram que a transglutaminase aumenta a força de ligação e coabilidade entre os fragmentos de carne suína reestruturada, com valores de 0,41 para coabilidade. Essas características influenciam a dureza e suculência da carne devido às interações entre sal e transglutaminase, e conseqüente aumento da umidade e CRA.

A mastigabilidade variou entre os músculos e entre os processamentos ($P < 0,05$). Os mm. *Triceps brachii* e *Supraspinatus* resultaram nos maiores valores de mastigabilidade (134,50 e 134,66 N.cm), sendo diferentes ($P < 0,05$) do m. *Infraspinatus* que teve o menor valor de 107,03 N.cm. Em relação aos processamentos houve diferenças ($P < 0,05$), sendo que o controle apresentou o maior valor de mastigabilidade seguido do massageado e injetado, que apresentou o menor valor.

Ao analisar a interação dos dois fatores (músculo x processamento) nos parâmetros de TPA (**Anexo 2 – Tabela 16**) não houve efeito significativo ($P > 0,05$).

5.4.2. Determinação da Força de Cisalhamento

Os resultados em relação ao músculo e processamento estão apresentados na **Tabela 10**.

O tipo de músculo apresentou efeito significativo ($P < 0,05$), porém entre os processamentos não houve diferença ($P > 0,05$). O m. *Infraspinatus* apresentou o menor valor força, seguido pelos mm. *Triceps brachii* e *Supraspinatus* ($P < 0,05$).

Tabela 10. Médias e desvios-padrão dos resultados dos parâmetros de textura da carne reestruturada avaliada através da força de cisalhamento.

	Força (N)
Músculos	
<i>Triceps brachii</i>	125,32 ^b
<i>Infraspinatus</i>	107,65 ^c
<i>Supraspinatus</i>	149,23 ^a
Processamentos	
Controle	136,07 ^a
Injetado	118,81 ^a
Massageado	127,31 ^a
Interação	ns

^{abc} Médias na mesma coluna seguidas de letras iguais não diferem ($P > 0,05$); ns: não significativo.

OLIVO (1999) utilizou a mesma metodologia que faz uso da célula de corte para medição de força de cisalhamento em peito de frango e obteve valores de 105,49 N a 169,87 N.

Não houve efeito significativo ($P > 0,05$) da interação dos dois fatores (músculo x processamento) na força de cisalhamento (**Anexo 2 – Tabela 16**).

5.5 ANÁLISE INSTRUMENTAL DE COR

Através do perfil colorimétrico instrumental da carne reestruturada foram determinados os valores L^* , a^* e b^* , enquanto que o índice de saturação e ângulo de tonalidade foram calculados a partir dos três primeiros parâmetros, em relação aos músculos e processamento e estão representados na **Tabela 11**.

Os valores de luminosidade (L^*), intensidade de amarelo (b^*) e ângulo de tonalidade foram diferentes ($P < 0,05$) entre os músculos e a intensidade de vermelho (a^*) foi diferente ($P < 0,05$) entre os processamentos (**Tabela 11**).

A carne reestruturada obtida a partir dos mm. *Triceps brachii* e *Supraspinatus* apresentaram (**Tabela 11**) os menores valores de luminosidade (32,47 e 33,25) e diferentes significativamente do m. *Infraspinatus* que resultou no maior valor de $L^* = 35,45$ ($P < 0,05$). O conteúdo de gordura presente e adicionado na carne, sua distribuição, e sua coloração podem contribuir para diferenças no valor L^* , justificando os altos valores de desvio padrão.

O valor de L^* para o m. *Infraspinatus* está de acordo com o valor relatado na literatura por BAUBLITS et al. (2006) que foi de 35,20 e de 34,26 quando submeteu esse músculo a marinação com salmoura contendo 0,4% de tripolifosfato e 1% de NaCl. Enquanto que para os mm. *Supraspinatus* e *Triceps brachii* os dados do valor L^* (32,47 e 33,25, respectivamente) apresentados na **Tabela 11**, esses são inferiores aos relatados por LENNON et al. (2006) que apresentaram valores de 42,3 a 41,6 para o m. *Supraspinatus* e de 43,5 a 42,2 para o m. *Triceps brachii* que foram reestruturados e submetidos ao processamento de injeção.

Tabela 11. Médias e desvios-padrão dos resultados do perfil colorimétrico instrumental da carne reestruturada.

	L*	a*	b*	Índice Saturação	Ângulo de tonalidade**
Músculos					
<i>Triceps brachii</i>	32,47 ^b ± 1,62	17,49 ^a ± 1,77	18,34 ^b ± 1,29	46,38 ^a ± 1,45	25,34 ^{ab} ± 1,55
<i>Infraspinatus</i>	35,45 ^a ± 1,24	17,99 ^a ± 1,37	19,47 ^a ± 1,46	47,31 ^a ± 1,55	26,51 ^a ± 1,07
<i>Supraspinatus</i>	33,25 ^b ± 1,25	17,22 ^a ± 1,52	18,01 ^b ± 1,34	46,31 ^a ± 1,25	24,92 ^b ± 0,94
Processamentos					
Controle	33,51 ^a ± 1,52	17,49 ^{ab} ± 1,33	18,49 ^a ± 01,35	46,60 ^a ± 1,48	25,46 ^a ± 0,93
Injetado	33,92 ^a ± 1,24	17,02 ^b ± 1,48	18,36 ^a ± 1,40	47,17 ^a ± 1,65	25,04 ^a ± 1,58
Massageado	33,74 ^a ± 1,67	18,19 ^a ± 1,65	18,97 ^a ± 1,64	46,25 ^a ± 1,60	26,28 ^a ± 1,65
Interação	ns	ns	ns	ns	ns

^{ab} Médias na mesma coluna seguidas de letras iguais não diferem ($P > 0,05$); ns: não significativo.

L* - Luminosidade, a* - (+) intensidade de vermelho, b* (+) intensidade de amarelo.

** ângulo de tonalidade: 0°= vermelho, 45°=laranja e 90°=amarelo.

Não houve diferenças ($P > 0,05$) na avaliação da intensidade de vermelho e os dados (**Tabela 11**) variam entre 17,22 e 18,19, dados estes que estão de acordo com os relatados na literatura que variam de 16,6 a 20,0 para o m. *Triceps brachii* e de 18,4 a 19,0 para o m. *Supraspinatus* em carne reestruturada (LENNON et al., 2006).

DIMITRAKOPOULOU, AMBROSIADIS, ZETOU & BLOUKAS (2005) trabalharam com níveis de 1% e 2% de sal, e demonstraram que estes níveis afetam a cor dos produtos, sendo que a luminosidade (L*), e o teor de vermelho (a*) diminuíram, enquanto o teor de amarelo (b*) aumentou, os melhores resultados foram com 1% de sal; justificando a utilização de 1% de NaCl no presente estudo.

