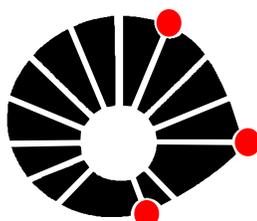


UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS



UNICAMP

**EFEITO DA FIBRA DE COLÁGENO NA QUALIDADE FUNCIONAL
DE “COOKED FROZEN BEEF”**

Rachel V. C. C. Bueno
Engenheira de Alimentos

Prof.Dr. Pedro Eduardo de Felício

Orientador

Dissertação apresentada à Faculdade de
Engenharia de Alimentos para a obtenção do
título de Mestre em Tecnologia de Alimentos

CAMPINAS – SP

2008

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA FEA – UNICAMP

Bueno, Rachel Virgínia Carvalho de Campos

B862e Efeito da fibra de colágeno na qualidade funcional de “Cooked frozen beef” / Rachel Virgínia Carvalho de Campos Bueno. -- Campinas, SP: [s.n.], 2008.

Orientador: Pedro Eduardo de Felício

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos

1. Fibra de colágeno. 2. Carne cozida. 3. Capacidade de retenção de água. 4. Força de cisalhamento. 5. Análise do perfil de textura.

I. Felício, Pedro Eduardo de. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos. III. Título.

(cars/fea)

Titulo em inglês: Effects of collagen fiber on the meat quality functional attributes of cooked frozen beef

Palavras-chave em inglês (Keywords): Collagen fiber, Cooked beef, Water hold capacity, Shear force, Texture profile analysis

Titulação: Mestre em Tecnologia de Alimentos

Banca examinadora: Pedro Eduardo de Felício

Marise Aparecida Rodrigues Pollonio

Marco Antonio Trindade

Programa de Pós Graduação: Programa em Tecnologia de Alimentos

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Pedro Eduardo de Felício
FEA / DTA – UNICAMP
orientador

Prof. Dra. Marise A. R. Pollonio
FEA / DTA – UNICAMP
Membro

Prof. Dr. Marco Antonio Trindade
FZEA / DEA - USP
Membro

AGRADECIMENTOS

Ao nosso Criador e Senhor de todas as coisas do mundo, que me conduziu em todos os momentos assegurando a conclusão deste trabalho.

Ao meu marido e minha filha que me apoiaram e incentivaram em todas as etapas.

Aos meus familiares, em especial à Yara, cujo suporte foi fundamental.

A UNICAMP, em especial a Faculdade de Engenharia de Alimentos e ao Departamento de Tecnologia de Alimentos, que me acolhe desde 1980.

Ao Professor e orientador Pedro Eduardo de Felício pelo conhecimento e experiência profissional passada ao longo dos anos como professor e pesquisador, que muito me honrou com sua orientação.

A Beatriz Clark, que acreditou na seriedade desta pesquisa, oferecendo as matérias primas e as condições técnicas operacionais para a realização deste projeto.

Ao Sílvio Sertório, que acompanhou a formação embrionária deste trabalho e viabilizou a utilização das instalações da Planta Piloto do Frigorífico Bertin em Lins, SP para a realização do processamento experimental.

A Marisa C. Santos e ao Ronaldo Bortoloti, que colaboraram nas etapas experimentais de injeção e cozimento.

Ao Douglas Ramos, que me ajudou na preparação das amostras para as análises instrumentais.

Ao João Paulo M. M. Almeida e Paulo R. C. Porto, pelo auxílio na tradução do resumo para o inglês.

A Renata Celeghini, pelos treinamentos e ensinamentos técnicos de instrumentação no uso dos recursos do TAX-T2i.

Ao Sérgio Pflanzer e a Marina Costa, pela ajuda na formatação final do texto.

A todos os colegas e funcionários do DTA/FEA/UNICAMP, em especial aos técnicos do Laboratório de Carnes, José Roberto e Judite, pela amizade e companheirismo.

Aos membros da banca examinadora, Marise A. R. Pollonio, Marco Antonio Trindade e Maria Raquel Manhani pelo tempo dedicado na avaliação deste trabalho e pelas valiosas sugestões, que enriqueceram o mesmo, bem como contribuíram imensamente para o meu aprimoramento técnico.

A todos os que, direta ou indiretamente, colaboraram para a realização e conclusão deste trabalho.

Meu sincero agradecimento.

“Viver é como andar de bicicleta;
para manter o equilíbrio é preciso
continuar em movimento”.

“Albert Einstein”

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO.....	1
2	OBJETIVOS	8
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
3.1	Carne Cozida Congelada	11
3.1.1	Processamento térmico da carne	12
3.1.2	Processo Industrial de fabricação de Carne Cozida Congelada.....	13
3.2	Colágeno Intramuscular e Qualidade Sensorial da Carne.....	16
3.2.1	Maturação.....	17
3.2.2	Marinação.....	19
3.3	Colágeno como ingrediente e Qualidade Funcional da Carne	21
4	MATERIAL E MÉTODOS	22
4.1	Matérias - primas	22
4.1.1	Fibra de Colágeno	22
4.1.2	Carne dos músculos Tríceps braquial e Peitoral profundo	23
4.2	Processamento.....	23
4.2.1	Fluxograma de Processo.....	25
4.3	Análises físico-químicas	26
4.3.1	Análises físico- químicas antes da injeção	26
4.3.2	Análises físico-químicas após a injeção	27
4.3.3	Análises físico-químicas após a cocção	27
4.4	Análises Microbiológicas	28
4.5	Planejamento experimental e análise estatística.....	29
4.6	Ensaio Experimentais	29
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
5.1	Composição Centesimal.....	32
5.2	Análises Microbiológicas	33
5.3	Rendimento do Processo	33
5.3.1	Resultados do rendimento para o m. Peitoral profundo.....	33
5.3.2	Resultados do rendimento para o m. Tríceps braquial	39

5.3.3	Comparação entre os músculos: Tríceps braquial e Peitoral profundo frente ao rendimento do processo.....	43
5.4	Capacidade de Retenção de Água.....	44
5.4.1	Respostas do m. Peitoral profundo quanto a CRA.....	44
5.4.2	Respostas do m. Tríceps braquial quanto a CRA.....	48
5.4.3	Comparação entre o m. Peitoral profundo e m. Tríceps braquial quanto a capacidade de retenção de água.....	53
5.5	Força de Cisalhamento.....	55
5.5.1	Resultados de força de cisalhamento para o m. Peitoral profundo.....	56
5.5.2	Resultados da força de cisalhamento para o m. Tríceps braquial.....	57
5.5.3	Comparação entre as respostas de força de cisalhamento do m. Peitoral profundo e do m. Tríceps braquial.....	60
5.6	Análise do Perfil de Textura (TPA).....	62
5.6.1	Dureza para o m. Peitoral profundo.....	62
5.6.2	Dureza para o m. Tríceps braquial.....	66
5.6.3	Comparação entre o comportamento dos músculos: Peitoral profundo e Tríceps braquial frente à dureza.....	69
5.6.4	Mastigabilidade.....	71
6	CONCLUSÕES.....	72
7	ANEXOS.....	81
7.1	Anexo 1. Especificações Técnicas da Fibra Natural de Colágeno NOVAPRO®.....	81
7.2	Anexo 2. Ilustração do Fluxograma de Processo.....	82
7.3	Anexo 3. Capacidade de retenção de água (CRA).....	87
7.4	Anexo 4. Maciez objetiva ou Força de Cisalhamento.....	88
7.5	Anexo 5. Análise do perfil de textura (TPA).....	90

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Evolução da produção mundial de carne bovina. Fonte: USDA, 2008. ...	2
Figura 2. Evolução dos principais exportadores de carne bovina.....	2
Figura 3. Total das Exportações Brasileiras de Carne Bovina. Fonte: ABIEC, 2008	3
Figura 4. Fluxograma para o processamento experimental.....	25
Figura 5. Padrão de resposta dos músculos: Peitoral profundo e Tríceps braquial quanto ao rendimento do processo.....	34
Figura 6. Superfície de resposta do m. Peitoral profundo quanto ao rendimento do processo, variando-se o teor de fibra de colágeno e tripolifosfato e mantendo o nível de injeção em 20%.	37
Figura 7. Superfície de resposta do m. Peitoral profundo quanto ao rendimento do processo, variando-se o teor de fibra de colágeno e tripolifosfato e mantendo o nível de injeção em 26%.	38
Figura 8. Superfície de resposta do m. Peitoral profundo quanto ao rendimento do processo, variando-se o teor de fibra de colágeno e tripolifosfato e mantendo o nível de injeção em 14%.	38
Figura 9. Superfície de resposta do m. Tríceps braquial quanto ao rendimento do processo, variando-se o teor de fibra de colágeno e tripolifosfato e mantendo o nível de injeção em 20%.	42
Figura 10. Superfície de resposta do m. Tríceps braquial quanto ao rendimento do processo, variando-se o teor de fibra de colágeno e tripolifosfato e mantendo o nível de injeção em 26%.	42
Figura 11. Superfície de resposta do m. Tríceps braquial quanto ao rendimento do processo, variando-se o teor de fibra de colágeno e tripolifosfato e mantendo o nível de injeção em 14%.	43
Figura 12. Resposta de CRA para o Peitoral profundo, variando-se o nível de injeção e o teor de fibra e mantendo o nível de TPF no valor médio (TPF= 0,20%).....	47
Figura 13. Resposta de CRA para o Peitoral profundo, variando-se o nível de injeção de fibra e mantendo o nível de TPF no valor mínimo (TPF= 0,08%).	47
Figura 14. Resposta de CRA para o Peitoral profundo, variando-se o nível de injeção e de fibra e mantendo o nível de TPF no valor máximo (TPF= 0,32%)	48
Figura 15. Resposta de CRA para o Tríceps braquial, variando-se o nível de injeção e de fibra e mantendo o nível de TPF no valor médio (TPF= 0,20%)	51

Figura 16. Resposta de CRA para o Tríceps braquial, variando-se o nível de injeção e de fibra e mantendo o nível de TPF no valor mínimo (TPF= 0,08%)	51
Figura 17. Resposta de CRA para o Tríceps braquial, variando-se o nível de injeção e de fibra e mantendo o nível de TPF no valor máximo (TPF= 0,32%)	52
Figura 18. Desempenho na CRA dos músculos Peitoral profundo e Tríceps braquial nas formulações estudadas.....	53
Figura 19. Acréscimo na CRA frente às formulações dos ensaios para os músculos Tríceps braquial e Peitoral profundo.	53
Figura 20. Resposta de força de cisalhamento para o Tríceps braquial, variando-se o nível de injeção e o TPF e mantendo a fibra de colágeno em 0,14%	59
Figura 21. Resposta de força de cisalhamento para o Tríceps braquial, variando-se o nível de injeção e o TPF e mantendo a fibra de colágeno em 0,20%	59
Figura 22. Resposta de força de cisalhamento para o Tríceps braquial, variando-se o nível de injeção e o TPF e mantendo a fibra de colágeno em 0,26%	60
Figura 23. Comportamento dos músculos: Peitoral profundo e Tríceps braquial quanto a média de Força de Cisalhamento nos ensaios analisados.....	61
Figura 24. Comportamento quanto à força de cisalhamento do m. Peitoral profundo e do m. Tríceps braquial frente aos ensaios repetidos com as variáveis fixadas nos pontos centrais do processo.	62
Figura 25. Resposta de dureza para o m. Peitoral profundo, variando-se o TPF e da fibra de colágeno e mantendo o nível em 20%	65
Figura 26. Resposta de dureza para o m. Peitoral profundo, variando-se o TPF e da fibra de colágeno e mantendo o nível em 26%	65
Figura 27. Resposta de dureza para o m. Peitoral profundo, variando-se o TPF e da fibra de colágeno e mantendo o nível em 14%	66
Figura 28. Resposta de dureza para o m. Tríceps braquial, variando-se o TPF e da fibra de colágeno e mantendo o nível de injeção em 20%.....	68
Figura 29. Resposta de dureza para o m. Tríceps braquial, variando-se o TPF e da fibra de colágeno e mantendo o nível de injeção em 26%.....	68
Figura 30. Resposta de dureza para o m. Tríceps braquial, variando-se o TPF e da fibra de colágeno e mantendo o nível de injeção em 14%.....	69
Figura 31. Comportamento dos músculos: Peitoral profundo e Tríceps braquial nos ensaios repetidos no ponto central do processo.	70
Figura 32 Respostas de dureza do m. Peitoral profundo e m. Tríceps braquial frente às formulações experimentais.....	71

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Delineamento experimental codificado para tripolifosfato de sódio (TPF), fibra de colágeno (FIBRA) e nível de injeção da solução (NÍVEL).....	30
Tabela 2. Condições experimentais na formulação da salmoura para tripolifosfato de sódio, fibra de colágeno e nível de injeção da solução.	31
Tabela 3. Composição centesimal média das amostras dos cortes <i>in natura</i> em % (antes da injeção).....	32
Tabela 4. Composição centesimal média das amostras dos cortes injetados em %.	32
Tabela 5. Análise Microbiológica das amostras dos cortes <i>in natura</i> em UFC/g (antes da injeção).....	33
Tabela 6. Análise Microbiológica das amostras dos cortes injetados, cozidos e drenados em UFC/g.	33
Tabela 7. Rendimento Total; % de Perdas por estocagem e cocção do músculo Peitoral profundo.....	35
Tabela 8. Resposta do m. Peitoral profundo frente aos ensaios repetidos com as variáveis fixadas nos pontos centrais do processo.	35
Tabela 9. Coeficientes de regressão para o rendimento do m. Peitoral profundo.	36
Tabela 10. Análise de variância para o rendimento do m. Peitoral profundo.....	36
Tabela 11. Resposta do m. Tríceps braquial frente aos ensaios repetidos com as variáveis fixadas nos pontos centrais do processo.	39
Tabela 12. Rendimento Total; % de perdas por estocagem e cocção do m. Tríceps braquial.	40
Tabela 13. Coeficientes de regressão para o rendimento do m. Tríceps braquial.	40
Tabela 14. Análise de variância para o rendimento do m. Tríceps braquial.....	41
Tabela 15. Capacidade de retenção de água (%) do m. Peitoral profundo antes e depois da injeção e variação do processo.	45
Tabela 16. Coeficientes de regressão para capacidade de retenção de água nos ensaios com o m. Peitoral profundo.....	46
Tabela 17. Análise de variância para capacidade de retenção de água nos ensaios com o músculo Peitoral profundo.....	46
Tabela 18. Capacidade de retenção de água (%) do m. Tríceps braquial antes e depois da injeção e variação do processo.	49
Tabela 19. Coeficientes de regressão para capacidade de retenção de água nos ensaios com o músculo Tríceps braquial.	50

Tabela 20. Análise de variância para capacidade de retenção de água nos ensaios com o músculo Tríceps braquial.....	50
Tabela 21. Força de cisalhamento média (N) para cada ensaio nos músculos: Peitoral profundo e Tríceps braquial.	55
Tabela 22. Coeficientes de regressão para Força de cisalhamento.(N) nos ensaios com o m. Peitoral profundo.	56
Tabela 23. Análise de variância para a força de cisalhamento nos ensaios com o m. P. profundo.....	57
Tabela 24. Coeficientes de regressão para Força de cisalhamento (N).nos ensaios com o m. T. braquial.....	58
Tabela 25. Análise de variância para Força de cisalhamento.nos ensaios com o m. T. braquial.	58
Tabela 26. Comportamento quanto a força de cisalhamento do m. Peitoral profundo e do m. Tríceps braquial frente aos ensaios repetidos com as variáveis fixadas nos pontos centrais do processo.	61
Tabela 27. Respostas em relação à dureza nos ensaios com o m. Peitoral profundo e m.Tríceps braquial.	63
Tabela 28. Coeficientes de regressão para dureza (N) nos ensaios com o m. Peitoral profundo.....	64
Tabela 29. Análise de variância para dureza nos ensaios com o m. Peitoral profundo	64
Tabela 30. Coeficientes de regressão para dureza (N) nos ensaios com o m. T. braquial.	67
Tabela 31. Análise de variância para dureza nos ensaios com o m. T. braquial ..	67
Tabela 32. Comportamento dos músculos: Peitoral profundo e Tríceps braquial nos ensaios repetidos no ponto central do processo.	70

RESUMO

Este trabalho visou avaliar o comportamento funcional dos produtos resultantes das interações entre a fibra de colágeno e as fibras musculares em dois cortes do quarto dianteiro bovino, formados pelos músculos Tríceps braquial e Peitoral profundo. A formulação base da salmoura era constituída por uma solução aquosa de cloreto de sódio (NaCl) fixada em 1,0% de concentração. Variou-se a concentração de tripolifosfato de sódio (TPF) ao máximo de 0,4%; o nível de solução injetada entre 10% e 30% e a concentração da fibra de colágeno a ser adicionada em cada um dos níveis injetados entre 0,1% e 0,3% no produto final. Esta concentração respeita as recomendações do fabricante, que estabelece em 1% o limite máximo de fibra de colágeno no produto final porque tem início a percepção sensorial do sabor e aroma característico de colágeno, indesejável ao consumidor. A amostra padrão consistiu do corte de referência injetado nos níveis estipulados com salmoura constituída somente por uma solução de NaCl a 1%. Para avaliar a qualidade funcional dos cortes utilizados foram efetuadas as análises de pH, capacidade de retenção de água, composição centesimal e teor de colágeno total, em etapa anterior à injeção. As análises microbiológicas seguiram o padrão exigido pela ANVISA na RDC nº. 12, de 12 de janeiro de 2001. Os cortes injetados foram embalados a vácuo e permaneceram em repouso por 24 horas a 4 °C. Após este período analisou-se a capacidade de retenção de água (CRA) e as perdas durante esta estocagem, só então, passaram pelo processo de cocção industrial usado para a fabricação de “Cooked Frozen Beef” (CFB), permanecendo estocados em câmaras a -20 °C durante o período de realização das análises. Para verificar o comportamento funcional, as amostras foram avaliadas quanto a sua maciez objetiva (força de cisalhamento), análise do perfil de textura (TPA), perdas na estocagem e na cocção, bem como o rendimento do processo. Os resultados obtidos foram avaliados através da análise de superfície de resposta. O rendimento do processo foi beneficiado pela presença da fibra de colágeno na formulação injetada, porém, para os dois cortes estudados, este

aumento foi inversamente proporcional ao nível de injeção aplicado. A adição da fibra de colágeno na formulação injetada atuou favoravelmente ao acréscimo da capacidade de retenção de água, para os dois cortes musculares estudados, independentemente da presença de tripolifosfato de sódio na formulação, desde que a taxa de injeção fosse mantida em valores menores de 20%. Teores maiores que 0,14% da fibra de colágeno na formulação injetada promoveram um aumento acentuado nos valores de força de cisalhamento observados no m. Tríceps braquial. O m. Peitoral profundo apresentou valores relativamente mais altos de força de cisalhamento que os observados para o m. Tríceps braquial. As diferenças de comportamento entre os cortes musculares merecem estudo posterior. A análise do perfil de textura não apresentou respostas confiáveis nas condições deste trabalho. Esta observação pode ser um reflexo do próprio delineamento experimental proposto, mas existe a possibilidade de ser atribuída às inúmeras variáveis envolvidas no processo.