A transglutaminase (Activa TG-EB[®]) não exerce nenhuma influencia significativa nos parâmetros de cor de produtos da carne (PIETRASIK, & LI-CHAN, 2002). TÉLLEZ-LUIS et al. (2002), RAMÍREZ et al. (2002) utilizaram diferentes níveis de MTGase

combinado com NaCl e relataram que o nível da enzima não afeta a aparência da carne reestruturada. LENON et al. (2006) compararam a cor da carne injetada e reestruturada com o músculo íntegro e relataram que não houve diferenças significativas entre eles.

O índice de saturação e o ângulo de tonalidade dão informações sobre as mudanças de cor devido aos diferentes processamentos sobre os músculos, no caso, injetado e massageado, quando comparados ao controle (AMSA, 1991).

Os resultados do ângulo de tonalidade apresentados na **Tabela 11**, mostram que o m. *Infraspinatus* apresentou o maior valor (26,51) e o menor valor (24,92) foi o m. *Supraspinatus* ($P < 0,05$), porém não houve diferenças entre estes e o m. *Triceps brachii*. Esses valores são menores em comparação com a literatura que relata valores de 34,19 para o m. *Infraspinatus* de acordo com BAUBLITS et al. (2006). Os resultados relatados por BAUBLITS, POHLMAN, BROWN & JOHNSON (2005b) revelam que os produtos formulados com sal e fosfatos apresentam menor ângulo de tonalidade; isto indica melhor habilidade para manter a cor vermelho-cereja quando em exposição em displays de supermercado para bifos carnes que continham fosfatos que carnes apenas com sal. Isto indica que a carne reestruturada obtida no presente estudo apresenta melhor habilidade em manter a cor vermelho-cereja que as relatadas pela literatura.

No presente estudo, não houve diferenças ($P > 0,05$) com relação ao índice de saturação, porém o valor de 47,31 apresentados na **Tabela 11** para o m. *Infraspinatus* é superior aos relatados na literatura de 32,07 de acordo com BAUBLITS et al. (2006) e de 35,0 (BAUBLITS, POHLMAN, BROWN & JOHNSON, 2005b).

BAUBLITS et al. (2006), sugerem que ocorre uma diminuição do teor e da saturação do vermelho quando se aumenta o nível de sal utilizado nos produtos,. Isto pode ser em função do aumento da retenção de água com o aumento da concentração de sal, que pode diminuir a penetração de oxigênio e/ou maior alcance da molécula de mioglobina, assim permitindo maior proporção de desoximioglobina. No presente estudo o índice de saturação foi alto quando comparado a literatura pelo baixo teor de sal utilizado.

Na análise da interação dos fatores (músculo x processamento) em relação aos parâmetros de cor avaliados (**Anexo 2 – Tabela 17**) não houve efeito significativo ($P > 0,05$).

5.6 AVALIAÇÃO DA OXIDAÇÃO LIPÍDICA

A oxidação lipídica é um dos mecanismos de deterioração da qualidade especialmente em produtos de carne. As mudanças na qualidade são manifestadas por mudanças desfavoráveis no sabor, cor, textura e valor nutritivo, e possível produção de compostos tóxicos. A ruptura da integridade da membrana muscular por mecanismos como corte e mistura, alteram a compartimentalização celular, facilitando a interação de agentes pró-oxidantes com ácidos graxos insaturados, resultando na geração de ácidos graxos livres e a propagação de reações oxidativas (GRAY, GOMAA, & BUCKLEY, 1996).

Para este estudo, os bifes foram grelhados (até temperatura interna de 71° C) como descritos para a análise de textura, deixados resfriar e armazenados sob refrigeração por dois dias, em seguida efetuou-se a análise de oxidação lipídica. A **Tabela 12** apresenta as médias e os desvios-padrão obtidos.

A curva padrão para a carne reestruturada foi feita (**Anexo 1 – Figura 18**), com taxa de recuperação de 82,4%, e $R^2 > 0,99$.

Houve diferenças ($P < 0,05$) entre os processamentos no valor TBARS, porém não houve diferenças ($P > 0,05$) entre esse valor e os músculos. O processamento injetado apresentou o maior valor ($P < 0,05$) e o controle e massageado os menores valores, diferindo apenas do injetado ($P < 0,05$) (**Tabela 12**).

Tabela 12. Médias e desvios-padrão dos resultados do valor TBARS (mg malonaldeído/ Kg de amostra) da carne reestruturada.

	Valor TBA**
Músculos	
<i>Triceps brachii</i>	0,23 ^a ± 0,16
<i>Infraspinatus</i>	0,36 ^a ± 0,21
<i>Supraspinatus</i>	0,27 ^a ± 0,12
Processamentos	
Controle	0,20 ^b ± 0,18
Injetado	0,45 ^a ± 0,08
Massageado	0,21 ^b ± 0,17
Interação	<0,01

Taxa de recuperação: 82,4%.

^{ab} Médias na mesma coluna seguidas de letras iguais não diferem ($P > 0,05$); ns: não significativo.

Os valores obtidos foram menores que os relatados na literatura. OSAWA, FELÍCIO, & GONÇALVES (2005), em revisão sobre o valor TBARS para carne e seus derivados, relatam que tanto a formação como a degradação do malonaldeído são afetadas pelo tempo e temperatura de cozimento, meio de transferência de calor, composição do alimento, cortes e seus derivados analisados. Em produtos grelhados com baixo tempo de cozimento e com adição de polifosfatos há uma redução na formação de TBARS (LEE, HENDRICKS & CORNFORTH, 1998).

A interação do tipo de músculo e de processamento foi significativa ($P < 0,05$) para o valor TBARS e os valores de F e p estão indicados no **Anexo 2 – Tabela 17**.

O gráfico que representa essa interação para o valor TBARS consta da **Figura 14**.

Os tratamentos m. *Infraspinatus* (IS) x massageado (M) resultou no maior valor de oxidação com média de 0,56 (mg malonaldeído/ Kg de amostra) diferindo ($P < 0,05$) dos tratamentos m. *Supraspinatus* (SS) x controle (C), m. IS x injetado (I) e m. *Triceps brachii* (TB) x C, com os menores valores, apresentando médias entre 0,05 e 0,11 (mg malonaldeído/ Kg de amostra) (**Figura 13**).

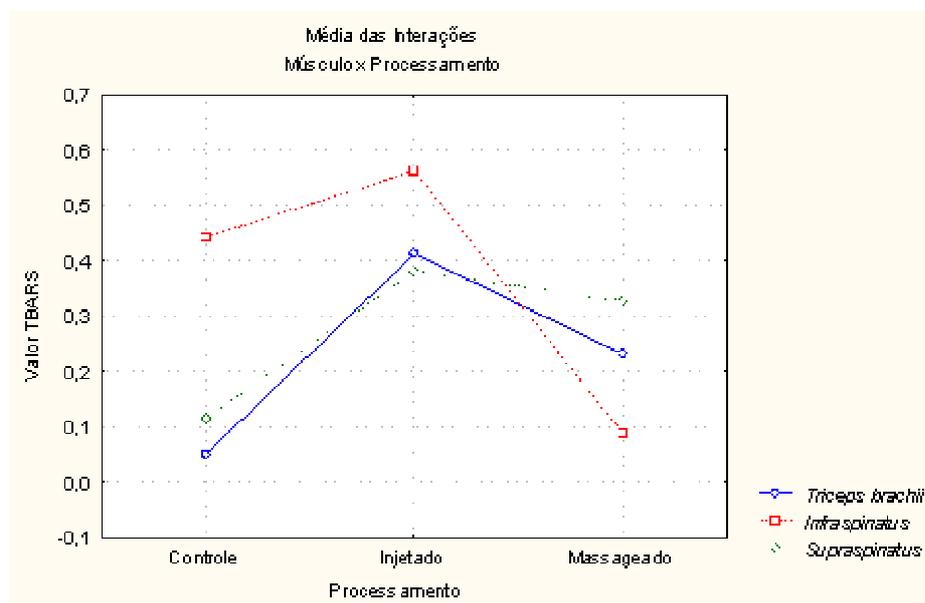


Figura 13. Interação músculo x processamento no valor TBARS da carne reestruturada grelhada.

5.7 ANÁLISE SENSORIAL DA CARNE REESTRUTURADA

Na **Tabela 13** são apresentadas as médias e desvios padrão da avaliação sensorial em relação à maciez, suculência, sabor de carne e sabor de requentado da carne reestruturada, em relação aos músculos e aos processamentos.

O tipo de músculo influenciou ($P < 0,05$) nos valores de maciez, suculência e sabor de requentado, enquanto que o processamento influenciou ($P < 0,05$) apenas na maciez da carne (**Tabela 13**).

O atributo sabor de carne não apresentou diferença significativa ($P > 0,05$) nem entre músculos nem entre os processamentos, um resultado esperado, pois a matéria prima utilizada apresentou boa qualidade e frescor.

Os mm. *Infraspinatus* e *Triceps brachii* foram considerados (**Tabela 13**) os mais macios e suculentos pelo painel sensorial treinado quando comparados ao m. *Supraspinatus* ($P < 0,05$). Os resultados de dureza e mastigabilidade instrumental estão em conformidade com os apresentados pelo perfil sensorial. Na avaliação de textura instrumental o m. *Infraspinatus* apresentou o menor valor ($P < 0,05$) quando comparado aos mm. *Triceps brachii* e *Supraspinatus* com os menores valores, porém instrumentalmente não diferiram entre si. De acordo com a escala sensorial os resultados de maciez estão entre levemente e muito macia, e os de suculência entre levemente e moderadamente a muito suculenta, ou seja, nenhum tratamento teve bifés considerados duros ou secos pelos provadores.

Os resultados sensoriais do m. *Infraspinatus* são consistentes com os relatados por MKEITH et al. (1985), RUIZ et al. (1993), SHACKELFORD, WELLER & KOOMARAIE (1995), CARMACK et al. (1995), que ordenaram de forma decrescente em relação à maciez e suculência dos músculos (m. *Infraspinatus* > m. *Triceps brachii* > m. *Supraspinatus*), porém nos resultados apresentados não foram encontrados diferenças ($P > 0,05$) entre os mm. *Infraspinatus* e *Triceps brachii*.

No trabalho de RHEE, WHEELER, SHACKELFORD, & KOOHMARAIE (2004) com 11 músculos, a avaliação sensorial constatou que os m. *Infraspinatus*, *Triceps brachii* e *Supraspinatus* diminuem a maciez geral e suculência nessa ordem.

Tabela 13. Médias e desvios-padrão dos resultados da avaliação sensorial da carne reestruturada.

	Maciez ¹	Suculência ²	Sabor de Carne ³	Sabor de Requentado ³
Músculos				
<i>Triceps brachii</i>	7,67 ^a ± 0,41	6,89 ^a ± 0,32	5,91 ^a ± 0,31	5,76 ^b ± 0,43
<i>Infraspinatus</i>	7,96 ^a ± 0,20	7,29 ^a ± 0,30	5,95 ^a ± 0,23	6,64 ^a ± 0,13
<i>Supraspinatus</i>	6,89 ^b ± 0,52	6,16 ^b ± 0,31	6,13 ^a ± 0,45	6,29 ^{ab} ± 0,18
Processamentos				
Controle	7,18 ^b ± 0,36	6,78 ^a ± 0,30	6,09 ^a ± 0,23	6,13 ^a ± 0,34
Injetado	7,33 ^b ± 0,54	6,64 ^a ± 0,31	5,84 ^a ± 0,34	6,44 ^a ± 0,25
Massageado	8,00 ^a ± 0,23	6,91 ^a ± 0,31	6,07 ^a ± 0,42	6,11 ^a ± 0,21
Interações	ns	ns	ns	ns

^{ab} Médias na mesma coluna seguidas de letras iguais não diferem ($P > 0,05$); ns: não significativo.

¹ 1= Extremamente dura, 5=nem dura, nem macia, 9= extremamente macia.

² 2= Extremamente seca, 5=nem seca, nem suculenta, 9= extremamente suculenta.

³ 1= Ausente, 5=nem forte, nem fraco, 9= extremamente forte

O processamento massageado promoveu um aumento na maciez sensorial ($P < 0,05$) quando comparado ao controle e injetado, que não diferiram ($P > 0,05$) entre si.

JEREMIAH, GIBSON, & CUNNINGHAM (1999) trabalharam com a influência da marinação em 12 músculos, e relataram que a maciez inicial e geral do produto foi melhorada significativamente, dentre eles os músculos provenientes da paleta. E este processo pode ser utilizado efetivamente para reduzir variabilidades de maciez e outras características de diversos músculos. Apenas o massageamento teve efeito ($P < 0,05$) quando comparado ao controle e injetado.

Esses dados são consistentes com os relatados por BAUBLITS et al. (2006), que relataram uma significativa interação entre tratamento e tipo de músculo (dentre eles m. *Infraspinatus*) para a avaliação sensorial de suculência.

LENON et al. (2006) constataram que os músculos injetados com sal e fosfato e reestruturados, quando comparados a músculos íntegros, foram significativamente mais macios, suculentos, e tiveram as melhores notas em relação à aceitabilidade geral, demonstrando que a injeção combinada com a reestruturação resulta em produtos aceitáveis.

Não houve diferença ($P>0,05$) entre os músculos ou entre os processamentos em relação ao sabor de carne. Diferentemente, MCKEITH et al. (1985) relataram diferenças entre os mm. *Triceps brachii* e *Supraspinatus* em relação ao sabor de carne e CARMACK et al. (1995) relataram que o m. *Supraspinatus* apresentou o menor valor de sabor de carne dentre 12 músculos avaliados. Os músculos provenientes do quarto traseiro bovino exibem maiores valores em relação à intensidade de sabor de carne, e o m. *Triceps brachii* foi classificado como de maior intensidade (CARMACK et al., 1995).