Palavras-chave: fibra de colágeno, carne cozida congelada, injeção em carnes, capacidade de retenção de água, força de cisalhamento e análise do perfil de textura.

ABSTRACT

This project evaluated the functional behavior of the resulting products of the interactions between collagen fibers and muscular fibers in two boneless cut of bovine forequarter: Brisket and Clod, *Pectoralis profundus* and *Triceps brachii* muscles, respectively. The base of the enhance formulation was 1.0 % aqueous solution of sodium chloride (NaCl). The TPF concentration was varied to a maximum of 0.4%, the level of injected solution was varied between 10% and 30%, and the concentration of collagen fibers to be added in each of the injected levels was varied between 0.1%, and 0.3% in the final product. This variation is in accordance with the manufacturer's recommendation of a maximum of 1% collagen fiber in the final product. This limit is set because the characteristic flavor of collagen is undesirable to the consumer. The main sample was the reference cut injected at the specified levels with the standard brine solution made only by 1% NaCl solution. The following properties of the cut were evaluated before injection: pH, water hold capacity, and centesimal composition of the total collagen. The microbiological analyses followed the requirements of ANVISA in RDC nº. 12, from January 12th, 2001. The injected cuts were wrapped in vacuum and were stored for 24 hours at 4 °C. After this period the water hold capacity was analyzed (WHC), and the losses from storage passed through the industrial cooking process used for the production of "Cooked Frozen Beef" (CFB). Throughout the analysis period the cuts remained stored in chambers at -20 °C. To analyse the functional behavior, the following properties were evaluated: objective tenderness by shear force and texture profile analysis (TPA), losses in storage and cooking, and the process effectiveness. The results obtained were evaluated through surface response analysis. The process benefited from the collagen fiber in the injected formulation. In the two cuts studied this benefit was inversely proportional to the level of the applied injections. The fiber addition in the injection formulation positively impacted the water hold capacity for both studied cuts, independent of the presence of TPF in the formulation. This benefit occurred as long as the

injection level was maintained below 20%. Levels higher than 0.14% of the collagen fiber in the injected formulation promoted a substantial increase in the shear force values observed in the *Triceps brachii muscle* samples. The *Pectoralis profundus muscle* displayed shear force values relatively higher than those observed for *Triceps brachii muscle*. Further researches should investigate the differences between the muscular cuts behavior. A texture profile analysis did not provide reliable data for the conditions in this study. This outcome may be a result of an error in the experimental design protocol, or it could be attributed to unexpected variables involved in the process.

Key words: collagen fiber, cooked frozen beef, enhanced meat, water hold capacity, shear force, texture profile analysis.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil ocupa o segundo lugar no ranking mundial de produtores de carne bovina (Fig. 1). Em 2005 alcançou o primeiro lugar entre os países exportadores de carne bovina, quando ultrapassou a casa de 1,8 milhões de toneladas exportadas equivalentes à cerca de dois bilhões e meio de dólares (USDA, 2006), desde então mantém a liderança, apesar dos embargos e perdas relativas aos focos de aftosa em 2006 e 2007 (Fig. 2) (USDA, 2008).

Em 2007 o Brasil se tornou líder mundial em receita de exportação de carne bovina, superando a Austrália. No período de janeiro a novembro de 2007, as exportações de carne bovina do Brasil foram de US\$ 3,475 bilhões enquanto as da Austrália foram de US\$ 3,374 bilhões, e encerrou o ano com exportações de aproximadamente US\$ 4,4 bilhões, um recorde histórico para o setor. Em volume de exportação, o Brasil também confirmou a superioridade, os brasileiros colocaram 2,11 milhões de toneladas no mercado externo, contra 1,34 milhões da Austrália (ABIEC, 2008a).

Atualmente, o Brasil exporta para os Estados Unidos apenas carne industrializada. Entre janeiro e maio de 2008, os embarques para mercado americano somaram US\$ 106,33 milhões, queda de 17,1% em comparação ao mesmo período do ano passado. Em volume, as exportações para os Estados Unidos recuaram 24,8%, passando de 69,03 mil toneladas nos cinco primeiros meses de 2007 para 51,8 mil toneladas acumuladas no mesmo período de 2008. Hoje, as exportações do produto industrializado no semestre somaram 250 mil toneladas, redução de 9% ante 2007. Os Estados Unidos continuam como líderes em receita cambial - US\$ 129 milhões de janeiro a junho; mas em volume, o principal comprador no primeiro semestre de 2008 de carne industrializada foi o Reino Unido, com 64 mil toneladas (ABIEC, 2008b).

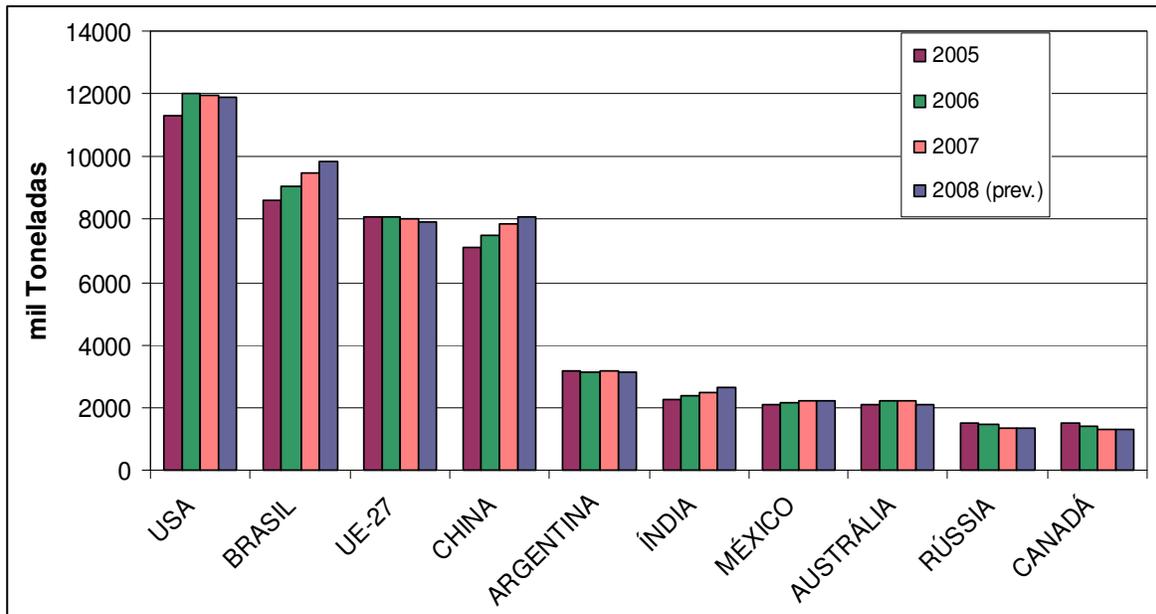


Figura 1. Evolução da produção mundial de carne bovina. Fonte: USDA, 2008.

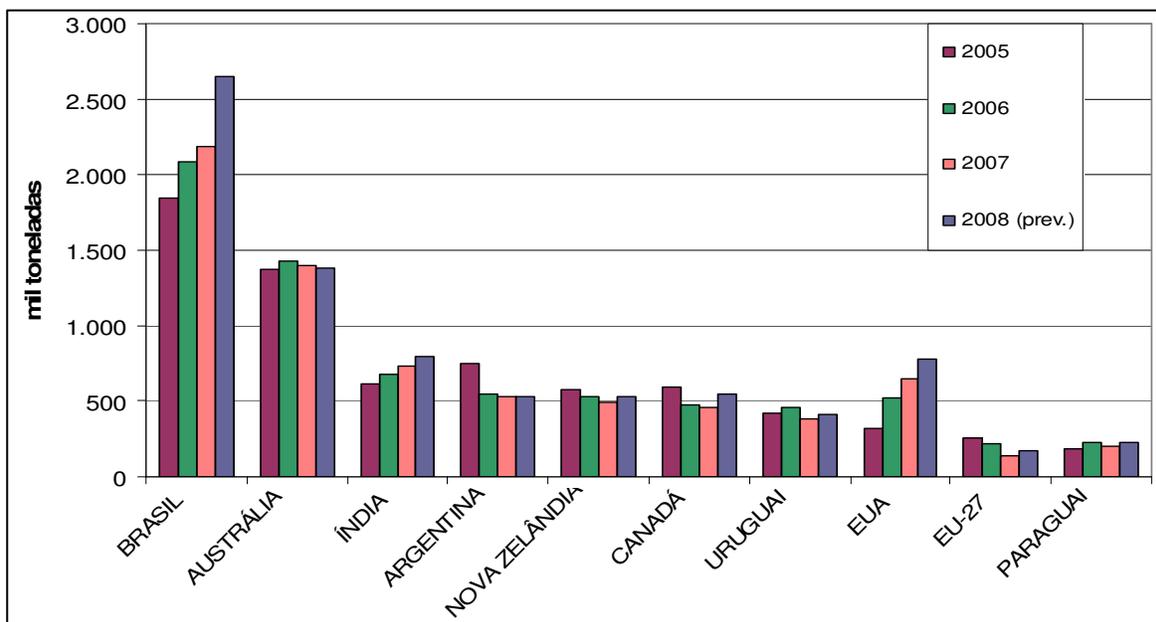


Figura 2. Evolução dos principais exportadores de carne bovina. Fonte: USDA, 2008.

A carne industrializada em 2007 correspondeu a 13% do total exportado pelo Brasil e, de janeiro a abril de 2008, este montante alcançou o patamar de 14%, segundo dados da ABIEC, 2008a (Fig. 3).

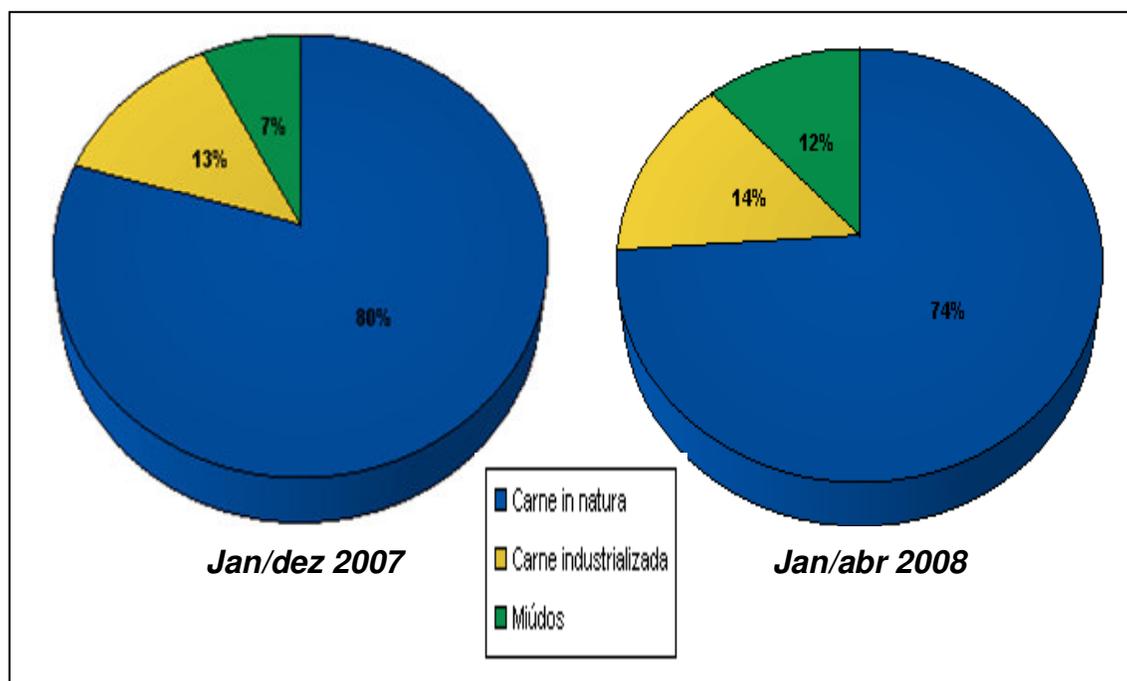


Figura 3. Total das Exportações Brasileiras de Carne Bovina. Fonte: ABIEC, 2008

Com a redução dos abates em 2008 em relação a 2007, a pecuária de corte brasileira passa por um momento crítico, que também registra aumento de custos e demanda aquecida. Em outros tempos, a baixa oferta no Brasil, seria suprida por outros países concorrentes, mas estes também passam por problemas de fornecimento, como a Argentina; na verdade, todos os países produtores enfrentam uma situação semelhante (ABIEC, 2008b).

No primeiro semestre do ano de 2008 as exportações de carne bovina do Brasil tiveram queda de 19%. No entanto, com os preços mais altos, a receita obtida no mesmo período com essas exportações cresceu 13%, para US\$ 2,5

bilhões. O preço médio das exportações no período foi de US\$ 3.564 por tonelada, contra US\$ 2.551 no primeiro semestre de 2007 (ABIEC, 2008b).

Hoje o Brasil se destaca no mercado mundial de exportação de carnes e deve se manter como maior exportador de carne bovina do mundo, mesmo tendo uma queda de 20% em volume esse ano, em relação a 2007, favorecido pela seca que castiga a Austrália, segundo exportador mundial de carne bovina, conforme dados publicados em novembro de 2007 pela Agência de Análise Global do Serviço de Agricultura Estrangeira do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos da América (USDA, 2008).

A exportação brasileira se beneficia de mercados não tradicionais, tais como o Egito, Irã, Arábia Saudita e a Rússia, principal destino da carne nacional. A cadeia produtiva da carne bovina registra um quadro protecionista bastante heterogêneo. A União Européia apresenta picos tarifários na carne bovina, a Suíça, a Noruega e a Islândia, em todas as carnes.

A União Européia, "EU-27", é resultado da unificação econômica, política e social de 27 países europeus democráticos cujos integrantes são: Alemanha, Áustria, Bélgica, Bulgária, Chipre, Dinamarca, Eslováquia, Eslovênia, Espanha, Estônia, Finlândia, França, Grécia, Hungria, Irlanda, Itália, Letônia, Lituânia, Luxemburgo, Malta, Países Baixos (Holanda), Polônia, Portugal, Reino Unido, República, Romênia e Suécia. Encontra-se em fase de negociação a inclusão da Macedônia, Croácia e Turquia.

Mesmo em países com tarifas mais baixas, como os EUA (todas as carnes) e o Canadá (carnes bovina e suína), o acesso a estes mercados é severamente restringido pela existência de barreiras sanitárias custosas e de difícil controle, e dele o Brasil só participa com produtos processados ou pré-processados, como a carne cozida congelada (cooked frozen beef). A adoção de normas internacionais, ISO e outras, podem facilitar a penetração e aceitação dos produtos brasileiros e melhorar a sua competitividade, pela eliminação de múltiplas avaliações. O desenvolvimento de normas nacionais que levem em conta as normas

internacionais potencializa a superação dos obstáculos técnicos ao comércio (BELLENZANI, 2004).

A Rússia é sem dúvida nosso maior comprador e, apesar da EU-27 responder por uma significativa parcela das exportações brasileiras, as constantes barreiras protecionistas estão despertando o interesse dos exportadores para o promissor mercado da Ásia, principalmente Hong Kong e Filipinas e para 2008 espera-se que este mercado absorva boa parte das nossas exportações (USDA, 2008).

Apesar de ser o líder mundial em tonelagem de carne bovina exportada, o país tem uma renda relativamente baixa, já que não exporta para os mercados de maior valor agregado, devido à necessidade de vacinação contra a febre aftosa nos rebanhos do país e, ainda enfrentamos o preconceito de alguns importadores que não consideram de boa qualidade a carne brasileira (LUCHIARI FILHO, 2006).

Simplificando, pode-se dizer que o comércio de carne no Brasil é assim: compra-se e vende-se carne bovina sem uma classificação, exceto a de sexo: carne de boi e carne de vaca, na melhor das hipóteses. No mercado externo, a carne brasileira é tratada como uma “commodity”, que é uma mercadoria sem marca, como a soja ou o milho, não interessando quem a produziu. Ao contrário da “commodity”, o produto ou mercadoria diferenciada tem marca e especificações técnicas. Transformar essa mercadoria em produto identificado, seja visando o mercado externo, seja o interno, é um grande desafio para o setor da carne bovina (FELÍCIO, 1999a).

É importante realçar o papel preponderante do governo, notadamente no que diz respeito ao comércio exterior, que é fundamental na dinamização da cadeia produtiva. Deve-se, ainda, destacar o papel disciplinador dos órgãos de inspeção sanitária ao longo de toda a cadeia. O serviço de inspeção sanitária pode impulsionar de forma decisiva o aumento de qualidade dos produtos derivados de carne bovina no Brasil e facilitar o acesso aos mercados mundiais

para os quais o Brasil ainda não tem acesso, tais como: EUA, Canadá, México, Japão, Coréia (BELLENZANI, 2004).

A qualidade é fundamental para que o setor produtivo tenha capacidade competitiva e aproveite as oportunidades de expansão do mercado de carne bovina favorecidas pela globalização característica deste novo milênio (FELÍCIO, 1999b).

Nesta década, o Brasil é o único país com capacidade de produzir grande quantidade de carne bovina em sistema de produção a pasto, mas para conquistar os consumidores mais exigentes deve se esforçar na manutenção da sanidade do rebanho nacional e implantar projetos para a produção de carne com qualidade assegurada e comprovada através da certificação em todas as fases da produção efetuadas por auditorias independentes e com alta credibilidade no mercado internacional. Hoje 40% dos consumidores europeus já admitem pagar até 10% mais por produtos que tenham certificações de origem. Existem nichos de mercado para carne magra, produzida exclusivamente a pasto em que o Brasil tem todas as condições de ser o líder. É possível agregar valor a esta carne para mercados que discordam filosoficamente do sistema de produção confinado (LUCHIARI FILHO, 2006).

Dizer que a carne é de gado criado a pasto, sem anabolizantes e outras drogas, podem ser um bom tema de marketing, mas pode não ser suficiente para agregar valor. É preciso fazer mais pelo lado dos atributos de qualidade e convencer os consumidores daqui e dos países importadores de que não estamos desflorestando nossas matas para formar pastagens, elas que atualmente estão na lista das dez maiores ameaças ao meio ambiente (ALVES, 1999).