O termo sabor de requentado é explicado pelo rápido desenvolvimento de sabor de oxidado em produtos de carne. Em produtos reestruturados este processo pode ser desenvolvido durante o processo de corte por incorporação de ar (GRAY, GOMAA, & BUCKLEY, 1996). Porém no presente estudo não houve ($P>0,05$) efeito do processamento em relação ao sabor de requentado, mas houve entre os músculos ($P<0,05$). O m. *Infraspinatus* apresentou o maior valor em relação ao sabor de requentado diferindo ($P<0,05$) do m. *Triceps brachii*, porém não diferiram ($P>0,05$) do m. *Supraspinatus*. Os baixos valores de TBARS apresentados na **Tabela 12** estão de acordo com os as notas da avaliação sensorial para sabor de requentado que variou entre nem forte/nem fraco (5 na escala de nove pontos) e levemente forte (6 na escala de nove pontos), apresentando baixa intensidade deste atributo.

Na avaliação das interações músculo x processamento não houve efeito ($P>0,05$) em relação aos atributos avaliados sensorialmente, **Anexo 2 – Tabela 18**.

A carne reestruturada proveniente dos mm. *Supraspinatus* e *Triceps brachii* apresentou cor semelhante aos padrões entre 3R e 4R tendendo ao 4R (**Anexo 1 – Figura 16**), enquanto que o m. *Infraspinatus* apresentou cor comparada ao padrão 3R. Músculos bovinos íntegros apresentam cores semelhantes aos padrões 3R ou 2R (FJELKNER-MODIG & RUDÉRUS, 1983).

6. CONCLUSÕES

Os três cortes da paleta: raquete, miolo da paleta e peixinho, correspondentes aos músculos *Infraspinatus*, *Triceps brachii*, e *Supraspinatus*, avaliados neste estudo, tiveram suas características de textura melhoradas pelos pré-processamentos, tanto de injeção como de massageamento com tripolifosfato e cloreto de sódio, resultando em melhoria significativa de maciez, suculência, e umidade após a cocção da carne reestruturada com transglutaminase. A carne assim processada adquire características sensoriais apreciadas, como o desejável sabor conferido pela gordura de contrafilé, podendo ser comercializada como um produto de preparo rápido e, possivelmente, com maior valor agregado.

A transglutaminase (Activa TG-EB[®]) é efetiva no processo de ligação entre os fragmentos de carne, propriedade essa que é essencial para a textura final do produto, como se pôde constatar nas notas da análise sensorial de maciez. Todos os três músculos nos diferentes processamentos obtiveram notas para maciez superiores a moderadamente macia, e suculência acima de levemente suculento, caracterizando os bifes reestruturados como de boa qualidade sensorial.

O pré-processamento por massageamento ou injeção é efetivo no amaciamento da carne, resultando em bifes reestruturados grelhados com menores valores de dureza e mastigabilidade relativamente ao controle.

Apesar de algumas diferenças estatisticamente significantes entre as médias, os processamentos não influenciaram nas medidas de cor objetiva (L^* , a^* , b^* , índice de saturação e ângulo de tonalidade), como se pôde constatar na avaliação visual da cor dos bifes expostos em display refrigerado.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12806, Rio de Janeiro, 1993.

AKTAS, N.; KILIÇ, B. Effect of microbial transglutaminase on thermal and electrophoretic properties of ground beef. **Food Science and Technology/LWT**, v.38, p.815-819, 2005.

AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION (AMSA). Guidelines for meat color evaluation. In *Proceedings of the 44th reciprocal meat conference*. National Livestock and Meat Board, Chicago, IL, 1991, 17p.

AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION (AMSA). Research Guidelines for Cookery, Sensory Evaluation and Instrumental Tenderness Measurements of Fresh Meat. National Livestock and Meat Board, Chicago, IL, 1995, 48p.

AOAC – ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official methods of analysis. 16ed. Gaithersburg, 1998.

BAUBLITS, R. T.; POHLMAN, F. W.; BROWN, A. H.; JOHNSON, Z. B. Effects of sodium chloride, phosphate type and concentration, and pump rate on beef *biceps femoris* quality and sensory characteristics. **Meat Science**, v.70, p.205-214, 2005a.

BAUBLITS, R. T.; POHLMAN, F. W.; BROWN, A. H.; JOHNSON, Z. B. Effects of enhancement with varying phosphate type and concentrations, at two different pump rate on beef *biceps femoris* instrumental color characteristics. **Meat Science**, v.71, p.264-276, 2005b.

BAUBLITS, R.T.; POHLMAN, F.W.; BROWN JR, A.H.; YANCEY , E.J.; JOHNSON, Z.B. Impact of muscle type and sodium chloride concentration on the quality, sensory, and instrumental color characteristics of solution enhanced whole-muscle beef. **Meat Science**, v. 72, p.704–712, 2006.

BELEW, J.B.; BROOKS, J.C.; MCKENNA, D.R.; SAVELL, J.W. Warner-Bratzler shear evaluations of 40 bovine muscles. **Meat Science**, v. 64, p. 507-512, 2003.

BERNAL, W. V. W.; BERNAL, V. M.; GULLETT, E. A.; STANLEY, D. W. Sensory and objective evaluation of a restructured beef products. **Journal of Texture Studies**, v. 19, p.231-248, 1988.

BOLES, J. A.; SHAND, P. J. Effect of Comminution Method and Raw Binder System in Restructured Meat. **Meat Science**, v. 49, n° 3, p. 297-307, 1998.

BOLES, J. A.; SHAND, P. J. Effect of Raw Binder System, meat cut and prior freezing on restructured beef. **Meat Science**, v. 53, p. 233-239, 1999.

BOURNE, M. C. Texture profile analysis. **Food Technology**, Chicago, v.32, n° 2, p.62-66, 72, 1978.

BOURNE, M. C. Food texture and viscosity: concept and measurement. New York: Academic Press, 1982. 325p.

BRASIL, Agência Nacional da Vigilância Sanitária. Instrução Resolução RDC n°12 de 02 de janeiro de 2001. Aprova o regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. Disponível em: <http://e-egis.bvs.br/leisref/public/showAct.php?id=144&word=produtos%20c%c3%a1rneos>. Acessado em 15/08/2005.

BRASIL, Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Instrução Normativa n.20 de 21 de julho de 1999. Oficializa os métodos analíticos físico-químicos, para controle de produtos cárneos e seus ingredientes – sal e salmoura. Disponível em: <http://oc4j.agricultura.gov.br/agrolegis/do/consultaLei?op=viewTextual&codigo=2855>. Acessado em 15/08/2005.

BROWN, A. J.; COATES, H. E.; SPEIGHT, B. S. A photographic guide to the Muscular and skeletal anatomy of the beef carcass. Meat Research Institute, Langford - Bristol - UK, 1978. 171p.

CAINE, W. R.; AALHUS, J. L.; BEST, D. R.; DUGAN, M. E. R.; JEREMIAH, L. E. Relationship of texture profile analysis and Warner-Bratzler shear force with sensory characteristics of beef rib steaks. **Meat Science**, v.64, p.333-339, 2003.

CAMARGO, P. J. C. C. Influência da Transglutaminase (ACTIVA® TG-B) e de Parâmetros de Processo na Textura de um Reestruturado Empanado de Carne de Peru. 1999. Tese (Mestrado em Tecnologia de Alimentos). Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999.

CARMACK, C. F.; KASTNER, C. L.; DIKEMAN, M. E.; SCHWENKE, J. R.; ZEPEDA, C. M. G. Sensory evaluation of beef-flavor-intensity, tenderness, and juiciness among major muscles. **Meat Science**, v.39, p.143-147, 1995.

CHEN, C. M.; TROUT, G. R. Sensory, instrumental texture profile and cooking properties of restructured beef steaks made with various binders. **Journal of Food Science**, v.56, n° 6, p. 1457-1460, 1991.

COLMENERO, F. J.; SERRANO, A.; AYO, J.; SOLAS, M. T.; COFRADES, S.; CARBALLO, J. Physicochemical and sensory characteristics of restructured beef steak with added walnut. **Meat Science**, v.65, p.1391-1397, 2003.

COSTA, M. de R. Processamento acelerado de presunto cru com uso de transglutaminase em carne desossada: Perfis sensorial, colorimétrico e de textura em comparação com produtos tradicionais. 2005. Tese (Mestrado em Tecnologia de Alimentos). Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

DIMITRAKOPOULOU, M. A.; AMBROSIADIS, J. A.; ZETOU, F. K.; BLOUKAS, J. G. Effect of Salt and Transglutaminase (TG) level and processing conditions on quality characteristics of phosphate-free, cooked, restructured pork shoulder. **Meat Science**, v.70, p.743-749, 2005.

ELAM, A.T.; BROOKS, J.C.; MORGAN J. B.; RAY, F.K. Consumer evaluation of value added beef from the chuck and round, 2002a. Oklahoma Agricultural Experiment Station, Oklahoma State University. Disponível em: <http://www.ansi.okstate.edu/research/researchreport/>. Acessado em 29 de agosto de 2006.

ELAM, A.T.; BROOKS, J.C.; MORGAN J. B.; RAY, F.K. Shear force determination of value added beef from the chuck and round, 2002b. Oklahoma Agricultural Experiment Station, Oklahoma State University. Disponível em: <http://www.ansi.okstate.edu/research/researchreport/>. Acessado em 29 de agosto de 2006.

ELAM, A.T.; BROOKS, J.C.; MORGAN J. B.; RAY, F.K. Trained sensory evaluation of value added beef from the chuck and round, 2002c. Oklahoma Agricultural Experiment Station, Oklahoma State University. Disponível em: <http://www.ansi.okstate.edu/research/researchreport/>. Acessado em 29 de agosto de 2006.

FAUSTMAN, C., & CASSENS, R. G. The biochemical basis for discoloration in fresh meat: a review. **Journal of Muscle Foods**, v.1, 217–243, 1990.

FJELKNER-MODIG, S.; RUDÉRUS, H. The influence of exhaustion and electrical stimulation on the meat quality of young bulls: Part 2 - Physical and sensory properties. **Meat Science**, v. X, p. 203-220, 1983.

FLORES, N.C.; BOYLE, E.A.E.; KASTNER, C.L. Instrumental and consumer evaluation of pork restructured with Activa™ or with Fibrimex™ formulated with and without phosphate. **Food Science and Technology/LWT**, v. 40, p. 179-185, 2007.

GERRARD, J. A. Protein-protein crosslinking in food: methods, consequences, applications. **Trends in Food Science and Technology**, v. 13, p.391-399, 2002.

GHAVIMI, B.; ALTHEN, T. G.; ROGERS, R. W. Effects of tumbling at various speeds on some characteristics of restructured cured beef. **Journal of Food Science**, v.52, n° 3, p.543-544, 553, 1987.

GRAY, J. I.; GOMAA, E. A.; BUCKLEY, D. J. Oxidative quality and shelf-life of meats. **Meat Science**, v.43, p. 111-113, 1996.

HEDRICK, H.B., ABERLE, E.D., FORREST, J.C., JUDGE, M.D., MERKEL, R.A. Principles of Meat Science. Dubuque: Kendal/Hunt, 3 ed, 1994. 354p.

HUFFMAN, D. L.; CORDRAY, J. C. Processing Systems – Particle Reduction Systems (Grinding, Flaking, Chunking, Slicing). In: **Proceedings International Symposium of Meat Science and Technology**, Nebraska, p.229-233, 1982.

HUFFMAN, K.L.; MILLER, M.F.; HOOVER, S.C.; WU, C.K.; BRITTIN, H.C.; RAMSEY, C.B. Effect of beef tenderness on consumer satisfaction with steaks consumed in the home and restaurant. **Journal of Animal Science**, v.74, p. 91-97, 1996.

ISSANCHOU, S. Consumer expectations and perceptions of meat and meat product quality. In: **42nd International Congress of Meat Science and Technology - Meat Science**, Lillehammer – Norway, 1-6 September, v. 43, 1996.

JEREMIAH, L. E.; GIBSON, L. L.; CUNNINGHAM, B. The influence of mechanical tenderization on the palatability of certain bovine muscle. **Food Research International**, v. 32, p. 585-591, 1999).

JONES, S. J.; CALKINS, C. R.; JOHNSON, D. D.; GWARTNEY, B. L. Bovine myology. Lincoln, NE: University of Nebraska, 2005. Disponível em: <http://bonive.unl.edu>. Acessado em 09 de outubro de 2005.

KANSAS STATE UNIVERSITY. Beef color. Circular n° 398. Department of Animal Science & Industry. Manhattan, Kansas. Undated.

KILIC, B. Effect of microbial transglutaminase and sodium caseinate on quality of chicken döner kebab. **Meat Science**, v. 63, p.417-421, 2003.

KIM, S. -H.; CARPENTER, J. A.; LANIER, T. C.; WICKER, L. Polymerization of beef actomyosin induced by transglutaminase. **Journal of Food Science**, v. 58, n° 3, p.473-474, 491, 1993.

KURAIISHI, C.; SAKAMOTO, J.; YAMAZAKI, K.; SUSA, Y.; KUHARA, C.; SOEDA, T. Production of restructured meat using microbial transglutaminase without salt or cooking. **Journal of Food Science**, v. 62, n° 3, p.488-490, 515, 1997.