Os atributos de qualidade considerados pelo consumidor no momento da aquisição da carne bovina estão intimamente relacionados à cor, maciez, sabor e suculência que conferem ao produto sua palatabilidade característica (SMITH, 2001).

Todas as etapas da cadeia produtiva, desde a forma de criação do gado até a exposição do produto embalado na gôndola interferem na qualidade. Os fatores relacionados ao animal, tais como raça, sexo, idade, manejo, alimentação, stress pré-abate e os tratamentos aplicados à carcaça ou aos cortes cárneos no período que sucede ao abate influenciam sua palatabilidade e muitos deles podem ser controlados visando à produção de carne com a qualidade desejada pelo consumidor (KASTNER; FELÍCIO, 1980).

Há um mercado substancial para produtos cárneos frescos, condimentados e marinados. Entretanto, mesmo que estes produtos sejam preparados e embalados sob condições assépticas, eles possuem vida de prateleira limitada como resultado da presença da microbiota natural da carne (POLLONIO, 2002).

O entendimento da seqüência dos eventos bioquímicos que ocorrem no músculo durante sua conversão em carne e das reações induzidas pela cocção formam a base para a otimização das práticas pós-abate e o desenvolvimento de tecnologias essenciais para o aperfeiçoamento da qualidade da carne oferecida ao consumidor.

Para enfrentar o mercado globalizado nossa agroindústria da carne não só deve se nivelar nos parâmetros internacionais de qualidade, mantendo baixos os custos da produção, mas precisa priorizar o atendimento tanto das exigências quanto das expectativas do consumidor moderno, ávido por versatilidade e conveniência, não se esquecendo de que este consumidor é cada vez mais influenciado pela mídia e pela apresentação do produto nos pontos de venda (FELÍCIO, 1999b).

2 OBJETIVOS

- Avaliar o efeito da adição de fibra de colágeno sobre as perdas de peso por estocagem e cocção, bem como no rendimento do processo de fabricação de carne cozida congelada utilizando cortes cárneos provenientes dos músculos: Tríceps braquial e Peitoral profundo.
- Estudar a influência da injeção em vários níveis da solução composta de cloreto de sódio a 1% e diferentes teores do tripolifosfato de sódio e da fibra de colágeno sobre as características físico-químicas de capacidade de retenção de água, força de cisalhamento e perfil de textura do peito e da paleta injetados, cozidos e congelados.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O valor dos cortes cárneos está intimamente ligado a sua maciez e suculência. Historicamente observa-se uma diferença significativa nos preços de venda entre os cortes de carne provenientes do quarto traseiro e do quarto dianteiro, sendo este último o de menor valor. Nesta última década observou-se um aumento no consumo de cortes cárneos tradicionalmente macios, como o filé mignon, e um declínio no consumo de cortes de textura mais firme, como a paleta (VON SEGGERN *et al.*, 2005).

Os cortes cárneos de baixa maciez, tais como os provenientes dos músculos: Peitoral profundo e Tríceps braquial, geralmente possuem altos níveis de tecido conjuntivo e necessitam de algum tipo de amaciamento para melhorar sua palatabilidade após a cocção (MOLINA *et al.*, 2005).

O consumidor atribui à maciez e suculência dos cortes de filé e contrafilé uma referência para sua percepção de qualidade, refletindo na elevação dos preços de venda destes cortes (HUFFMAN *et al.*, 1996). Tradicionalmente, os cortes de dianteiro bovino possuem baixo preço no comércio, mas o consumidor sempre estará disposto a pagar mais por um produto que possua maciez, suculência e sabor de sua preferência (KUKOWSKI *et al.*, 2005).

Os processos de amaciamento da carne visam melhorar sua palatabilidade. A injeção de ingredientes melhoradores de textura é amplamente utilizada na indústria americana para aumentar a maciez e suculência tanto em carne bovina quanto em carne suína (LIVINGSTON *et al.*, 2004).

Existe uma tendência crescente nesta última década no desenvolvimento de pesquisas visando agregar valor à carne de músculos subutilizados nos serviços de alimentação, principalmente àquela proveniente dos músculos: Tríceps braquial, Supraespinhoso e Infraespinhoso, que apresentam maior potencial para produzir carne de palatabilidade aceitável para o consumidor, pois

possuem os menores valores de força de cisalhamento dentro de sua categoria (VON SEGGERN *et al.*, 2005).

Apesar da variedade na composição da solução injetada industrialmente, com frequência, aparecem dois ingredientes: o fosfato (em seus diversos tipos) e o cloreto de sódio, que possuem a capacidade de aumentar as propriedades funcionais da carne, pois juntos atuam sinergicamente sobre a capacidade de retenção de água, aumentando o rendimento (MOLLINS, 1991). Seja através do entumescimento e solubilização das proteínas miofibrilares (KNIPE *et al.*, 1985; PATERSON *et al.*, 1988), ou pelo aumento da força iônica e do pH (TROUT; SCHIMIDT, 1986), ou ainda pelo aumento da capacidade de retenção de água (TROUT; SCHIMIDT, 1987).

Sob ação do calor, o colágeno sofre gelatinização. Esta é uma característica extremamente importante nos processos que envolvem o cozimento, uma vez que a desnaturação do colágeno é observada em todos os produtos cárneos cozidos (BEILKEN *et al.*, 1986). As fibras de colágeno encolhem de 1/3 a 1/4 do seu comprimento inicial em temperatura próxima a 60 °C, acima desta temperatura o colágeno se transforma em gelatina hidrossolúvel (TORNBERG, 2005).

Se a temperatura de cocção é baixa o suficiente para minimizar o encolhimento do colágeno, não se verifica perda na maciez da carne (LAAKKONEN *et al.*, 1970). Quando a carne é cozida na faixa de temperatura entre 50 °C e 60 °C observa-se um decréscimo na dureza do produto final, ocasionado pela diminuição da força do tecido conjuntivo do perimísio como consequência da desnaturação e encolhimento parciais das fibras de colágeno (CHRISTENSEN *et al.*, 2000; BEILKEN *et al.*, 1986).

A fibra natural de colágeno apresenta alta capacidade de retenção de água, melhorando o rendimento à cocção (KENNEY, 1992; TORNBERG, 2005). Quando adicionada a produtos cárneos, consta como um ingrediente, não um aditivo, por esta razão não necessita ser declarada, pois faz parte da composição da carne

(ANVISA, 1998), desta forma se encaixa na tendência mundial “CLEAN LABEL”, rótulo limpo, na qual se procura diminuir a quantidade de aditivos declarados nos rótulos.

Embora existam muitas pesquisas relatando uma gama diversificada de ingredientes cárneos e não cárneos empregados na melhoria dos atributos funcionais da carne bovina, até o presente não foram encontradas referências na literatura quanto à utilização de fibra de colágeno para esta finalidade. Desta forma, incluíram-se a fibra de colágeno na formulação a ser injetada, visando avaliar seu efeito sobre a capacidade de retenção de água, textura, maciez e rendimento do processo de fabricação de carne cozida congelada.

A cadeia da carne tem inúmeros desafios que são comuns à produção e à indústria. Segundo o atual presidente da Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne (Abiec), Roberto Giannetti da Fonseca, uma melhor interlocução com o setor produtivo é muito importante para a indústria na atual conjuntura de mudança de ciclo produtivo, caracterizado por: baixa oferta de gado para abate, dólar desvalorizado frente a outras moedas (em especial o Real) e conseqüentemente menor margem de lucro. Neste cenário, a indústria busca novas formas de agregar valor e lucrar. Para a carne “in natura”, a incorporação de cortes embalados a vácuo e refrigerados incrementa a margem de lucro; para a carne industrializada, o rendimento do processo define a receita industrial (INÁCIO, 2008).

3.1 Carne Cozida Congelada

A produção de carne bovina cozida congelada, no Brasil, teve início na década de 60, por interesse dos EUA em encontrar um substituto para a carne curada de bovino. Considerando que o processo de cura é incapaz de eliminar a presença do vírus da febre aftosa no sistema linfático, o cozimento é uma alternativa para a prevenção da febre aftosa, já que inativa o vírus (PARDI et al., 1996).

A carne bovina cozida congelada é conhecida nos mercados internacionais pela denominação “Cooked Frozen Beef”, CFB, ou ainda “Cooked Frozen Meat”. A porção de carne utilizada segue as especificações do importador, podendo ser um corte de músculo íntegro, em pedaços, filés ou bifés, desfiados, tiras, cubos, tabletes e até carnes reestruturadas.

3.1.1 Processamento térmico da carne

O tratamento térmico para a conservação da carne apresenta dois níveis: a pasteurização e a esterilização.

O primeiro nível térmico refere-se a processos de aquecimento moderado nos quais os produtos alcançam temperaturas de 58-75°C e é empregado no cozimento da maioria dos produtos cárneos processados. Este tratamento térmico, conhecido como pasteurização, destrói células vegetativas, porém alguns esporos bacterianos permanecem viáveis. Deste modo, o produto não é esterilizado e o efeito do calor permite apenas o prolongamento de sua vida de prateleira. Após o cozimento, o manuseio adequado e a estocagem sob refrigeração são essenciais para prevenir recontaminação e retardar o crescimento de microrganismos sobreviventes no produto (HEDRICK *et al.*, 1994). Dentre os produtos cozidos mais populares no mercado interno estão os embutidos e defumados, curados ou não. Nesta última década se observa um aumento da importância comercial dos produtos cárneos pré-cozidos congelados, resultado da praticidade do seu uso no processo de finalização do produto. A conservação das características sensoriais e nutricionais torna promissor este segmento.

O segundo nível é baseado no aquecimento severo, o qual é empregado para a obtenção de produtos cárneos comercialmente estéreis, geralmente a temperaturas superiores a 100°C, que são estáveis à temperatura ambiente por um ou mais anos. É um procedimento comum na indústria de enlatados, o qual pretende destruir não apenas as células vegetativas, mas também esporos de microrganismos relevantes para a saúde pública (HEDRICK *et al.*, 1994). Como

exemplos de produtos cárneos esterilizados destacam-se a salsicha enlatada e a carne bovina enlatada, denominada de “corned beef” no mercado internacional.

A tecnologia aplicada à produção de carnes cozidas congeladas vem ganhando destaque em função das tendências apresentadas pelos mercados consumidores. O desenvolvimento de embalagens flexíveis, esterilizáveis pelo calor, “retort pouches”, permite uma redução significativa no tempo de processamento térmico, favorecendo a manutenção da qualidade do produto. Como o reaquecimento é feito através da fervura da própria embalagem, a tecnologia “retort pouches” atende ao desenvolvimento de produtos direcionados para elaboração de pratos prontos (LAWRIE, 2005).

3.1.2 Processo Industrial de fabricação de Carne Cozida Congelada

O processo genérico de fabricação da carne cozida congelada, comercialmente conhecida no mercado internacional como “Cooked Frozen Beef” (CFB), pode compreender etapas de injeção de salmoura ou tumbleamento anteriores ao cozimento, que deve assegurar que a temperatura do centro geométrico do produto atinja ao mínimo 75°C, permitindo a pasteurização da carne.

O pré-cozimento é feito em sacos (bags) ou materiais termo-formados, constituídos de nylon, nylon/EVA, poliéster e, mais recentemente, da coextrusão de surlyn, EVA e resinas de barreira. Esta tecnologia, denominada “cook-in”, é frequentemente aplicada no processamento de presunto cozido e embutidos.

A capacidade de adesão e o termo-encolhimento estão entre os principais atributos dos materiais componentes da embalagem “cook-in”, pois esta deve permitir que uma película fique aderida ao produto, eliminando a formação de bolsas que facilitariam a exsudação de líquidos durante o cozimento e estocagem, maximizando o rendimento no cozimento e retardando o acúmulo de líquido (GONÇALVES, 2006).

Existem dois tipos de processos “cook-in”: o processo “cook-in-ship”, no qual a embalagem é utilizada durante o processamento térmico e distribuição do produto e o processo “cook-in-strip”, no qual a embalagem pode ser substituída por outra após o processamento térmico para fins de distribuição do produto. A embalagem destina-se a manter os efeitos do cozimento contra os microrganismos, e preservar a carne cozida de contatos que possam acarretar a recontaminação, devendo ser rigorosamente selecionada. Os materiais empregados podem ou não ser utilizados como a própria embalagem de consumo do produto cárneo.

Entre as vantagens da aplicação deste método de cozimento de carnes estão um maior rendimento e economia de processo às indústrias, um produto de melhor qualidade e com vida útil prolongada e a redução da manipulação do produto durante o processamento e a preparação antes do consumo.

No processamento industrial de CFB, o teor de salmoura adicionado deve ser suficiente para compensar o volume de água que será perdido durante o cozimento, podendo variar entre 10 a 40% sobre o peso do produto, embora seja mais comum uma variação entre 10 a 25% sobre o peso, que garante ao produto cárneo cozido aproximadamente o mesmo conteúdo de água existente antes do tratamento térmico, mantendo a suculência e maciez no preparo final do produto.

O princípio básico que rege o controle de qualidade para o processamento de CFB é o domínio do binômio “tempo & temperatura”, permitindo aperfeiçoar o processo de cozimento, maximizando atributos de qualidade e minimizando os efeitos indesejáveis, dentre eles a contração do volume, as perdas de suco e a microbiota contaminante (GONÇALVES; OLIVEIRA; BARBIERO, 2002).

Quanto ao controle de qualidade, as indústrias brasileiras obedecem às variadas exigências dos importadores, pois, apesar da sua importância econômica, não há padrões oficiais brasileiros específicos para carne cozida congelada. Os regulamentos 820/97/CE e 1141/97/CE baixados pelas autoridades da União Européia originaram a Circular 192/98/DCI/DIPOA, de 01 de julho de

1998 que contém a norma de implementação do sistema de rotulagem de carne bovina do Brasil bem como o Código de Rastreabilidade (BRASIL, 1998), já a Circular nº. 175 do MAPA dispõe algumas exigências quanto à área restrita de produção da carne cozida congelada (BRASIL, 2005).

A carne bovina obtida com vistas à exportação para os Estados-membros da União Européia deve ser embalada e provida de rótulo contendo no mínimo as seguintes informações: Razão Social do estabelecimento produtor; endereço; número de controle veterinário do estabelecimento de abate (Nº. do SIF); a expressão “BRAZILIAN BEEF” significando que a carne é proveniente de animais nascidos, criados e abatidos no Brasil, segundo a Portaria Ministerial Nº214/98; tipo de produto; denominação do corte; data de produção, data ou prazo de validade e o Código de Rastreabilidade contendo o seguinte: número de controle veterinário (Nº. do SIF) do estabelecimento de abate, data do abate, número do lote, sexo e idade dos animais.

3.1.2.1 Fluxograma de Processo para Cooked Frozen Beef (CFB)

A exportação de CFB para União Européia segue a norma estabelecida pelo DIPOA, Circular nº. 192, de 01 de julho de 1998, conforme a seqüência abaixo (BRASIL, 1998):

- 1.** Desossa, preparação e identificação da matéria-prima;
- 2.** Preparação da matéria-prima (envase): as carnes são colocadas em tubos plásticos que são fixados em gaiolas de cozimento;
- 3.** Cozimento, resfriamento e drenagem: as gaiolas de cozimento são numeradas e, após o tempo necessário de cozimento, retiram-se as gaiolas, os tubos são resfriados e drenados;
- 4.** Reenvase e identificação do lote: após a drenagem, as carnes são recolocadas nos mesmos tubos da cocção, que são selados com grampos e carimbados com identificação pertinente;

5. Congelamento: - 20°C ou temperatura inferior;
6. Embalagem secundária (encaixotamento);
7. Estocagem congelada;
8. Embarque (expedição): feito em containers;
9. Certificação sanitária emitida pelo SIF.

Após o cozimento, a ausência de sucos avermelhados ou rosados é um indicativo de teste negativo e a carne é considerada adequadamente processada. O “pink juice test” é comumente realizado pelos países importadores para avaliação da carne cozida congelada que foi importada. A confiabilidade desta metodologia está limitada à subjetividade do teste, uma vez que muitos parâmetros físicos podem afetar a cor dos sucos (SENTER *et al.*, 1997). Os sucos resultantes do cozimento podem ser drenados na indústria exportadora, porém alguns compradores preferem que os sucos sejam retidos para verificação posterior.

3.2 Colágeno Intramuscular e Qualidade Sensorial da Carne

O colágeno é uma proteína totalmente carente de cisteína e triptofano. Sua unidade molecular é o tropocolágeno, o fio protéico mais longo que se conhece (PM300.000) com 15 Å de diâmetro e 2.800 Å de comprimento, onde três hélices esquerdas se entrelaçam formando uma super-hélice direita o que lhe confere rigidez. Os aminoácidos glicina (percentual molar 33,0%), prolina (12,2%), hidroxiprolina (9,4%) e alanina (10,7%), perfazem 65% dos aminoácidos do colágeno. A hidroxiprolina é o aminoácido responsável pela estabilidade térmica e absorção de umidade e é usada para indicar o teor de colágeno porque a mesma, comumente, não está presente em proteínas não colagênicas. Ao se extrair o colágeno, geralmente se utiliza processos de altas temperaturas e grandes variações de pH, que favorece a desnaturação proteica, gerando um colágeno com baixa estabilidade térmica (FARFÁN, 1994).

O tecido conjuntivo intramuscular atua significativamente na textura da carne, aproximadamente 95% dos seus elementos fibrosos são representados pelo colágeno, os 5% restantes são distribuídos entre a elastina, algumas glicoproteínas e proteoglicanos.

A quantidade de colágeno intramuscular é dependente da localização e atividade física do músculo no animal vivo e é bem conhecido que a parte dianteira da carcaça bovina é rica em tecido conjuntivo. O arranjo molecular do colágeno se modifica com o avanço da idade do animal, formando pontes intermoleculares mais estáveis e insolúveis, resultando em menor maciez da carne (NAKAMURA *et al.*, 2003).

A variação na maciez da carne entre os diversos músculos da carcaça bovina pode ser atribuída ao conteúdo de colágeno presente, mas a interação deste com outros fatores, tais como o comprimento do sarcômero e a extensão da proteólise miofibrilar pós-morte é que influenciam a maciez final do músculo (RHEE *et al.*, 2004).

A introdução de regulamentos técnicos em alguns países, estabelecendo limites mínimos para proteína cárnea não colagênica e limites máximos para proteínas colágenas do tecido conjuntivo em produtos cárneos é conseqüência da influência do tecido conjuntivo colagenoso na qualidade sensorial (aparência, odor, textura e sabor), nutricional e preço final ao consumidor.

As estratégias mais utilizadas para o aumento da qualidade sensorial da carne podem minimizar as diferenças de maciez entre os diversos músculos de uma carcaça, permitindo a valorização dos cortes comercialmente menos solicitados (VON SEGGERN *et al.*, 2005).

3.2.1 *Maturação*

A maturação de cortes cárneos embalados a vácuo sob refrigeração é uma das alternativas mais difundidas e utilizadas pelas indústrias nacionais para melhorar e padronizar a textura da carne bovina.

Durante o período da estocagem refrigerada, as enzimas proteolíticas provocam o enfraquecimento gradual da linha Z, a troponina T desaparece, ocorre a degradação da desmina, da nebulina e da titina; como consequência destes eventos se observa o aumento gradativo da maciez da carne (KOOHMARAIE, 1994).

Este processo de amaciamento da carne consiste na proteólise dos componentes estruturais do tecido conjuntivo e das miofibrilas realizada principalmente pelos sistemas enzimáticos das calpaínas e das catepsinas (GOLL *et al.*, 1992).

As catepsinas são enzimas lisossomais que degradam tanto as proteínas miofibrilares quanto as do tecido conjuntivo (colágeno) e atuam até em pH < 6,0 (KOOHMARAIE, 1994).

Durante a maturação as catepsinas clivam o colágeno nativo insolúvel, atuando nas ligações cruzadas intermoleculares, transformando-o em fragmentos solúveis e contribuindo para melhorar a textura (BAYLEY; LIGHT, 1989).

O sistema enzimático das calpaínas é formado por duas calpaínas ativadas pelo íon cálcio e inibidas pela calpastatina. As calpaínas são as únicas enzimas que degradam a linha Z, fundamental no amaciamento da carne (TAYLOR *et al.*, 1995).

A calpastatina em sua plena atividade é uma inibidora da maciez da carne e os animais zebuínos (raça *Bos indicus*), como é o caso do gado Nelore, predominantes no rebanho nacional, possuem uma atividade de calpastatina muito maior que a observada nos animais britânicos (raça *Bos taurus*) (WHIPPLE *et al.*, 1990).

Quando a maturação é aplicada, a diminuição nas perdas de peso durante o cozimento também é atribuída ao grau de gelatinização observado no colágeno e a exposição dos músculos às proteases degradativas que causam danos no tecido conjuntivo intramuscular e na membrana básica envolvente dos tecidos,

deste modo a habilidade do colágeno para encolher com o aquecimento fica prejudicada reduzindo as perdas de líquido (HAMM; DEATHERAGE, 1960).

As maiores diferenças na maciez da carne ocorrem entre os músculos dentro de uma mesma raça e a maciez está diretamente relacionada à concentração de cálcio intramuscular (RHEE *et al.*, 2004).

A adição de soluções salinas contendo íons cálcio (CaCl_2) à carne após a instalação do *rigor mortis* diminui o tempo de maturação a vácuo, sob refrigeração, necessário para a tenderização de um corte, uma vez que intensifica a proteólise miofibrilar (LANSDELL *et al.*, 1995), mas se observa o desenvolvimento de sabor metálico e amargo em carne injetada com solução de cloreto de cálcio a 300 mM (MORGAN *et al.*, 1991).

O Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) permite a utilização de até 3% de uma solução 0,8 M de cloreto de cálcio para o amaciamento de carnes.

3.2.2 *Marinação*

A imersão em uma salmoura por um período suficiente para que os ingredientes penetrem na carne por difusão é o método mais antigo de marinação, porém não é muito utilizado pela indústria frigorífica, uma vez que promove uma distribuição irregular dos ingredientes, dificultando a padronização do produto (POLLONIO, 2002).

Na marinação, a difusão do líquido depende do gradiente de concentração dos sólidos nele dissolvidos e do tempo de imersão do músculo na salmoura. O tecido muscular contém cloreto de sódio numa concentração ao redor de 0,9%. A difusão da água ocorre perpendicularmente às fibras musculares e as barreiras formadas pelas três camadas de tecido conjuntivo (epimísio, perimísio e endomísio) dificultam a migração dos solutos (LEHNINGER, 1986).

A utilização de injeção facilita a distribuição da salmoura no músculo porque as agulhas perfuram as camadas de tecido conjuntivo, alcançando o sarcolema

com maior eficiência. Normalmente as salmouras possuem uma concentração de sal superior a 0,9%, e a osmose ocorreria no sentido de liberação da água pelo músculo; para facilitar a distribuição e a absorção da salmoura efetua-se o massageamento posterior à injeção, que provoca o rompimento das células e aumenta a permeabilidade das membranas celulares (MANHANI, 2006).

Os frigoríficos utilizam equipamentos dotados de bombas para a pressurização da salmoura e injetoras com multi-agulhas de 1,0 mm de diâmetro ou injetoras do tipo Spray, com multi-agulhas de 0,6 mm de diâmetro. As injetoras com agulhas delgadas são preferidas em processos que visam minimizar os danos à estrutura da carne. A pressão aplicada deve estar compreendida entre 1 a 3 bar, dependendo do tipo de carne e tamanho das agulhas empregadas. Neste processo a destruição parcial do tecido conjuntivo e o rompimento das fibras musculares causado pela penetração das agulhas contribuem para o amaciamento da carne (HAYWARD *et al.*, 1980).

As salmouras básicas para injeção contêm água, sal (cloreto de sódio) e alguma fonte de fosfato, sendo predominante o uso de misturas contendo tripolifosfato de sódio (DETIENNE; WICKER, 1999).

A adição de água, sal e tripolifosfato aumentam a palatabilidade dos cortes de dianteiro bovino, caracterizados como os que contêm os maiores níveis de tecido conjuntivo na carcaça e identificados como os que possuem sabor mais atrativo para o consumidor (MOLINA *et al.*, 2005).

Os fosfatos são muito mais eficientes quando a concentração de cloreto de sódio é superior a 0,8%, atuando na dissociação do complexo actino-miosina em actina e miosina. A solubilização das proteínas eleva a quantidade das cargas elétricas no espaço muscular e a água injetada pode se ligar a estas cargas de forma estável, aumentando a capacidade de retenção de água da carne e, conseqüentemente contribuindo para melhorar sua maciez e suculência (MOLLINS, 1991).

As técnicas de melhoria da palatabilidade da carne se concentram no aumento da Capacidade de Retenção de Água, atributo diretamente relacionado com suculência, maciez e rendimento após cocção (HAMM; DEATHERAGE, 1960).

Os cortes cárneos ricos em colágeno possuem alta capacidade de retenção de água, por isso são ideais para receberem tratamentos que melhorem a sua palatabilidade e, conseqüentemente, seu valor econômico (VON SEGGERN *et al.*, 2005).

3.3 Colágeno como ingrediente e Qualidade Funcional da Carne

Na indústria de carnes, o colágeno finamente homogeneizado pode ser adicionado em carne enlatada na proporção de 1,5 a 2,0 % visando à redução da formação de gel e os depósitos de gordura. Em embutidos cozidos utiliza-se o colágeno hidrolisado em 2% para reduzir as perdas pelo cozimento e melhorar sua fatiabilidade. Outra aplicação é a sua utilização como filme comestível em carnes congeladas com o propósito de reduzir as alterações oxidativas e a queima pelo frio (SEIFERT, 2004).

O colágeno suíno pode aumentar a funcionalidade da carne suína PSE (pálida, flácida e exsudativa) e RFN (vermelha, firme e não exsudativa), permitindo sua utilização em produtos manufaturados, mas os níveis de utilização precisam ser explorados para se determinar o ótimo na melhoria da qualidade (SCHILLING *et al.*, 2003).

O colágeno apresenta habilidade semelhante ao amido na diminuição das perdas por exsudação e pode atuar como seu substituto nas formulações (MOTZER *et al.*, 1998).

A atuação do colágeno no melhoramento da funcionalidade protéica, através da imobilização da água livre, aumenta a estabilidade final do produto, refletindo positivamente no seu rendimento após cocção (KENNEY *et al.*, 1992).

4 MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios experimentais foram realizados em parceria entre o Departamento de Tecnologia de Alimentos na Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP; a Indústria de Ingredientes, NovaProm® e o Frigorífico Bertin, unidade Lins, SP. Quanto às análises físico-químicas, algumas foram efetuadas no Laboratório de Análises do Frigorífico e outras no Laboratório de Apoio e Instrumentação do Departamento de Tecnologia de Alimentos da Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas. As análises microbiológicas foram realizadas no Laboratório de Análises da planta piloto do Frigorífico Bertin, unidade Lins, SP.

4.1 *Matérias - primas*

4.1.1 Fibra de Colágeno

Para a realização do experimento utilizou-se a fibra natural de colágeno NovaPro®, fornecida pela NovaProm Food Ingredients Ltda, em concentrações estabelecidas a partir de estudos preliminares englobando a faixa entre as concentrações de 0,1% a 0,3% no produto final.

4.1.1.1 Características gerais da Fibra Natural de Colágeno

A Fibra Natural de Colágeno NovaPro® é produzida a partir das camadas internas de couro bovino, sendo este previamente certificado como apto para produção de alimentos para consumo humano. Toda sua produção é conduzida sob ciclo controlado de tempo e temperatura de maneira a evitar temperatura superior a 85°C, na qual começa a ocorrer sua gelificação parcial, assim suas características naturais são mantidas sem desnaturar ou modificar a estrutura inicial da proteína, o que assegura sua estabilidade térmica (NOVAPROM FOOD INGREDIENTS, 2006).

As especificações Técnicas da Fibra Natural de Colágeno utilizada neste trabalho estão no Anexo 1.

4.1.2 Carne dos músculos Tríceps braquial e Peitoral profundo

Os cortes dos músculos Tríceps braquial e Peitoral profundo (Anexo2/ Fig.1 e Fig.2) foram fornecidos pela Indústria de abate de bovinos, Frigorífico Bertin, unidade Lins, SP, devidamente identificados quanto aos procedimentos realizados no frigorífico durante as etapas pré-abate, abate e pós-abate. Para a realização do experimento, os cortes passaram por uma toalete para a retirada completa da gordura de cobertura e do tecido conjuntivo superficial; foram escolhidos aqueles que apresentaram pesos semelhantes e o pH entre 5,4 e 5,6 e permaneceram armazenados sob congelamento em câmara frigorífica a -20°C.

Após o recebimento, amostras representativas foram submetidas a análises microbiológicas e da sua composição centesimal (Anexo2/ Fig.3 e Fig.4).

4.2 Processamento

O processamento foi conduzido na planta piloto do Frigorífico Bertin, unidade Lins. As operações feitas com a carne crua foram realizadas à temperatura ambiente máxima de 10°C, sendo a do interior da carne de 7°C, em local totalmente isolado da área de carne cozida. Utilizou-se 23 unidades de cada um dos cortes de miolo da paleta (m. Tríceps braquial) e de peito (m. Peitoral profundo). Os cortes vieram diretamente do setor de desossa, sendo pesados e verificados quanto ao pH e temperatura. Após a retirada de amostras para as análises microbiológicas e físico-químicas, foram injetados com a solução nos níveis pré-estabelecidos (Anexo2/ Fig.5) com o auxílio de uma injetora automática composta por 46 agulhas com 1mm de diâmetro (Belam™) e a seguir, massageadas em tumbler, num ciclo de 15 minutos a 9 rpm para a distribuição da salmoura. Novamente retiraram-se amostras para análises microbiológicas e físico-químicas. A seguir, cada corte foi embalado, submetido ao vácuo, pesado, identificado e permaneceu em repouso por 24h em temperatura de refrigeração de 4°C. Passado este período, as embalagens identificadas sofreram tratamento térmico em estufa com injeção forçada de vapor direto até que o centro do corte

de referência atingisse 76 °C, como se observa no painel de controle operacional (Anexo 2 / Fig. 7).

Como corte de referência, escolheu-se um miolo de paleta com espessura aparente maior que os demais, igualmente embalado a vácuo, com o sensor de temperatura colocado em seu centro geométrico e posicionado na região crítica da câmara de cozimento, que demanda mais tempo para receber a carga térmica e realizar a transferência de calor, para garantir a temperatura mínima de 76 °C em todos os cortes do experimento. Retirados do forno, passaram por resfriamento forçado antes da estocagem em câmara fria a 4°C por 12 horas para garantir a temperatura máxima de 5°C no seu centro geométrico, sendo então armazenados em câmara de congelamento à -20°C até a realização das análises de força de cisalhamento e do perfil de textura.

4.2.1 Fluxograma de Processo

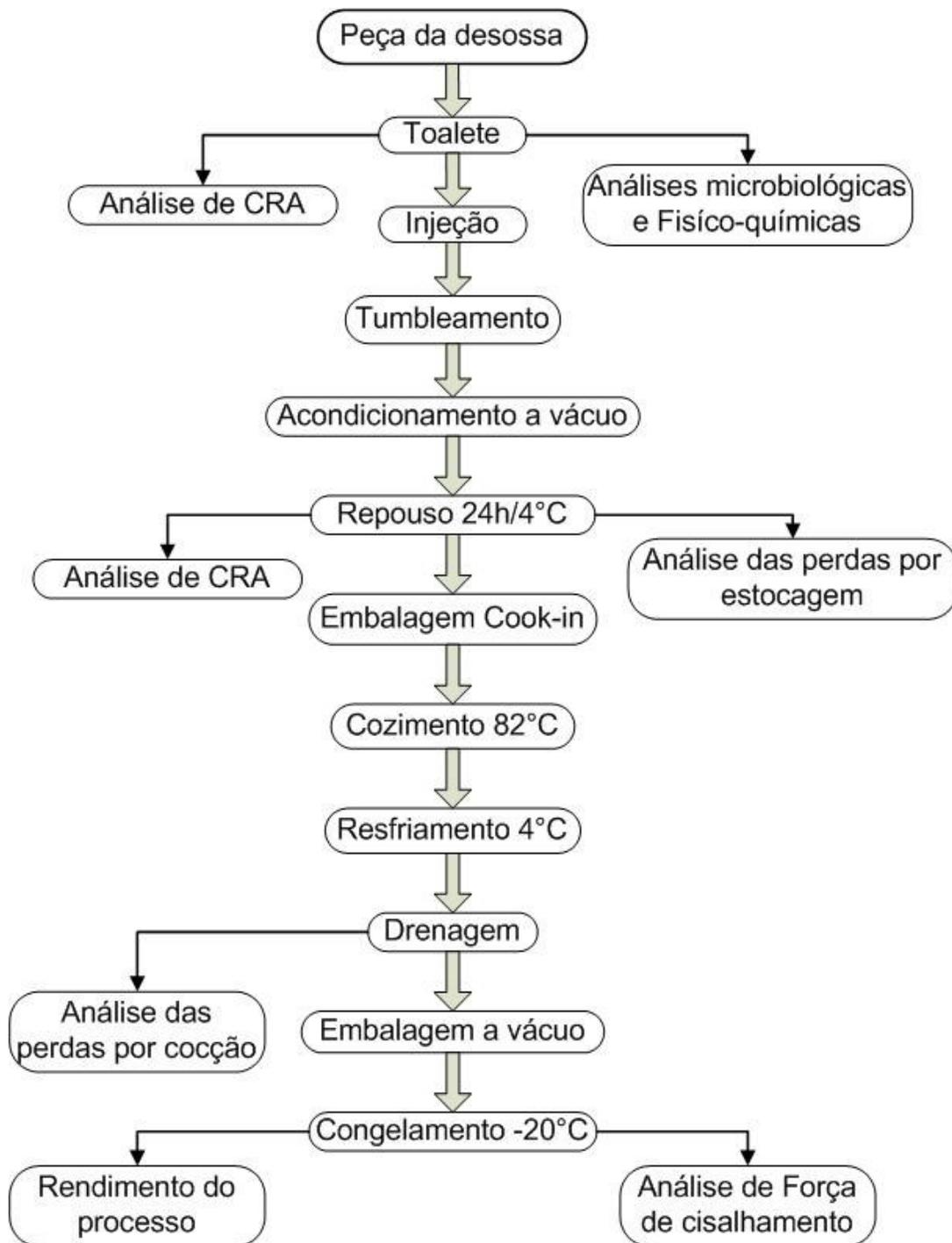


Figura 4. Fluxograma para o processamento experimental.

4.3 Análises físico-químicas

4.3.1 Análises físico-químicas antes da injeção

- pH com auxílio do potenciômetro de punção – METTLER-TOLEDO, modelo MP125.
- Composição centesimal: utilizou-se o equipamento FoodScan™ Pro Meat Analyser, fabricado pela empresa dinamarquesa FOSS. A metodologia utilizada, de nº 2007-04, tem aprovação da AOAC para análises de umidade, gordura, proteína e colágeno em carnes e produtos cárneos “in natura” e processados e segue a técnica de espectroscopia próxima ao infravermelho, trabalhando com transmissão na região entre 850 e 1050 nm. A análise de cinzas seguiu a metodologia descrita pela AOAC (1995), utilizando-se uma mufla a 550 °C. Os carboidratos foram obtidos por diferença percentual.
- Capacidade de retenção de água (CRA): utilizou-se a metodologia descrita por Wierbicki e Deatherage (1958) e adaptada por Silveira (1997). Amostras de aproximadamente 0,5g foram retiradas para realização das análises e colocadas sobre uma folha de papel filtro de 9,5 cm de diâmetro, da marca Whatmann nº 1. O conjunto amostra/ papel filtro foi prensado entre placas de acrílico em uma prensa hidráulica manual até uma pressão 500lb/pol², mantendo-se esta condição durante 1 minuto. Após a prensagem identificou-se cada conjunto de papéis, contornou-se com uma caneta a figura delimitada pela mancha da carne prensada (halo interno) e pelo líquido exsudado (halo externo). Posteriormente, mediram-se, com um planímetro, as áreas do halo interno ($P = \text{Área do filme}$) e do halo externo ($T = \text{Área total}$), como esquematizado no Anexo3/ Fig.1. Todas as análises foram realizadas em triplicata e a razão $G = P/T$ foi considerada como a expressão da capacidade de retenção de água e expressa em %.