KURAIISHI, C.; YAMAZAKI, K.; SUSA, Y. Transglutaminase: Its utilization in the food industry. **Food Reviews International**, v.17, n° 2, p. 221-246, 2001.

KUTEMEYER, C.; FROECK, M.; WERLEIN, H.-D.; WATKINSON, B. M. The influence of salts and temperature on enzymatic activity of microbial transglutaminase. **Food Control**, v. 16, p. 735-737, 2005.

LEE, B. J.; HENDRICK, G.; CORNFORTH, D. P. Effect of sodium phytate, sodium pyrophosphate and sodium tripolyphosphate on physico-chemical on characteristics of restructured beef. **Meat Science**, v.50, n° 3, p.273-283, 1998.

LENNON, A. M.; MOON, S.S.; WARD, P.; O'NEILL, E.E.; KENNY, T. Effects of enhancement procedures on whole and re-formed beef forequarter muscles. **Meat Science**, v.72, p. 513-517, 2006.

LEMOS, A. L.da S. C. Tecnologias disponíveis para realçar a maciez da carne bovina. In: **III CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**, 2005, São Pedro-SP: CTC, ITAL, 2005. CD-ROM

MACFIE, H. J.; BRATCHELL, N. Designs to balance the effect of order of presentation and first-order carry-out effect in hall tests. **Journal of Texture Studies**, v. 4, p. 129-148, 1989.

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

MANDIGO, R. W. Processing Systems – Mixing, Temperature Control and Raw Materials. In: **Proceedings International Symposium of Meat Science and Technology**, Nebraska, p.235-243, 1982.

MCKEITH, F. K.; DEVOL, D. L.; MILES, R. S.; BECHTEL, P. J.; CARR, T. R. Chemical and sensory properties of thirteen major beef muscles. **Journal of Food Science**, v. 50, p. 869-872, 1985.

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

MILLER, M. F.; HOOVER, K. D.; COOK, K. D.; GUERRA, A. L.; HUFFMAN, K. L.; TINNEY, K. S.; RAMSEY, C. B.; BRITTIN, H. C.; HUFFMAN, L. M. Consumer acceptability of beef steak tenderness in the home and restaurant. **Journal of Food Science**, v. 60, n° 5, p. 963-965, 1995.

MOISEEV, I. V.; CORNFORTH, D. P. Sodium hydroxide and sodium tripolyphosphate effects on bind strength and sensory characteristics of restructured beef rolls. **Meat Science**, v.45, p.53-60, 1997.

MOLINA, M.E.; JOHNSON, D.D.; WEST, R.L.; GWARTNEY, B.I. Enhancing palatability traits in beef chuck muscles. **Meat Science**, v. 71, p.52-61, 2005.

MOTOKI. M.; KUMAZAWA, Y. Recent research trends in Transglutaminase technology for food processing – Review. **Food Science Technology Research**, v.6, n° 3, p.151-160, 2000.

MOTOKI. M.; SEGURO, K. Transglutaminase and its use for food processing - Review. **Trends in Food Science and Technology**, v.9, p.204-201, 1998.

NIELSEN, G. S.; PETERSEN, B. R.; MØLLER, A. J. Impact of Salt, Phosphate, and temperature on the Effect of Transglutaminase (F XIIIa) on the Texture of Restructured Meat. **Meat Science**, v. 41, n° 3, p. 293-299, 1995.

OFFER, G.; TRINICK, J. On the Mechanism of Water Holding in Meat: The Swelling and Shrinking of Myofibrils. **Meat Science**, v.8, p.245-281, 1983.

OFFER, G.; KNIGHT, P. The structural basis of water-holding in meat. Part 1: general principles and water uptake in meat processing. In R. Lawrie (ed.), **Development in meat science**, v. 4, p. 63-171, 1988.

OHTSUKA, T.; UMEZAWA, Y.; NHIO, N.; KUBOTA, K. Comparison of deamidation activity of transglutaminases. **Journal of Food Science**, v.66, p.25-29, 2001.

OLIVEIRA, A. de L.; FELÍCIO, P. E. de; MANZANO, A. Efeito do peso de abate nas características e rendimentos das carcaças de novilhos Nelore e cruzados Canchim-nelore. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 16, n° 2, p. 130-136, 1996.

OLIVO, R. Carne PSE em frangos.1999. Tese (Doutorado). Faculdade de Ciências Farmacêutica – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

OSAWA, C. C.; FELÍCIO, P. E. de; GONÇALVES, L. A. G. Teste de TBA aplicado a carnes e derivados: métodos tradicionais, modificados e alternativos. **Química Nova**, V. XY, p.1-9, 2005.

PEARSON, A.M.; DUTSON, T.R. Restructured Meat and Poultry Products. **Advances in Meat Research V.3**. Westport, Connecticut: AVI Publishing Co., 1987, 519p.

PEARSON, A.M.; DUTSON, T.R. Quality Attributes and Their Measurement in Meat, Poultry and Fish Products. **Advances in Meat Research V.9**. Gaithersburg, Maryland: Aspen Publishers, Inc. p.184-199, p.250-278, p. 289-311, 1999.

PENFIELD, M. P.; SWANSON, R. B.; MITCHELL, D. S.; REIMANN, M. J.; DORKO, C. L. Restructured reindeer steaks: effect of flake size, phosphate, and salt on sensory properties. **Journal of Food Science**, v.57, n° 1, p.252-253, 255,1992.

PIETRASIK, Z.; LI-CHAN, E.C.Y. Binding and textural properties of beef gels as affected by protein, k-carrageenan and microbial transglutaminase addition. **Food Research international**, v.35, p.91-98, 2002.

PIETRASIK, Z.; SHAND, P.J. The effect of quantity and trimming of brine addition on water binding and textural characteristics of cooked beef rolls. **Meat Science**, v.65, p.771-778, 2003.

PEIXOTO, M. R. S. Carne suína reestruturada pré-cozida e congelada: efeito dos métodos de congelamento, redução de gordura e substituição de pernil por paleta suína. 1996 Tese

(Mestrado em Tecnologia de Alimentos). Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1996.

RAHARJO, S.; DEXTER, D. R.; WORFEL, R. C.; SOFOS, J. N.; SOLOMON, M. B.; SHULTS, G. W.; SCHMIDT, G. R. Quality characteristics of restructured beef steaks manufactured by various techniques. **Journal of Food Science**, v.60, n° 1, p.68-71, 1995.

RAMÍREZ, J.; URESTI, R.; TÉLLEZ, S.; VÁZQUEZ, M. A. Using salt and microbial transglutaminase as binding agents in restructured fish products resembling hams. **Journal Food Science**, v.67, n° 5, p.1778-1784, 2002.

RASHCHI, F.; FINCH, J. A. Polyphosphate: a review. Their chemistry and application with particular reference to mineral processing. **Minerals Engineering**, v.13, n° 10-11, p.1019-1035, 2000.