4.3.2 Análises físico-químicas após a injeção

- Capacidade de retenção de água (CRA): determinada após a injeção e repouso por 24h a 4°C com a mesma metodologia descrita no item 4.3.1.
- Perdas de estocagem: após o período de 24h a 4°C, em embalagem a vácuo, através da metodologia adaptada de Detienne e Wicker (1999), dada pela expressão:

$$\% \text{ Perda por estocagem} = [(\text{Peso da peça após injeção} - \text{Peso da peça após 24h de repouso}) / \text{Peso da peça após injeção}] \times 100.$$

4.3.3 Análises físico-químicas após a cocção

- Maciez objetiva ou Força de cisalhamento: utilizou-se uma lâmina Warner-Bratzler plana de 1 mm de espessura, acoplada ao texturômetro TA-XT2i, posicionada a 2 cm acima da amostra (Anexo 4/ Fig.1). Seguiu-se o Protocolo de Amostragem para Averiguação da Força de Cisalhamento do Meat Animal Research Center, Nebraska (USDA-ARS, 2005), conforme Anexo 4 / Figuras: 2, 3 e 4. Foram retiradas 06 amostras de 1 cm de espessura e cada uma foi cisalhada em 05 pontos distintos com uma velocidade de corte de 500mm/min.
- Análise do Perfil de Textura (TPA): utilizou-se Texturômetro TA-TX2 (Stable Micro Systems Ltda.) com célula de carga de 50kg. Cada amostra foi cortada em cilindros de 2 cm de altura por 2,5 cm de diâmetro, no sentido paralelo à fibra muscular com um furador manual (Anexo 5/ Figuras: 1, 2 e 3). Cada cilindro foi comprimido por uma probe p45 de haste longa em dois ciclos consecutivos de 30% de compressão longitudinal cada, movendo-se a uma velocidade constante de 4mm/s. A coleta dos dados e a construção das curvas de TPA foram realizadas pelo programa Texture Expert, versão 1.11 (Stable Micro Systems Ltda.), padronizado para apresentar os parâmetros de dureza, elasticidade, coesividade, adesividade e mastigabilidade. A dureza é

definida pelo pico de força durante o primeiro ciclo de compressão. A elasticidade é dada pela razão entre o tempo desde o início da segunda área até o segundo pico e o tempo desde o início da primeira área até o primeiro pico (b/a). A coesividade é a razão entre as áreas do segundo e do primeiro pico (A2/A1). A adesividade corresponde à área de força negativa entre os dois ciclos de compressão (A3). A mastigabilidade é obtida multiplicando dureza x elasticidade x coesividade. De acordo com os objetivos propostos somente foram considerados os dados referentes à dureza e à mastigabilidade.

- Perdas da cocção: metodologia adaptada de Detienne e Wicker (1999), dada pela expressão:

$$\% \text{ Perda por cocção} = [(\text{Peso da peça após repouso de 24h} - \text{Peso da peça após cocção}) / \text{Peso da peça após repouso 24h}] \times 100.$$

- Rendimento do processo: metodologia adaptada de Detienne e Wicker (1999), dada pela expressão:

$$\% \text{ Rendimento} = 100 - [(\text{Peso da peça original antes da injeção} - \text{Peso da peça após a cocção}) / \text{Peso da peça original antes da injeção}] \times 100.$$

4.4 Análises Microbiológicas

Para efeito de controle da segurança do produto foram realizadas de acordo com Resolução - RDC nº 12 (ANVISA, 2001), segundo a metodologia descrita em *Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods*, as seguintes análises microbiológicas:

- Contagem de Coliformes a 45 °C por grama;
- Pesquisa de *Salmonella sp.* por 25 gramas;

- Contagem de Clostrídios sulfito redutores a 46 °C;
- Contagem de *Staphylococcus* coagulase positiva por grama.

4.5 Planejamento experimental e análise estatística

Adotou-se a metodologia de superfície de resposta (RODRIGUES & IEMMA, 2005), consistindo de três variáveis: Concentração de Tripolifosfato no produto final (**TPF**) variando até o máximo de 0,4% no produto final, Concentração da Fibra de Colágeno no produto final (**FIBRA**) entre 0,1% a 0,3% e o Nível de Solução Injetada (**NÍVEL**) entre 10% e 30%. Todas as análises físico-químicas foram realizadas em triplicata e os resultados tratados por análise de variância (ANOVA), para verificar se as amostras diferem estatisticamente. A comparação de médias foi realizada pelo teste de Tuckey sendo a diferença mínima estabelecida ao nível de 5% de significância. Os cálculos foram realizados através do programa STATISTICA, versão 6.0.

4.6 Ensaios Experimentais

Os experimentos obedeceram a um delineamento composto central rotacional (18 ensaios), utilizando-se um esquema fatorial completo 2^3 , incluindo 6 pontos axiais e 4 pontos centrais para avaliação do erro puro, sendo as variáveis: concentração de tripolifosfato de sódio no produto final (**TPF**) da fibra de colágeno no produto final (**FIBRA**) e nível de solução injetada na amostra (**NÍVEL**).

Os cortes injetados foram embalados a vácuo e permaneceram em repouso por 24 horas sob a temperatura de 4°C para garantir a difusão interna da solução injetada, após este período passaram pelo processo de cocção industrial, descrito no item 4.2, para a fabricação de “Cooked Frozen Beef” .

O delineamento experimental codificado está representado na Tabela 1. Os ensaios foram realizados em triplicata. O padrão foi injetado com uma salmoura constituída somente de água e sal a 1,0% nos níveis de injeção propostos no experimento. Os ensaios decodificados estão especificados na Tabela 2.

Tabela 1. Delineamento experimental codificado para tripolifosfato de sódio (TPF), fibra de colágeno (FIBRA) e nível de injeção da solução (NÍVEL).

Ensaio	TPF	FIBRA	NÍVEL
1	-1	-1	-1
2	+1	-1	-1
3	-1	+1	-1
4	+1	+1	-1
5	-1	-1	+1
6	+1	-1	+1
7	-1	+1	+1
8	+1	+1	+1
9	-1,68	0	0
10	+1,68	0	0
11	0	-1,68	0
12	0	+1,68	0
13	0	0	-1,68
14	0	0	+1,68
15	0	0	0
16	0	0	0
17	0	0	0
18	0	0	0

Obs.: -1: nível inferior; +1: nível superior; -1,68: ponto axial inferior; +1,68: ponto axial superior; 0: ponto central.

Para o delineamento composto central rotacional completo com 3 variáveis foram necessários 18 ensaios que proporcionaram dados suficientes para se estabelecer uma correlação completa entre eles.

Utilizaram-se oito ensaios em pontos nos quais não havia repetição de nenhuma das 3 condições variantes. Isto permitiu que todas as combinações estatísticas fossem contempladas, mas pode mascarar o erro experimental do processo per si.

Os ensaios repetidos com as variáveis fixadas no ponto central do processo permitiram determinar o erro experimental e o erro estatístico puro, além de provarem a reprodutibilidade do processo na sua totalidade. Por isto foram os

primeiros quatro ensaios a serem efetuados e analisados estatisticamente, uma vez que determinariam a trajetória do experimento.

Para alcançar todos os objetivos específicos propostos neste projeto, principalmente o de otimizar os níveis de adição dos ingredientes injetados, foi necessário cobrir os pontos máximos das variáveis escolhidas. Realizaram-se então mais seis ensaios que permitiram analisar os efeitos de cada variável no processo bem como as interações entre estes efeitos.

A amostra padrão consistiu do corte de referência injetado somente com salmoura a 1% de sal nos níveis estipulados, deste modo acrescentaram-se cinco ensaios distintos na condição de padrão injetados a 10%, 14%, 20%, 26% e 30%.

Tabela 2. Condições experimentais na formulação da salmoura para tripolifosfato de sódio, fibra de colágeno e nível de injeção da solução.

Ensaio	TPF (%)	FIBRA (%)	NÍVEL (%)
1	0,08	0,14	14
2	0,32	0,14	14
3	0,08	0,26	14
4	0,32	0,26	14
5	0,08	0,14	26
6	0,32	0,14	26
7	0,08	0,26	26
8	0,32	0,26	26
9	0	0,2	20
10	0,4	0,2	20
11	0,2	0,1	20
12	0,2	0,3	20
13	0,2	0,2	10
14	0,2	0,2	30
15	0,2	0,2	20
16	0,2	0,2	20
17	0,2	0,2	20
18	0,2	0,2	20
19 (P1)	0	0	10
20 (P2)	0	0	14
21 (P3)	0	0	20
22 (P4)	0	0	26
23 (P5)	0	0	30

Obs: Os pontos 19, 20, 21, 22 e 23 representam os diferentes níveis de injeção dos padrões apenas com 1% de NaCl.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Composição Centesimal

Tabela 3. Composição centesimal média das amostras dos cortes *in natura* em % (antes da injeção).

	m. Peitoral profundo	m. Tríceps braquial
Umidade	74,49	74,74
Gordura	2,69	2,26
Proteína	20,88	19,93
Cinzas	1,07	1,08
Carboidratos	0,87	1,99
Colágeno*	1,28	1,30

Obs: colágeno* = % em relação à amostra total.

Tabela 4. Composição centesimal média das amostras dos cortes injetados em %.

	m. Peitoral profundo	m. Tríceps braquial
Umidade	76,74	75,88
Gordura	1,38	1,62
Proteína	21,62	21,17
Cinzas	0,99	0,72
Carboidratos	0,76	1,61
Colágeno*	2,53	2,78

Obs: colágeno* = % em relação à amostra total.

5.2 Análises Microbiológicas

Tabela 5. Análise Microbiológica das amostras dos cortes *in natura* em UFC/g (antes da injeção).

	Peitoral profundo	Tríceps braquial
Clostridium Sulfito redutor	150	40
Staphylococcus Aureus	220	190
E.Coli	10	20
Colif.Total	120	60
Colif. Fecal	10	20
Salmonella	ausente	ausente

Tabela 6. Análise Microbiológica das amostras dos cortes injetados, cozidos e drenados em UFC/g.

	Peitoral profundo	Tríceps braquial
Clostridium Sulfito redutor	<1	<1
Staphylococcus Aureus	<1	<1
Cont.Total Mesofilos	5600	1100
E.Coli	<1	<1
Colif.Total	40	40
Colif. Fecal	<1	<1
Salmonella	ausente	ausente

5.3 Rendimento do Processo

5.3.1 Resultados do rendimento para o m. Peitoral profundo

A formulação referente ao ensaio 8, onde todos os ingredientes variantes estão em nível máximo e a formulação referente ao ensaio 13, onde o TPF e a

fibra de colágeno estão no nível médio e a injeção ao menor nível apresentaram os maiores rendimentos de processo. Este perfil também se aplica às menores perdas por cocção, mas não necessariamente às menores perdas durante a estocagem (Tabela 7).

A maior perda durante a estocagem foi obtida no ensaio 8, cuja formulação era composta pelos níveis máximos dos ingredientes, já as menores perdas foram obtidas nos ensaios 4 e 13 (Tabela 7).

Os rendimentos de processo obtidos nos ensaios 19, 20, 21, 22 e 23, que representam os padrões, foram menores que as formulações injetadas. Os ensaios 15, 16, 17 e 18, (Fig.5 e Tabela 7), cujas variáveis estão fixadas no ponto central do processo, apresentaram respostas com baixo desvio padrão (Tabela 8) e baixo erro puro (Tab. 10), que garantem a reprodutibilidade do experimento.

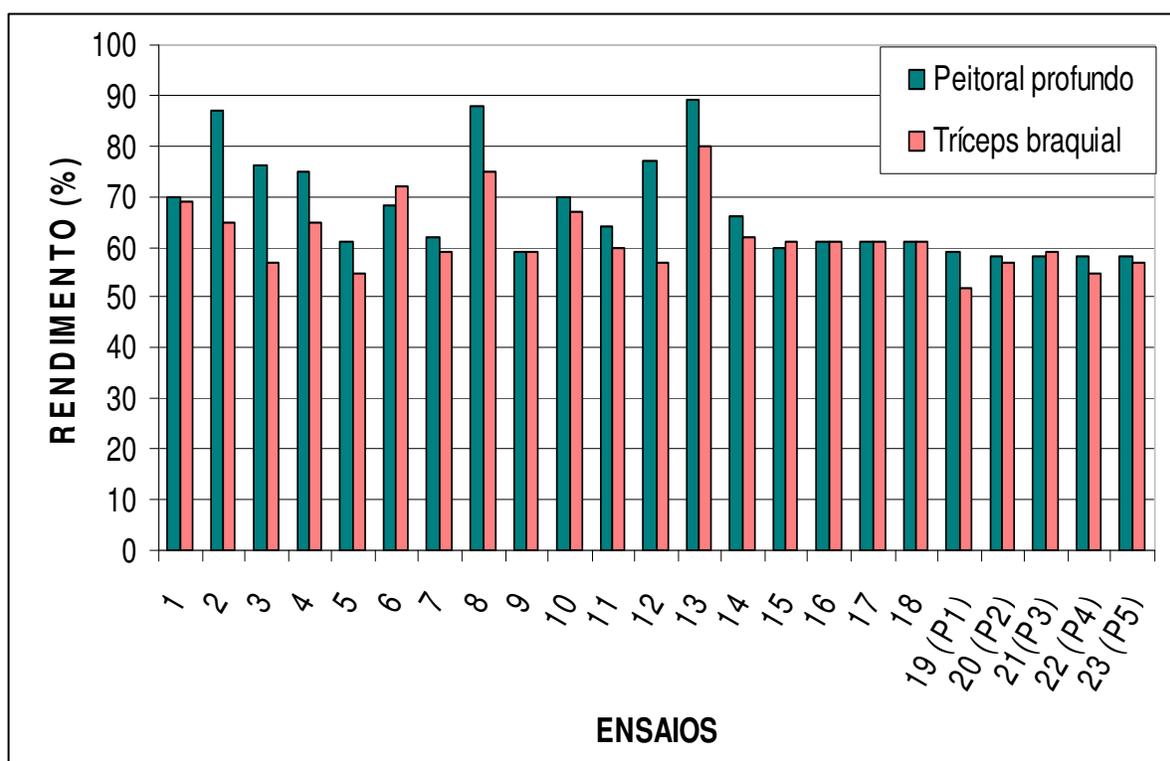


Figura 5. Padrão de resposta dos músculos: Peitoral profundo e Tríceps braquial quanto ao rendimento do processo.

Tabela 7. Rendimento Total; % de Perdas por estocagem e cocção do músculo Peitoral profundo.

Ensaio	Peso em Kg				Perdas em %		Rendimento em %
	peso1	peso2	peso3	peso4	Estocagem	Cocção	
1	1,585	1,830	1,540	1,105	16	28	70
2	2,070	2,475	2,230	1,800	10	19	87
3	2,915	3,645	3,265	2,215	10	32	76
4	2,560	2,949	2,730	1,915	7	30	75
5	2,300	2,775	2,445	1,410	12	42	61
6	1,640	2,030	1,795	1,115	12	38	68
7	3,025	3,810	3,275	1,875	14	43	62
8	1,195	1,582	1,295	1,055	18	19	88
9	2,200	2,675	2,275	1,300	15	43	59
10	0,925	1,093	0,970	0,650	11	33	70
11	1,460	1,725	1,520	0,930	12	39	64
12	2,210	3,010	2,665	1,710	11	36	77
13	2,435	2,835	2,610	2,155	8	17	89
14	2,805	3,580	3,275	1,855	9	43	66
15	1,435	1,730	1,535	0,855	11	44	60
16	1,525	1,805	1,560	0,925	14	41	61
17	1,555	1,840	1,600	0,955	13	40	61
18	1,445	1,690	1,485	0,880	12	41	61
19 (P1)	2,235	2,650	2,234	1,315	16	41	59
20 (P2)	2,335	2,750	2,327	1,344	15	42	58
21(P3)	2,405	2,910	2,420	1,395	17	42	58
22 (P4)	2,425	2,870	2,432	1,397	15	43	58
23 (P5)	2,520	3,155	2,585	1,460	18	44	58

Obs: Peso1= peça “in natura”; Peso2= peça após injeção e tumbleamento; Peso3= peça após descanso de 24h a 4°C; Peso4= peça após cozimento e drenagem.

Tabela 8. Resposta do m. Peitoral profundo frente aos ensaios repetidos com as variáveis fixadas nos pontos centrais do processo.

Ensaio	perdas		Rendimento (%)
	Estocagem (%)	por Cocção (%)	
15	11	44	60
16	14	41	61
17	13	40	61
18	12	41	61
média	12,5	41,5	60,8
desvpd	1,1	1,5	0,4

Tabela 9. Coeficientes de regressão para o rendimento do m. Peitoral profundo.

Coeficientes de Regressão; Var.REND-PP; R² =,85				
3 factors, 1 Blocks, 18 Runs				
Efeito	Coef. Reg	Erro Padrão	t(8)*	p
Média/Interação	60,66	2,84	21,4	2E-08
(1)TPF (L)	4,94	1,54	3,2	1E-02
TPF (Q)	1,74	1,60	1,1	3E-01
(2)FIBRA (L)	2,70	1,54	1,8	1E-01
FIBRA (Q)	3,87	1,60	2,4	4E-02
(3)NIVEL (L)	-4,96	1,54	-3,2	1E-02
NIVEL (Q)	6,34	1,60	4,0	4E-03
1L & 2 L	0,13	2,01	0,1	1E+00
1L & 3 L	2,13	2,01	1,1	3E-01
2L & 3 L	3,38	2,01	1,7	1E-01

* t(8) = efeito/erro padrão.

Tabela 10. Análise de variância para o rendimento do m. Peitoral profundo.

ANOVA; Var.:REND-PP; R² =,85; F tab.* = 4,1; Ftab.**= 2,9					
3 factors, 1 Blocks, 18 Runs					
FV	SQ	GL	QM	Fcalc	p
Regressão	1489,5	3	496,5	15,4	5E-04
Resíduo	258,1	8	32,3		
Falta de Ajuste	257,34	5	51,5	205,9	5E-04
Erro Puro	0,75	3	0,25		
Total	1747,61	11	158,9		

FV= fonte de variação; SQ= soma dos quadrados; GL= graus de liberdade; QM= quadrado médio (QM= SQ/GL); Fcalc, reg= QM regressão/QM resíduo; Fcalc,f.aj.= QM falta de ajuste/QM erro puro.
* $\alpha = 5\%$; ** $\alpha = 10\%$.

Observa-se uma diferença significativa entre os tratamentos, uma vez que a média do coeficiente de regressão possui $p << 0,05$ (Tab.9).

As variações das respostas podem ser explicadas em 85% e o processo é validado, pois o Fcalc. \gg Ftab. para $\alpha = 5\%$ e $\alpha = 10\%$ (Tab. 10).

Verifica-se um efeito favorável ao aumento do rendimento do processo a adição de TPF, porém, percebe-se que a variação do nível de solução injetada é o fator que mais influi no rendimento total do processo, maiores valores absolutos para t(8) no seu efeito linear e quadrático, (Tab.9), sendo recomendável a injeção da salmoura em níveis inferiores a 20% (Fig. 6 e 7).

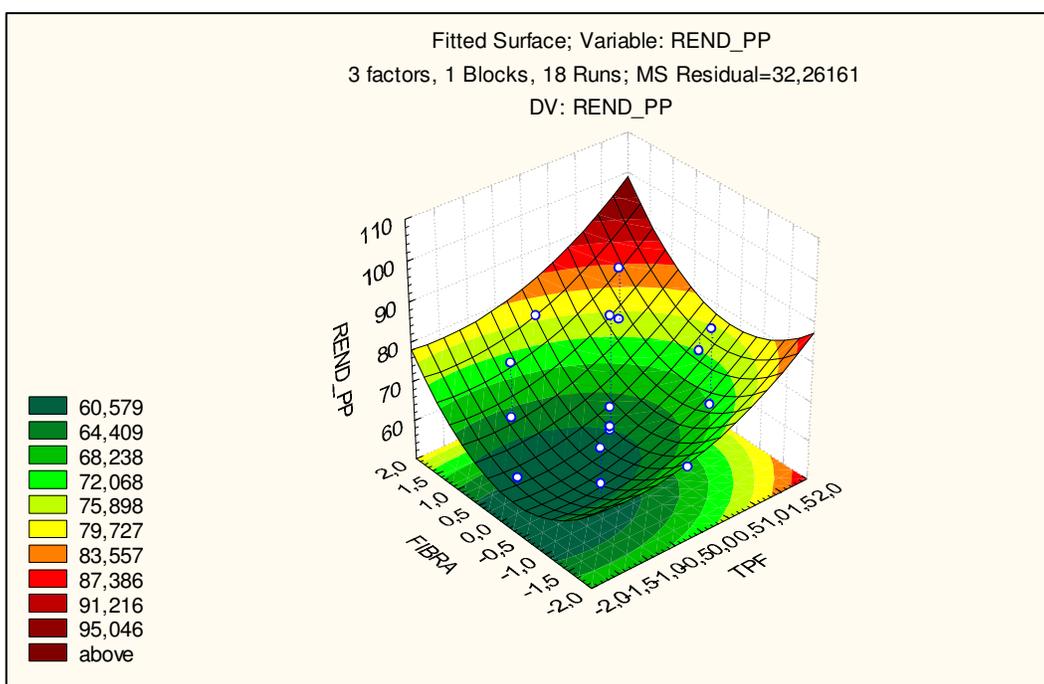


Figura 6. Superfície de resposta do m. Peitoral profundo quanto ao rendimento do processo, variando-se o teor de fibra de colágeno e tripolifosfato e mantendo o nível de injeção em 20%.

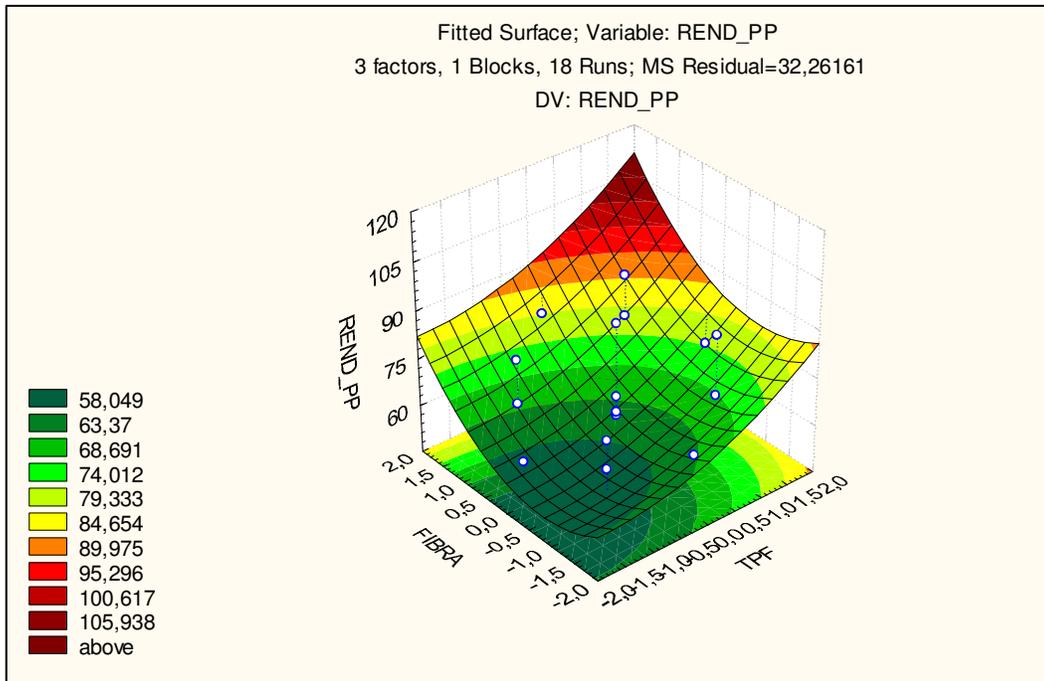


Figura 7. Superfície de resposta do m. Peitoral profundo quanto ao rendimento do processo, variando-se o teor de fibra de colágeno e tripolifosfato e mantendo o nível de injeção em 26%.

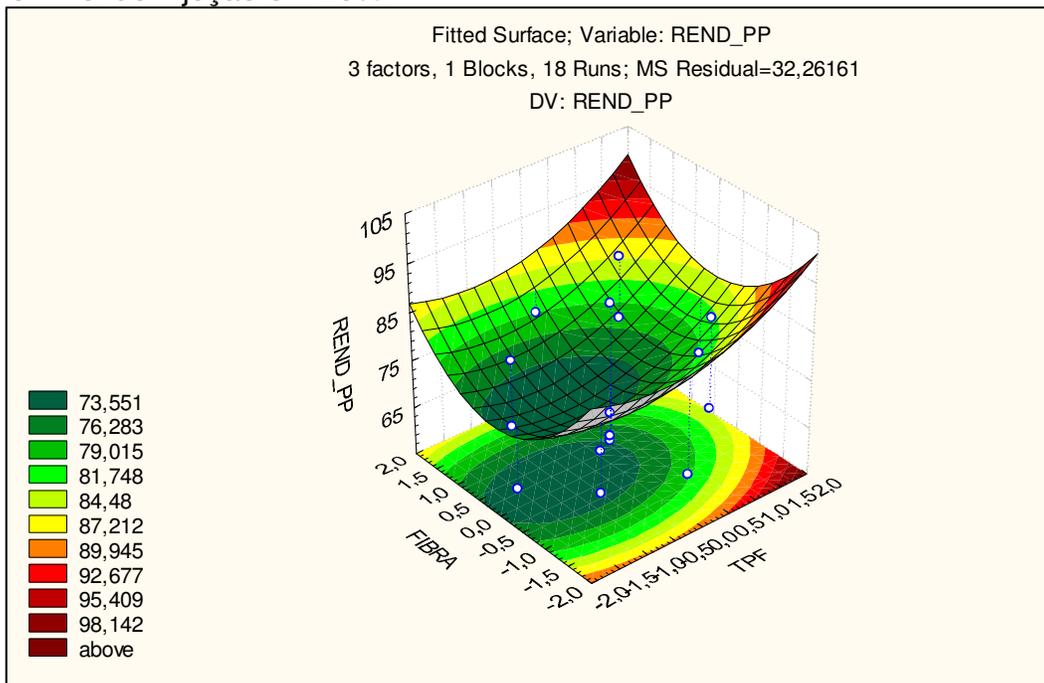


Figura 8. Superfície de resposta do m. Peitoral profundo quanto ao rendimento do processo, variando-se o teor de fibra de colágeno e tripolifosfato e mantendo o nível de injeção em 14%.

5.3.2 Resultados do rendimento para o m. *Tríceps braquial*

Novamente a formulação referente ao ensaio 8, onde todos os ingredientes variantes estão em nível máximo e a formulação referente ao ensaio 13, onde o Tripolifosfato e a fibra de colágeno estão no nível médio e a injeção ao menor nível apresentaram os maiores rendimentos de processo. Este perfil também se aplica às menores perdas por cocção, mas não necessariamente às menores perdas durante a estocagem (Tabela 12).

As menores perdas durante a estocagem foram obtidas nos ensaios 1, 2, 3 e 4 (Tabela 12), sugerindo que o nível de solução injetado seja o fator determinante para minimizar este efeito quando os níveis de tripolifosfato e da fibra de colágeno estiverem em extremos opostos.

Os resultados de rendimento obtidos nos ensaios 19, 20, 21, 22 e 23 (Tabela 9), cuja formulação é composta somente por uma salmoura de NaCl a 1%, foram menores que os ensaios contendo os demais ingredientes da formulação.

Os ensaios 15, 16, 17 e 18 (Fig. 5), cujas variáveis estão fixadas no ponto central do processo apresentaram respostas com baixo desvio padrão, que garantem a reprodutibilidade do experimento (Tabela 11), este dado é igualmente confirmado pelo valor do erro puro obtido na análise de variância (Tab.14).

Tabela 11. Resposta do m. *Tríceps braquial* frente aos ensaios repetidos com as variáveis fixadas nos pontos centrais do processo.

Ensaio	perdas Estocagem (%)	por Cocção (%)	Rendimento (%)
15	18	40	61
16	17	38	61
17	19	39	61
18	17	40	61
média	17,8	39,3	61,0
desvpd	0,8	0,8	0,0

Tabela 12. Rendimento Total; % de perdas por estocagem e cocção do m. Tríceps braquial.

Ensaio	Peso em Kg				Perdas em %		Rendimento em %
	peso1	peso2	peso3	peso4	Estocagem	Cocção	
1	0,815	0,990	0,865	0,560	13	35	69
2	0,865	0,970	0,845	0,565	13	33	65
3	1,710	1,900	1,635	0,975	14	40	57
4	1,470	1,677	1,445	0,955	14	34	65
5	1,395	1,717	1,425	0,770	17	46	55
6	1,215	1,510	1,280	0,87	15	32	72
7	1,635	2,065	1,685	0,965	18	43	59
8	1,340	1,582	1,310	1,000	17	24	75
9	1,505	1,815	1,540	0,895	15	42	59
10	1,015	1,244	1,025	0,685	18	33	67
11	0,935	1,125	0,915	0,560	19	39	60
12	1,685	1,905	1,615	0,965	15	40	57
13	1,600	1,990	1,670	1,280	16	23	80
14	1,135	1,445	1,185	0,700	18	41	62
15	1,255	1,535	1,265	0,765	18	40	61
16	1,090	1,285	1,070	0,660	17	38	61
17	0,900	1,115	0,900	0,550	19	39	61
18	1,030	1,260	1,045	0,630	17	40	61
19 (P1)	1,735	1,885	1,468	0,900	22	39	52
20 (P2)	1,550	1,745	1,346	0,879	23	35	57
21(P3)	1,695	2,075	1,585	1,005	24	37	59
22 (P4)	1,760	2,130	1,680	0,975	21	42	55
23 (P5)	1,395	1,695	1,330	0,790	22	41	57

Obs: Peso1= peça in natura; Peso2= peça após injeção e tumbleamento; Peso3= peça após descanso de 24h a 4°C; Peso4= peça após cozimento e drenagem.

Os tratamentos diferem entre si, $p << 0,05$ (Tab. 13) e $F_{calc.} >> F_{tab.}$ (Tab.14).

Nota-se que o TPF e o nível de solução injetada apresentam tanto um efeito individual como interação linearmente. A fibra de colágeno possui um efeito menos significativo entre os ensaios, menores valores absolutos de $t(8)$, porém sua interação com o nível de solução injetada é significativa (Tabela 13).

Quando se trabalha com níveis mais altos de injeção, na faixa entre 20% (Fig. 9) e 26% (Fig.10), um alto rendimento só pode ser obtido mantendo-se o tripolifosfato nos maiores índices estudados. Um processamento em níveis de injeção de 14% ou menores possibilita um alto rendimento para o processamento de carne cozida congelada elaborado com o m. Tríceps braquial sem a utilização de TPF, permitindo ainda a adição de até 0,2% de fibra de colágeno (Fig. 11).

Tabela 13. Coeficientes de regressão para o rendimento do m. Tríceps braquial.

Coeficientes de Regressão; Var.REND-TB; R² =,79					
3 factors, 1 Blocks, 18 Runs					
Efeito	Coef. Reg	Erro Padrão	t(8)*	p	
Média/Interação	60,99	2,21	27,6	3E-09	
(1)TPF (L)	3,69	1,20	3,1	1E-02	
TPF (Q)	0,76	1,24	0,6	6E-01	
(2)FIBRA (L)	-0,74	1,20	-0,6	6E-01	
FIBRA (Q)	-0,83	1,24	-0,7	5E-01	
(3)NIVEL (L)	-1,85	1,20	-1,5	2E-01	
NIVEL (Q)	3,59	1,24	2,9	2E-02	
1L & 2 L	1,38	1,56	0,9	4E-01	
1L & 3 L	3,63	1,56	2,3	5E-02	
2L & 3 L	2,38	1,56	1,5	2E-01	

* t(8) = efeito/erro padrão.

Tabela 14. Análise de variância para o rendimento do m. Tríceps braquial.

ANOVA; Var.:REND-TB; R² =,79; F tab.* = 4,1; Ftab.**= 2,9						
3 factors, 1 Blocks, 18 Runs						
FV	SQ	GL	QM	Fcalc	p	
Regressão	603,3	3	201,1	10,3		
Resíduo	156,7	8	19,6			
Falta de Ajuste	156,7	5	31,3		3E-09	
Erro Puro	0,0	3	0,00			
Total	760,0	11	69,1			

FV= fonte de variação; SQ= soma dos quadrados; GL= graus de liberdade; QM= quadrado médio (QM= SQ/GL); Fcalc, reg= QM regressão/QM resíduo; Fcalc,f.aj.= QM falta de ajuste/QM erro puro.

* α = 5%; ** α = 10%.

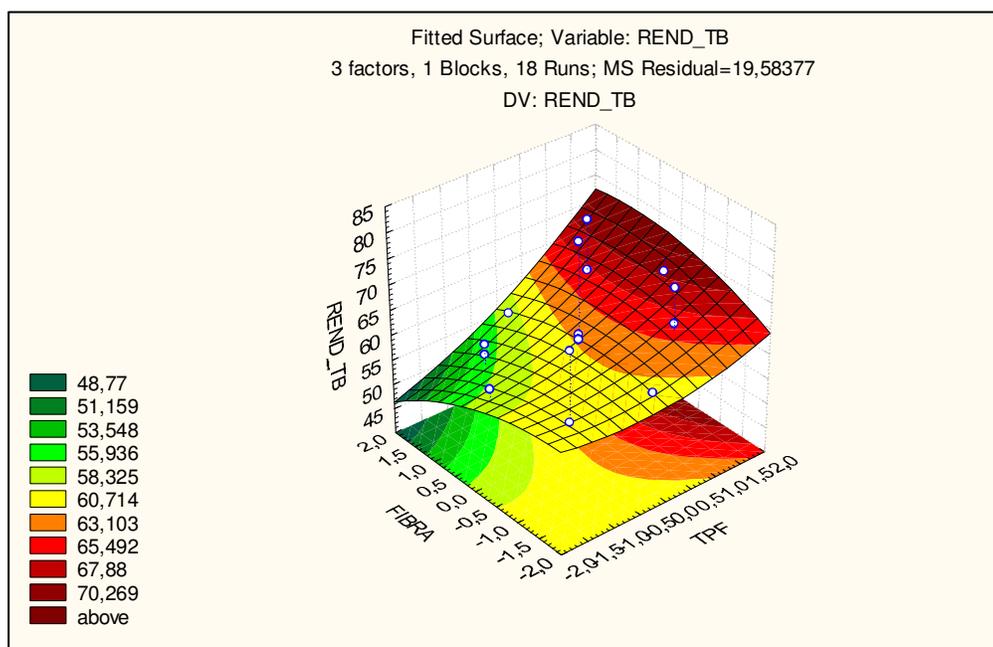


Figura 9. Superfície de resposta do m. Tríceps braquial quanto ao rendimento do processo, variando-se o teor de fibra de colágeno e tripolifosfato e mantendo o nível de injeção em 20%.

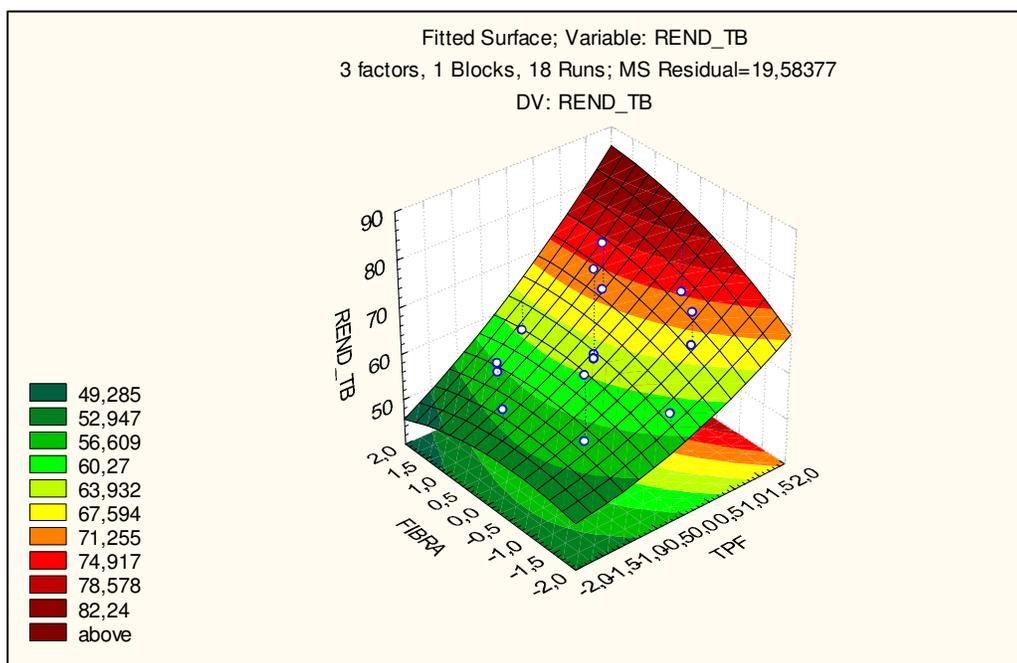


Figura 10. Superfície de resposta do m. Tríceps braquial quanto ao rendimento do processo, variando-se o teor de fibra de colágeno e tripolifosfato e mantendo o nível de injeção em 26%.