RHEE, M. S.; WHEELER, T. L.; SHACKELFORD, S. D.; KOOHMARAIE, M. Variation in palatability and biochemical traits within and among eleven beef muscles. **Journal of Animal Science**, v. 82, n°2, p. 534-550, 2004.

RIVISK, E. Sensory properties and preferences. **Meat Science**, v.36, p. 67-77,1994.

ROBBINS, K.; JENSEN, J.; RYAN, K. J.; HOMCO-RYAN, C.; MCKEITH, F. K.; BREWER, M. S. Consumer attitudes towards beef and acceptability of enhanced beef. **Meat Science**, v. 65, p. 721-729, 2003.

ROSENTHAL, A. J. Textura de los alimentos: medidas y percepciones. Zaragoza, Acribia, 2001. 299p.

RUIZ, C.F.; HIGGINBOTHAM, D.A.; CARPENTER, J.A.; RESURRECCION, A.V.A.; LANIER, T.C. Use of chuck muscle and their acceptability in restructured beef/surimi steaks. **Journal Animal Science**, v. 71, p. 2654-2658, 1993.

SAVAGE, A. W. J.; DONNELLY, S. M.; JOLLEY, P. D.; PURSLOW, P. P.; NUTE, G. R. The influence of varying degrees of adhesion as determined by mechanical tests on the sensory and consumer acceptance of a meat product. **Meat Science**, v. 28, p.141-158, 1990.

SCHAAKE, S. L.; MEANS, W. J.; MOODY, W. G.; BOYLE, E. A.; AARON, D. K. Boning methods and binders affect bind and sensory characteristics of structured beef. **Journal of Food Science**, v.58, n° 6, p.1231-1236, 1993.

SEIDEMAN, S. C. Utilization of Meat and Non-Meat Replacements in Restructured Products. In: **Proceedings International Symposium of Meat Science and Technology**, Nebraska, p.245-254, 1982.

SEIDEMAN, S. C.; DURLAND, P. R. Restructured red meat products: in review. **Journal of Food Quality**, Westport, v. 6, p. 81-101, 1983.

SEIDEMAN, S. C.; CROSS, H. R.; SMITH, G. C.; DURLAND, P. R. Factors associated with fresh meat color - A Review. **Journal Food Quality**, v.6, p.211-237, 1984.

SERRANO, A.; COFRADES, S.; COLMENERO, F. J. Transglutaminase as Binding in Fresh Restructured Beef Steak with added Walnut. **Food Chemistry**, v.85, p.423-429, 2004.

SHACKELFORD, S. D.; WHEELER, T. L.; KOOHMARAIE, M. Relationship between shear force and trained sensory panel tenderness ratings of 10 major muscles from *bos indicus* and *bos taurus* cattle. **Journal of Anim Science**, v.73, p. 3333-3340, 1995.

SHACKELFORD, S.D.; WHEELER, T.L.; KOOHMARAIE, M. Slice shear force protocol for longissimus, 2003. **USDA – ARS U.S. Meat Animal Research Center**, disponível em: www.marc.usda.gov.htm acessado em 30/08/2006.

SHAO, C. H.; AVENS, J. S.; SCHMIDT, G. R.; MAGA, J. A. Functional, sensory, and microbiological properties of restructured beef and emu steaks. **Journal of Food Science**, v. 64, n° 6, 1999.

SHEARD, P. R.; NUTE, G. R.; CHAPPELL, A. G. The effect of cooking on the chemical composition of meat products with special reference to fat loss. **Meat Science**, v. 49, n° 2, p.175-191, 1998.

SMITH, J. J. Functionality of Ingredients in Restructured Products. In: **Proceedings International Symposium of Meat Science and Technology**, Nebraska, p.255-264, 1982.

STATSOFT, Inc. STATISTICA for Windows [Computer program manual]. Tulsa, OK: StatSoft, Inc., 2300. East 14th Street, Tulsa, 1995.

STONE, H., SIDEL, J. L.; OLIVER, S.; WOOLSEY, A.; SINGLETON, R. C. Sensory evaluation by quantitative descriptive analysis. **Food Technology**, v. 28, n°11, p. 24-34, 1974.

STONE, H., SIDEL, J. L. **Sensory evaluation practices**. New York: Academic Press, 1993. 2ed., 338p.

SZCZESNIAKI, A. S. Classification of textural characteristics. **Journal of Food Science**, v. 28, p. 385-389, 1963.

SZCZESNIAKI, A. S.; TORGESON, K.W. Methods of meat texture measurement viewed from background of factors affecting tenderness. In C.O. Chichester, E. M. Mrak, & G. F. Stewart (eds.), **Advances in food research** v.14. New York and London: Academic press, p. 33-165, 1965.

TÉLLEZ-LUIS, S.; URESTIS, R. M.; RAMÍREZ, J. A.; VÁZQUEZ, M. Low-salt restructured fish products using microbial transglutaminase as binding agent. **Journal of the Science of Food and Agriculture** v.82, p.953-959, 2002.

TORRESCANO, G.; SÁNCHEZ-ESCALANTE, A.; GIMÉNEZ, B.; ROCÁLES, P.; BELTRÁN, J. A. Shear values of raw samples of 14 bovine muscles and their relation to muscle collagen characteristics. **Meat Science**, v.64, p.85-91, 2003.

TROUT, G. R.; SCHIMIDT, G. R. Effect of phosphate type and concentration, salt level and method of preparation on binding in restructured beef rolls. **Journal of Food Science**, v.49, p.687-694, 1984.

ÜNAL, S. B.; ERDOĞDU, F.; EKİZ, H.; ÖZDEMİR, Y. Experimental theory and fundamentals for phosphate diffusion in meat. **Journal of Food Engineering**, v.65, p.263-272, 2004.

UNITED NATIONS. **UN/ECE Standard:** Section 3 – Bovine carcass and cuts descriptions. Brisbane: Aus-Meat Limited, 2001. 48p.

VON SEGGERN, D. D.; CALKINS, C. R.; JOHNSON, D. D.; BRICKLER, J. E.; GWARTNEY, B. L. Muscle profiling: Characterization the muscles of the beef chuck and round. **Meat Science**, v.71, p.39-51, 2005.

XIONG, Y. L. Role of myofibrillar proteins in water-binding in brine-enhanced meats. **Food Research International**, v.38, p.281-287, 2005.

YOKOYAMA, K.; NIO, N.; KIKUCHI, Y. Properties and applications of microbial transglutaminase – mini review. **Appl Microbiol Biotechnol**, v. 64, p.447-454, 2004.

WESTPHALEN, A. D.; BRIGGS, J. L.; LONERGAN, S. M. Influence of pH on rheological properties of porcine myofibrillar protein during heat induced gelation. **Meat Science**, v.70, p.293-299, 2005.

ZIMOCH, J.; GULLET, E. A. Temporal aspects of perception of juiciness and tenderness of beef. **Food Quality and Preference**, v. 8, n° 3, p. 203-211, 1997.