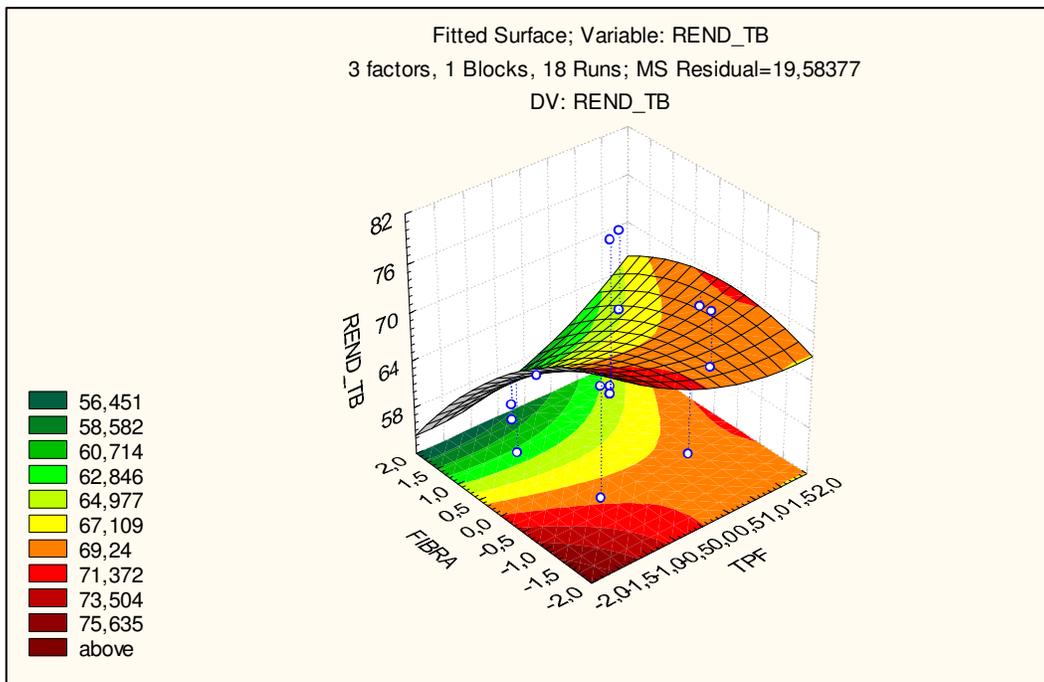


Figura 11. Superfície de resposta do m. Tríceps braquial quanto ao rendimento do processo, variando-se o teor de fibra de colágeno e tripolifosfato e mantendo o nível de injeção em 14%.

5.3.3 Comparação entre os músculos: Tríceps braquial e Peitoral profundo frente ao rendimento do processo

Os dois músculos em estudo revelaram comportamentos semelhantes frente às formulações utilizadas (Fig. 5).

Todas as formulações apresentaram rendimento maior que os cortes padrão, injetados somente com salmoura de NaCl a 1% (Tabelas 7 e 12). Percebe-se que o grau de injeção atua inversamente ao rendimento, para os dois cortes estudados. No entanto, o m. Peitoral profundo respondeu às formulações com rendimentos maiores que o m. Tríceps braquial (Fig. 5). Podemos atribuir a este comportamento o fato da anatomia peculiar da peça muscular do Peitoral profundo (Anexo 2 / Fig. 2 e 5) que lhe proporciona maior área de contato com as agulhas injetoras, melhorando a distribuição da salmoura injetada.

5.4 Capacidade de Retenção de Água

5.4.1 Respostas do m. Peitoral profundo quanto a CRA

O m. Peitoral profundo apresentou diferença significativa quanto às formulações das salmouras injetadas, uma vez que o coeficiente de regressão médio possui $p < 0,05$ e alto valor para t (8) (Tabela 16). O efeito do tripolifosfato de sódio em melhorar a capacidade de retenção de água, amplamente divulgado na literatura foi menor que o da fibra natural de colágeno (Tabela 16). Nota-se interação tanto da fibra de colágeno com o tripolifosfato quanto da fibra de colágeno com o nível injetado, revelando uma ação positiva da fibra natural de colágeno no incremento deste atributo (Tabelas: 16 e 17).

O ensaio 9 (Tabela 5), que foi realizado sem a presença de tripolifosfato de sódio na formulação apresentou um aumento na capacidade de retenção de água pontual de 26% em relação ao músculo que não sofreu injeção revelando a ação positiva da fibra natural de colágeno em substituição do TPF na fabricação de “Cooked Frozen Beef”, este dado pode ser comprovado pelo valor estatístico de p para o efeito quadrático da fibra de colágeno apresentado na Tabela 16 e confirmado na Figura 14.

Nas formulações onde o tripolifosfato de sódio foi mantido no nível médio de 0,20% as respostas de aumento na CRA são influenciadas pelo aumento do nível de injeção imposto ao corte cárneo. Neste nível de TPF, o músculo responde favoravelmente ao aumento da fibra natural de colágeno com injeção da formulação até ao nível de 26%, mantendo altos índices de CRA (Fig. 13)

A variação entre os efeitos é significativa, $F_{cal.} >> F_{tab.}$ (Tab.17), explicada em 84% através do R^2 (Tabelas: 16 e 17).

Tabela 15. Capacidade de retenção de água (%) do m. Peitoral profundo antes e depois da injeção e variação do processo.

Ensaio	CRA (%)		Variação (%) ¹
	Com Injeção	Sem Injeção	
1	68	40	40
2	64	48	24
3	58	51	12
4	83	47	44
5	50	44	12
6	59	49	17
7	61	44	28
8	90	47	48
9	52	38	26
10	61	39	36
11	61	48	21
12	52	42	20
13	72	41	43
14	46	40	13
15	60	34	43
16	59	34	43
17	61	35	42
18	60	35	42
19	51	48	5
20	49	48	4
21	56	54	2
22	47	45	5
23	45	44	3

Obs: ¹Variação: (Com injeção – Sem injeção) / Com injeção * 100.

Tabela 16. Coeficientes de regressão para capacidade de retenção de água nos ensaios com o m. Peitoral profundo.

Coeficientes de Regressão; Var.CRA-PP; R² =,84				
3 factors, 1 Blocks, 18 Runs				
Efeito	Coef. Reg	Erro Padrão	t(8)*	p
Média/Interação	0,42	0,04	11,5	3E-06
(1)TPF (L)	0,04	0,02	2,1	7E-02
TPF (Q)	-0,03	0,02	-1,7	1E-01
(2)FIBRA (L)	0,03	0,02	1,4	2E-01
FIBRA (Q)	-0,07	0,02	-3,4	9E-03
(3)NIVEL (L)	-0,05	0,02	-2,4	4E-02
NIVEL (Q)	-0,04	0,02	-2,2	6E-02
1L & 2 L	0,08	0,03	3,0	2E-02
1L & 3 L	0,01	0,03	0,4	7E-01
2L & 3 L	0,07	0,03	2,7	3E-02

* t(8) = efeito/erro padrão.

Tabela 17. Análise de variância para capacidade de retenção de água nos ensaios com o músculo Peitoral profundo.

ANOVA; Var.:CRA-PP; R² =,84; F tab.* = 4,1; Ftab.**= 2,9					
3 factors, 1 Blocks, 18 Runs					
FV	SQ	GL	QM	Fcalc	p
Regressão	2347,79	3	782,6	14,4	7E-05
Resíduo	435,71	8	54,5		
Falta de Ajuste	435,39	5	87,1	816,5	7E-05
Erro Puro	0,32	3	0,11		
Total	2783,50	11	253,0		

FV= fonte de variação; SQ= soma dos quadrados; GL= graus de liberdade; QM= quadrado médio (QM= SQ/GL); Fcalc, reg= QM regressão/QM resíduo; Fcalc,f.aj.= QM falta de ajuste/QM erro puro.

* α = 5%; ** α = 10%.

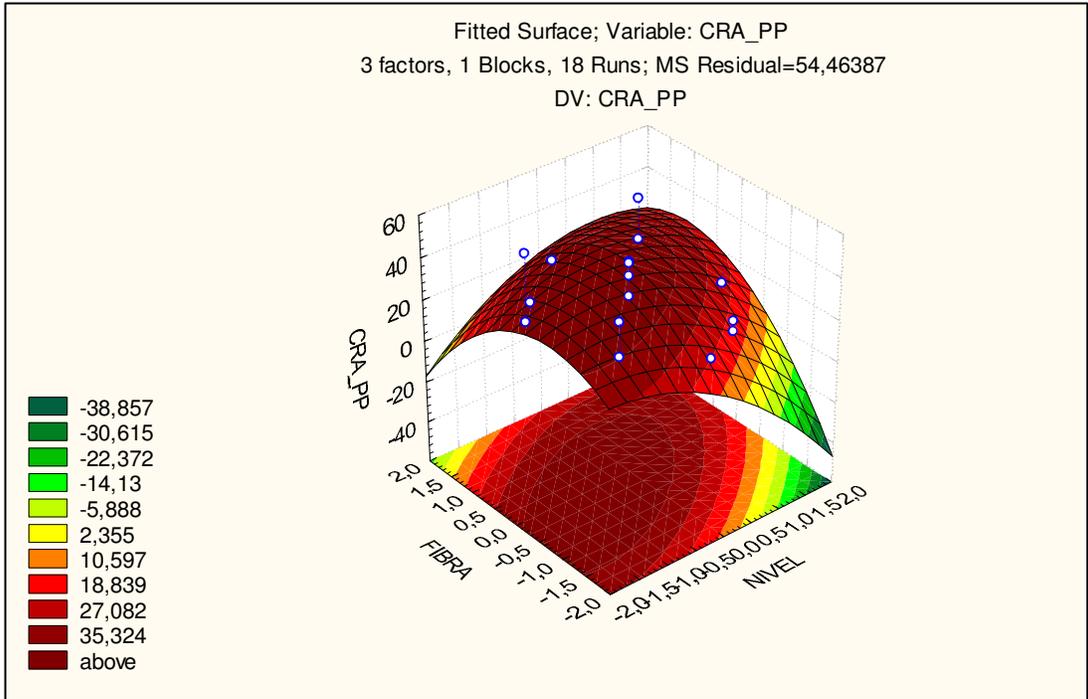


Figura 12. Resposta de CRA para o Peitoral profundo, variando-se o nível de injeção e o teor de fibra e mantendo o nível de TPF no valor médio (TPF= 0,20%)

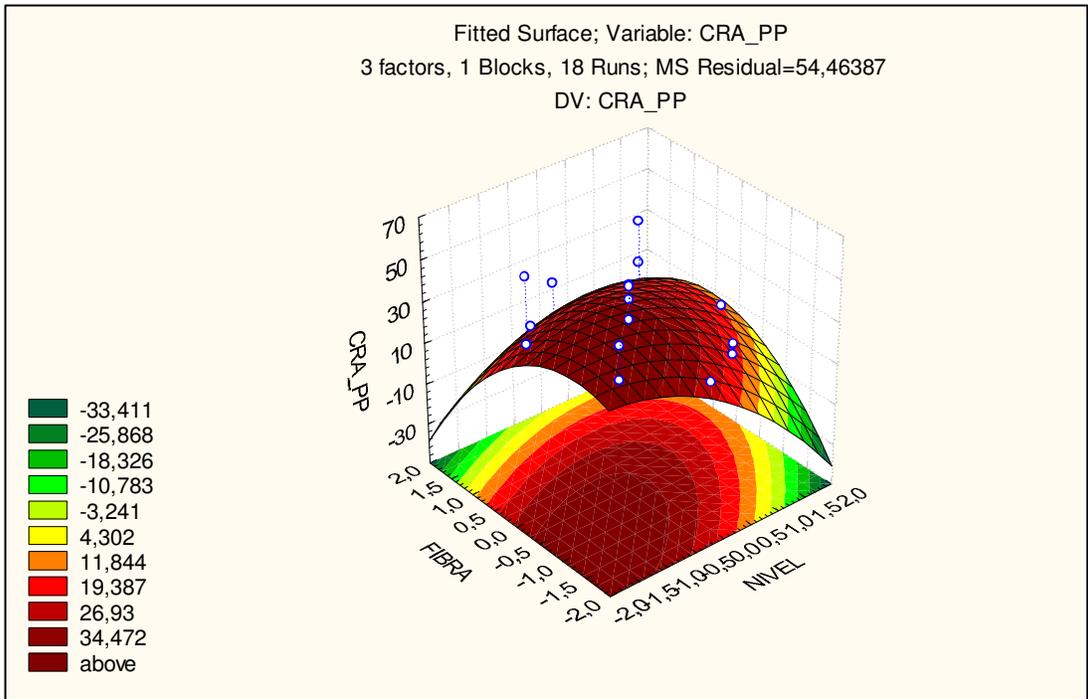


Figura 13. Resposta de CRA para o Peitoral profundo, variando-se o nível de injeção de fibra e mantendo o nível de TPF no valor mínimo (TPF= 0,08%).

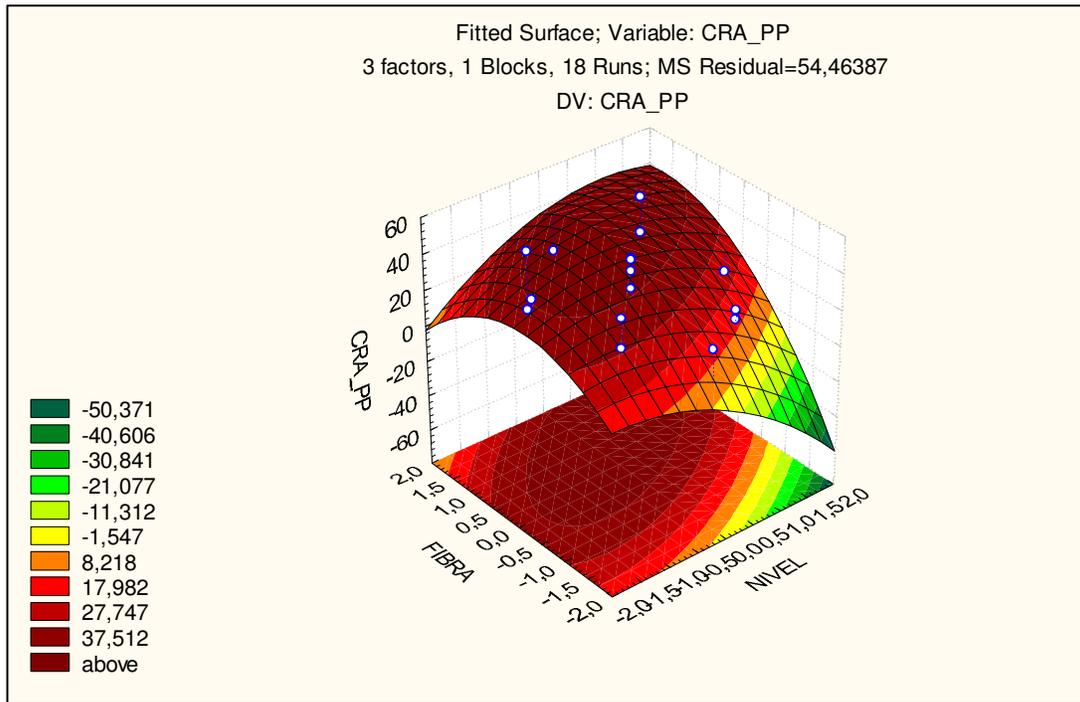


Figura 14. Resposta de CRA para o Peitoral profundo, variando-se o nível de injeção e de fibra e mantendo o nível de TPF no valor máximo (TPF= 0,32%)

5.4.2 Respostas do m. Tríceps braquial quanto a CRA

Com o nível mínimo de TPF, 0,08%, a variação da fibra de colágeno pode ocorrer dentro da faixa entre 0,14% e 0,26%, mas o nível de formulação injetada na peça deve permanecer abaixo de 20% para não alterar negativamente a CRA, sendo o melhor desempenho obtido com os níveis de injeção na faixa de 10 a 14% (Fig. 17).

A melhor resposta é observada quando os níveis de solução injetada são mantidos em torno de 14%, quando se tem liberdade para alterar as quantidades de TPF e Fibra de Colágeno em toda a faixa estudada e garantir um alto desempenho na CRA (Fig. 16, 17 e 18).

O baixo valor do erro puro garante a reprodutibilidade do processo, (Tabela 20).

Tabela 18. Capacidade de retenção de água (%) do m. Tríceps braquial antes e depois da injeção e variação do processo.

Ensaio	CRA (%)		Variação (%) ¹
	Com Injeção	Sem Injeção	
1	79	47	40
2	61	43	30
3	54	45	17
4	77	41	47
5	46	40	14
6	47	38	19
7	53	38	30
8	79	43	46
9	51	42	18
10	68	40	41
11	64	49	23
12	61	46	24
13	84	44	48
14	48	41	14
15	70	41	42
16	69	40	41
17	70	41	42
18	70	40	42
19	51	49	3
20	51	50	2
21	53	52	3
22	55	54	2
23	50	48	3

Obs: ¹Variação: (Com injeção – Sem injeção) / Com injeção * 100.

O nível de solução injetada é o efeito mais significativo, atuando negativamente ao aumento da CRA, $t(8) = -3,3$, porém a sua interação com a fibra de colágeno favorece o aumento da CRA, $t(8) = 2,6$ (Tab.19).

Tabela 19. Coeficientes de regressão para capacidade de retenção de água nos ensaios com o músculo Tríceps braquial.

Coeficientes de Regressão; Var.CRA-TB; R² =,86				
3 factors, 1 Blocks, 18 Runs				
Efeito	Coef. Reg	Erro Padrão	t(8)*	p
Média/Interação	41,57	3,33	12,5	2E-06
(1)TPF (L)	6,07	1,80	3,4	1E-02
TPF (Q)	-3,64	1,88	-1,9	9E-02
(2)FIBRA (L)	2,82	1,80	1,6	2E-01
FIBRA (Q)	-5,71	1,88	-3,0	2E-02
(3)NIVEL (L)	-5,96	1,80	-3,3	1E-02
NIVEL (Q)	-3,05	1,88	-1,6	1E-01
1L & 2 L	6,33	2,36	2,7	3E-02
1L & 3 L	0,27	2,36	0,1	9E-01
2L & 3 L	6,17	2,36	2,6	3E-02

* t(8) = efeito/erro padrão.

Tabela 20. Análise de variância para capacidade de retenção de água nos ensaios com o músculo Tríceps braquial.

ANOVA; Var.:CRA-TB; R² =,86; F tab.* = 4,1; Ftab.**= 2,9					
3 factors, 1 Blocks, 18 Runs					
FV	SQ	GL	QM	Fcalc	p
Regressão	2244,15	3	748,1	16,8	1E-04
Resíduo	355,81	8	44,5		
Falta de Ajuste	355,44	5	71,1	583,2	
Erro Puro	0,37	3	0,12		
Total	2599,96	11	236,4		

FV= fonte de variação; SQ= soma dos quadrados; GL= graus de liberdade; QM= quadrado médio (QM= SQ/GL); Fcalc, reg= QM regressão/QM resíduo; Fcalc,f.aj.= QM falta de ajuste/QM erro puro.

* α = 5%; ** α = 10%.