ANEXOS 1

Nome: _____ Sexo () F () M Data: __/__/2006

Por favor, prove as amostras e avalie quanto à maciez, suculência e sabor de acordo com as escalas.

Maciez

9	Extremamente macia
8	Muito macia
7	Moderadamente macia
6	Levemente macia
5	Nem dura / nem macia
4	Levemente dura
3	Moderadamente dura
2	Muito dura
1	Extremamente dura

Amostra	Valor

Comentários: _____

Suculência

9	Extremamente suculenta
8	Muito suculenta
7	Moderadamente suculenta
6	Levemente suculenta
5	Nem suculenta / nem seca
4	Levemente seca
3	Moderadamente seca
2	Muito seca
1	Extremamente seca

Amostra	Valor

Comentários: _____

Sabor Característico de carne

9	Extremamente forte
8	Muito forte
7	Moderadamente forte
6	Levemente forte
5	Nem forte / nem fraco
4	Levemente fraco
3	Moderadamente fraco
2	Muito fraco
1	ausente

Amostra	Valor

Comentários: _____

Sabor Requentado

9	Extremamente forte
8	Muito forte
7	Moderadamente forte
6	Levemente forte
5	Nem forte / nem fraco
4	Levemente fraco
3	Moderadamente fraco
2	Muito fraco
1	ausente

Amostra	Valor

Comentários: _____

Figura 14. Ficha da análise sensorial da carne reestruturada.

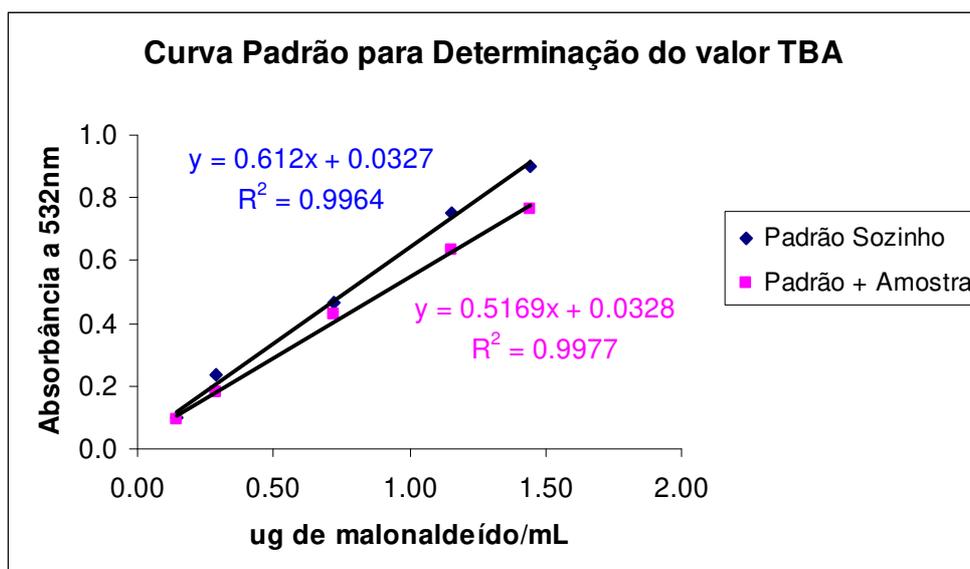


Figura 17. Curva padrão para determinação do valor TBA.

ANEXOS 2

Tabela 14. Valores de F e respectivos níveis de significância (p) associados ao teste ANOVA dos efeitos dos músculos e processamentos sobre a composição centesimal e pH da carne reestruturada crua.

	Efeitos principais					
	Músculos		Processamentos		Músculos x Processamentos	
	F	p	F	p	F	p
Umidade	2,60	0,09	5,96	<0,01	76,09	<0,01
Lipídios	12,94	<0,01	3,55	<0,05	3,26	<0,05
Proteínas	10,36	<0,01	4,50	<0,05	0,83	0,52
Cinzas	0,14	0,87	13,05	<0,01	2,86	0,53
pH	55,23	<0,01	0,55	0,58	8,06	<0,01

Tabela 15. Valores de F e respectivos níveis de significância (p) associados ao teste ANOVA dos efeitos dos músculos e processamentos sobre a composição centesimal e perdas de peso durante a cocção (PPC) da carne reestruturada grelhada.

	Efeitos principais					
	Músculos		Processamentos		Músculos x Processamentos	
	F	p	F	p	F	p
Umidade	0,86	0,53	24,73	<0,01	54,22	<0,01
Lipídios	2,54	0,10	3,91	<0,05	64,45	<0,01
Cinzas	0,28	0,76	9,66	<0,01	26,33	<0,01
PPC	4,77	<0,05	13,64	<0,01	1,57	0,20

Tabela 16. Valores de F e respectivos níveis de significância (p) associados ao teste ANOVA dos efeitos dos músculos e processamentos sobre as variáveis de textura instrumental da carne reestruturada.

	Efeitos principais					
	Músculos		Processamentos		Músculos x Processamentos	
	F	p	F	p	F	p
Dureza	22,15	<0,01	11,64	<0,01	0,06	0,99
Elasticidade	1,70	0,19	0,14	0,87	0,67	0,61
Coesividade	6,38	<0,01	19,15	<0,01	1,63	0,18
Mastigabilidade	18,83	<0,01	20,07	<0,01	1,64	0,17
Força	37,66	<0,01	2,89	0,06	0,69	0,61
Cisalhamento						

Tabela 17. Valores de F e respectivos níveis de significância (p) associados ao teste ANOVA dos efeitos dos músculos e processamentos sobre a cor instrumental e valor TBARS da carne reestruturada.

	Efeitos principais					
	Músculos		Processamentos		Músculos x Processamentos	
	F	p	F	p	F	p
L*	11,18	<0,01	0,10	0,90	2,68	0,06
a*	1,27	0,30	3,27	<0,05	0,74	0,57
b*	12,25	<0,01	1,18	0,32	1,25	0,32
Índice saturação	3,22	0,06	2,16	0,14	0,49	0,74
Ângulo de tonalidade	4,59	<0,05	2,33	0,12	0,94	0,46
TBARS	1,40	0,26	9,90	<0,01	62,79	<0,01

Tabela 18. Valores de F e respectivos níveis de significância (p) associados ao teste ANOVA dos efeitos dos músculos e processamentos sobre os parâmetros de avaliação sensorial.

Efeitos principais						
Músculos			Processamentos		Músculos x Processamentos	
	F	p	F	p	F	p
Maciez	16,38	<0,01	9,40	<0,01	0,97	0,43
Suculência	18,95	<0,01	0,80	0,45	0,84	0,50
Sabor de carne	0,88	0,41	1,17	0,31	0,25	0,91
Sabor de requentado	6,01	<0,05	0,97	0,38	0,49	0,74