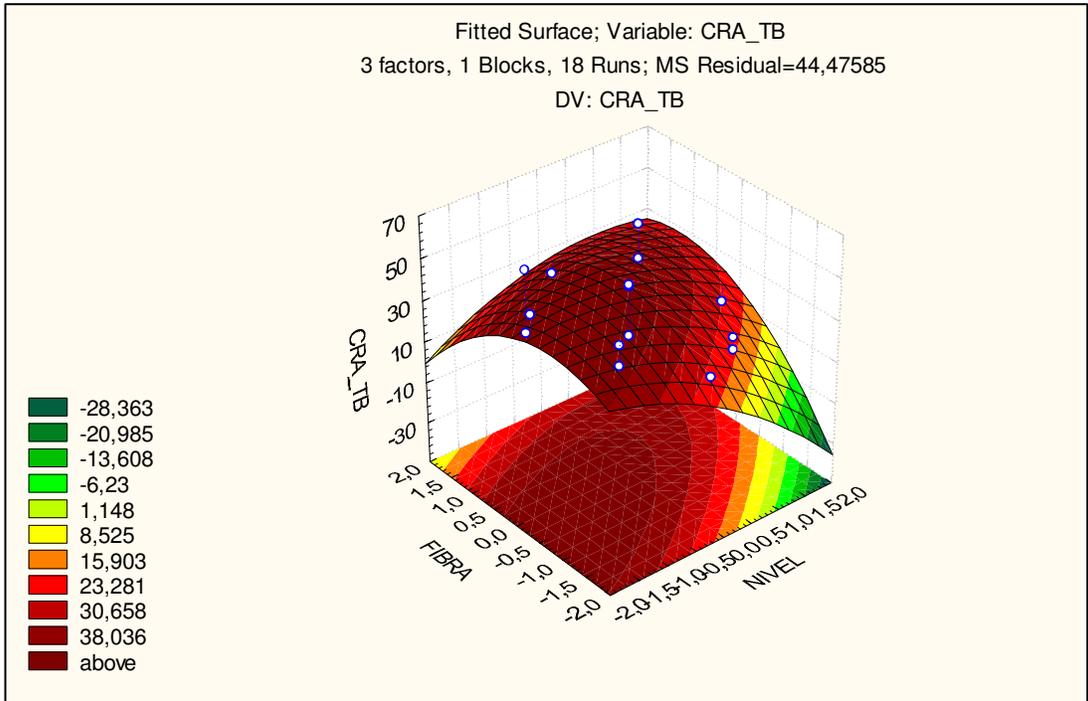


Figura 15. Resposta de CRA para o Tríceps braquial, variando-se o nível de injeção e de fibra e mantendo o nível de TPF no valor médio (TPF= 0,20%)

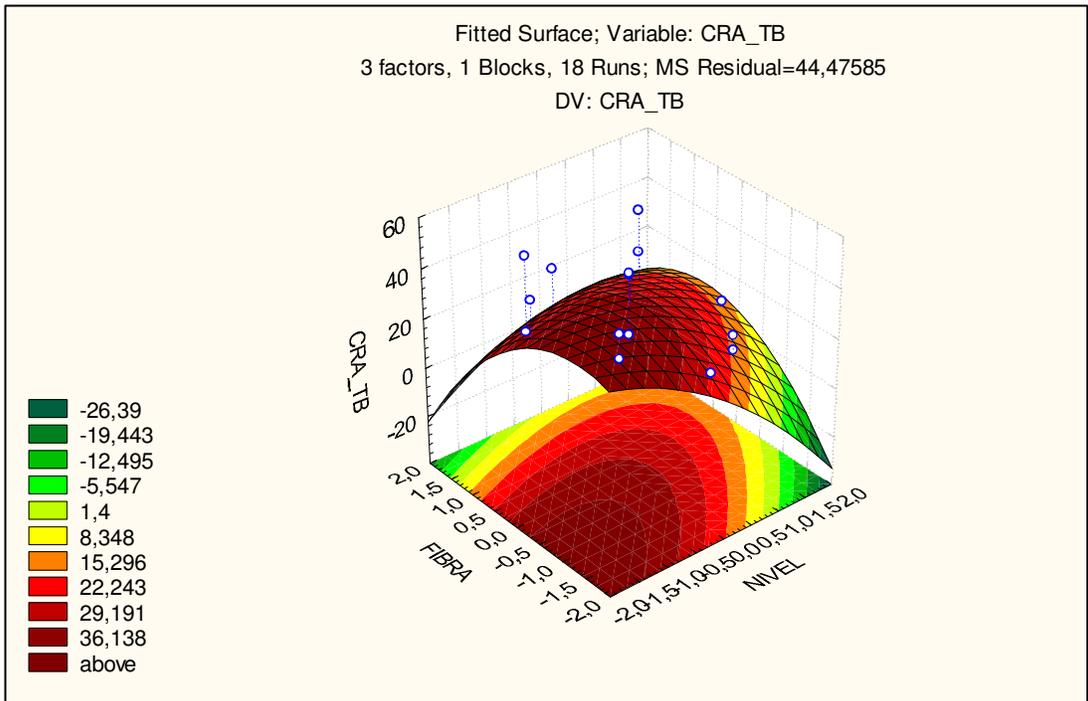


Figura 16. Resposta de CRA para o Tríceps braquial, variando-se o nível de injeção e de fibra e mantendo o nível de TPF no valor mínimo (TPF= 0,08%)

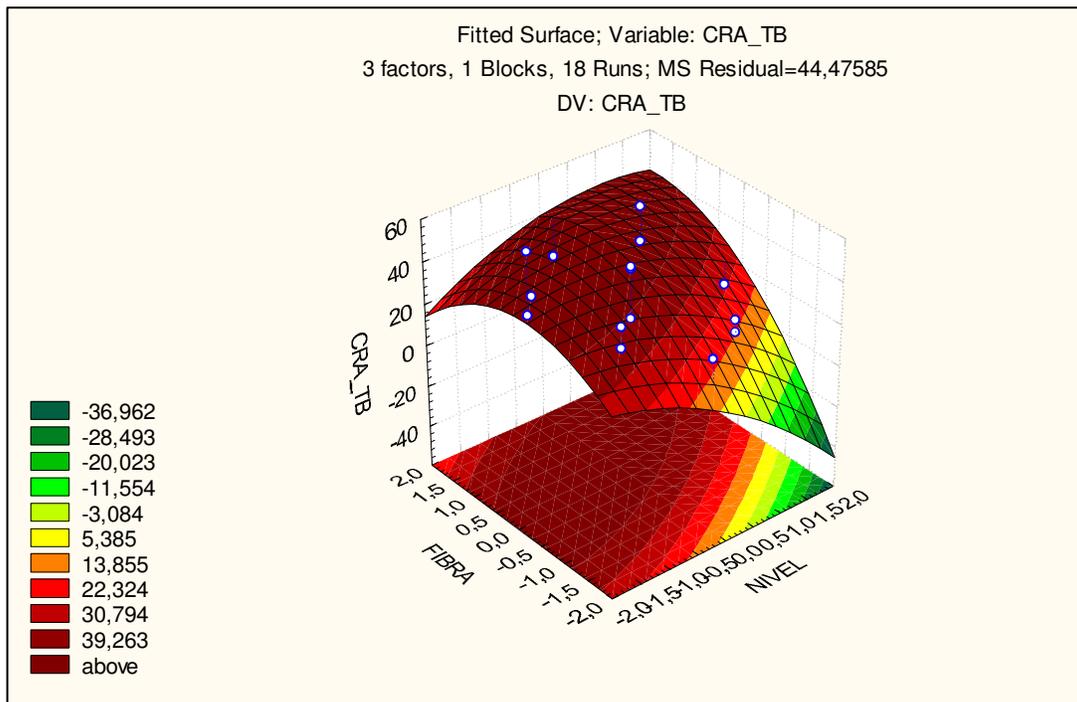


Figura 17. Resposta de CRA para o Tríceps braquial, variando-se o nível de injeção e de fibra e mantendo o nível de TPF no valor máximo (TPF= 0,32%)

Existe diferença significativa entre os tratamentos, $p < 0,05$ e alto valor de $t(8)$ para a regressão média (Tabela 19). Todos os componentes da salmoura na faixa estudada possuem efeito sobre a capacidade de retenção de água para o m. Tríceps braquial, $F_{calc.} \gg F_{tab.}$ (Tabela 20).

Observa-se uma interação positiva entre os fatores lineares de tripolifosfato e fibra de colágeno, $t(8) = 2,7$ e o efeito linear entre o TPF e o nível de solução injetada não é significativo, $t(8) = 0,1$ (Tabela 19), mas suficiente para alterar o sentido do efeito do aumento do nível de solução injetada (Figuras 15, 16 e 17).

5.4.3 Comparação entre o m. Peitoral profundo e m. Tríceps braquial quanto a capacidade de retenção de água

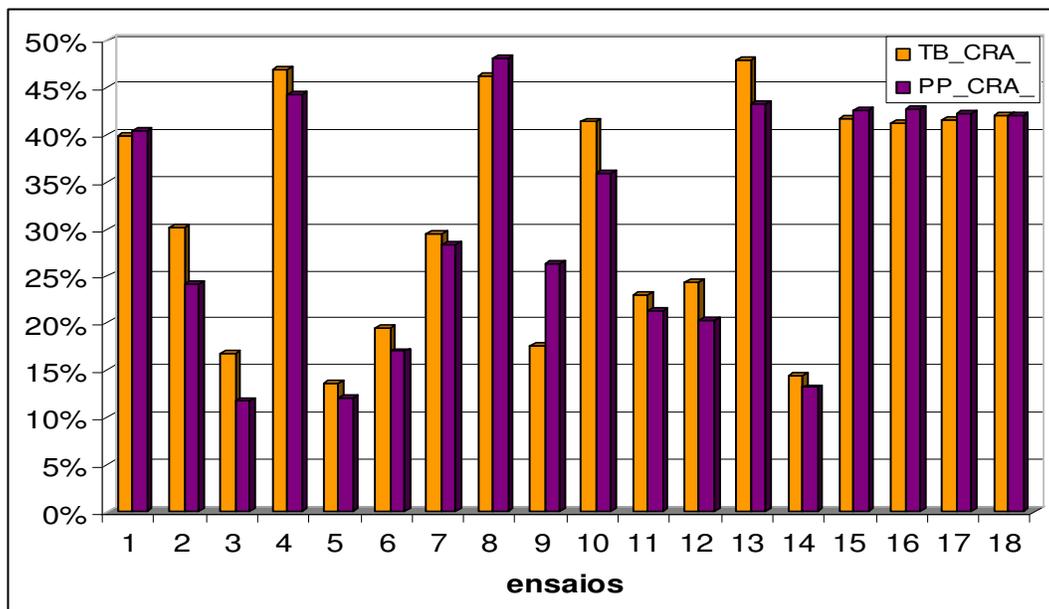


Figura 18. Desempenho na CRA dos músculos Peitoral profundo e Tríceps braquial nas formulações estudadas.

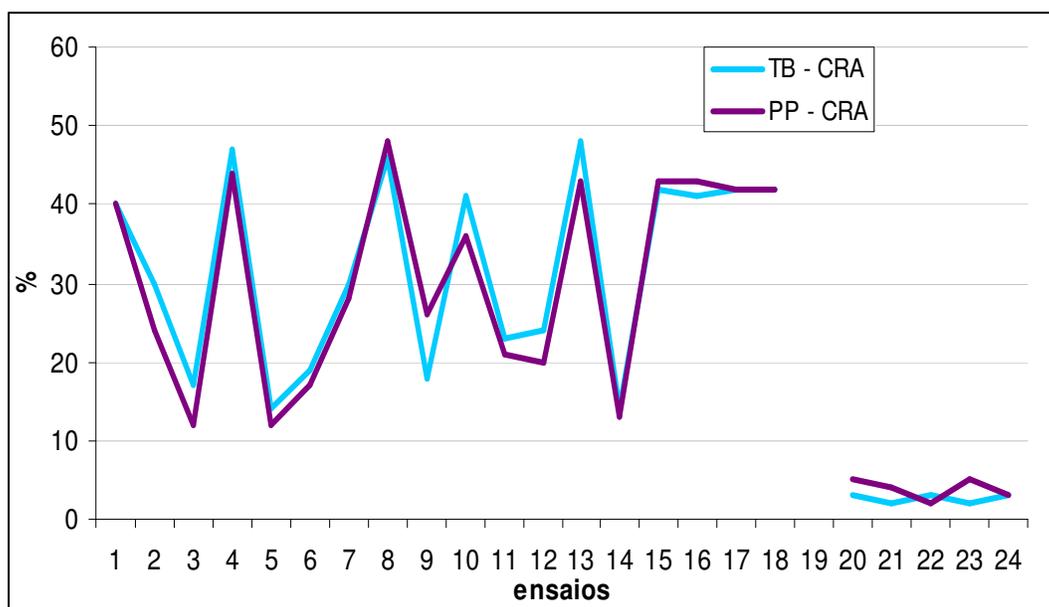


Figura 19. Acréscimo na CRA frente às formulações dos ensaios para os músculos Tríceps braquial e Peitoral profundo.

Os cortes não tratados com a formulação contendo fibra de colágeno e tripolifosfato mantiveram uma baixa capacidade de retenção de água e os cortes submetidos ao experimento comportaram-se de maneira semelhante, independente do músculo em toda a faixa de injeção estudada (Fig. 19).

A fibra de colágeno atuou favoravelmente ao acréscimo da capacidade de retenção de água, para os dois cortes musculares estudados, sem uma dependência marcante da presença de tripolifosfato na formulação, mas sofre decréscimo do seu efeito quando o nível de injeção é alto (Tab. 16 e Tab. 19; Fig. 14 e Fig. 17).

As respostas do m. Tríceps braquial sobre a capacidade de retenção de água são semelhantes ao outro corte muscular estudado.

5.5 Força de Cisalhamento

Tabela 21. Força de cisalhamento média (N) para cada ensaio nos músculos: Peitoral profundo (FC-PP) e Tríceps braquial (FC-TB).

Ensaio	FC – PP (N)	FC – TB (N)
1	248,2	158,7
2	198,7	154,0
3	223,9	185,4
4	219,3	197,1
5	204,5	189,9
6	199,0	170,0
7	193,2	157,9
8	156,9	148,8
9	197,7	159,7
10	172,0	128,4
11	152,0	150,0
12	183,8	230,3
13	177,8	136,5
14	192,5	124,2
15	164,2	142,1
16	163,9	142,2
17	164,0	142,0
18	164,3	141,9
19 (P1)	200,9	160,0
20 (P2)	198,5	159,6
21 (P3)	192,5	184,5
22 (P4)	204,2	187,0
23 (P5)	241,2	184,3

5.5.1 Resultados de força de cisalhamento para o m. Peitoral profundo

As respostas do m. Peitoral profundo aos testes de força de cisalhamento (Tabela 21) para os ensaios com as formulações delineadas apresentou diferença significativa entre si devido ao alto valor para $t(8)$ médio e $p < 0,05$, entretanto não se pode avaliar o efeito de cada ingrediente da formulação, seja individualmente ou em suas interações, uma vez que o erro padrão se aproxima do valor do coeficiente de regressão, proporcionando valores $t(8)$ dos efeitos e interações muito baixos (Tab. 22).

Tabela 22. Coeficientes de regressão para Força de cisalhamento (N) nos ensaios com o m. Peitoral profundo.

Coeficientes de Regressão; Var.:FC-PP_; R² =,5421; Adj:,02697				
3 factors, 1 Blocks, 18 Runs				
Efeito	Coef. Reg	Erro Padrão	$t(8)^*$	p
Média/Interação	162,9	12,8	12,7	1E-06
(1)TPF (L)	-10,2	6,9	-1,5	2E-01
TPF (Q)	12,8	7,2	1,8	1E-01
(2)FIBRA (L)	-0,3	6,9	0,0	1E+00
FIBRA (Q)	6,8	7,2	0,9	4E-01
(3)NIVEL (L)	-8,2	6,9	-1,2	3E-01
NIVEL (Q)	12,9	7,2	1,8	1E-01
1L & 2 L	1,8	9,1	0,2	8E-01
1L & 3 L	1,5	9,1	0,2	9E-01
2L & 3 L	-6,2	9,1	-0,7	5E-01

* $t(8)$ = efeito/erro padrão.

Observam-se valores de erro padrão maior que o efeito para a fibra de colágeno individualmente e para as interações entre o TPF e a fibra de colágeno (1L & 2L), entre o TPF e o nível injetado (1L & 3L) e entre a fibra de colágeno e o nível injetado (2L & 3L), além de altos valores de p (Tab. 22).

Tabela 23. Análise de variância para a força de cisalhamento (N) nos ensaios com o m. Peitoral profundo.

ANOVA; Var.:FCIS-PP (N); R² =,5421; Ftab.*= 4,1; F tab.**= 2,9					
3 factors, 1 Blocks, 18 Runs					
FV	SQ	GL	QM	Fcalc	p
Regressão	6210,6	3	2070,2	3,2	3E-07
Resíduo	5245,9	8	655,7		
Falta de Ajuste	5245,8	5	1049,2	32190,0	
Erro Puro	0,0978	3	0,03		
Total	11456,5	11	1041,5		

FV= fonte de variação; SQ= soma dos quadrados; GL= graus de liberdade; QM= quadrado médio (QM= SQ/GL); Fcalc., reg= QM regressão/QM resíduo; Fcalc.,f.aj.= QM falta de ajuste/QM erro puro. * α = 5%; ** α = 10%.

Os ensaios n^o15, n^o16, n^o17 e n^o18 apresentaram padrão semelhante de comportamento quando submetidos ao teste de força de cisalhamento, indicando boa reprodutibilidade do processo, uma vez que o erro puro tende a zero (Tab.23).

As variáveis envolvidas na formulação não apresentam efeito significativo individualmente ou em suas interações para as respostas de força de cisalhamento no m. Peitoral profundo, R²= 54% (Tabelas 22 e 23).

Não se justifica a apresentação dos gráficos de superfície de resposta para a força de cisalhamento no m. Peitoral profundo, uma vez que qualquer observação não se sustenta estatisticamente para α = 5%, F calc. < F tab. (Tabela 23).

5.5.2 Resultados da força de cisalhamento para o m. Tríceps braquial

O m. Tríceps braquial respondeu aos tratamentos com as diversas formulações apresentando força de cisalhamento que diferem significativamente entre si, p << 0,05 e Fcalc. da regressão >> Ftab.* e ** (Tabela 25).

A fibra de colágeno possui um efeito significativo, tanto no modo linear quanto no modo quadrático, comprovado pelos menores valores de p e maiores valores de t (8) dentre os fatores (Tab. 24).

Tabela 24. Coeficientes de regressão para Força de cisalhamento (N) nos ensaios com o m. Tríceps braquial.

Coeficientes de Regressão; Var.:FC-TB (N); R² =,81					
3 factors, 1 Blocks, 18 Runs					
Efeito	Coef. Reg	Erro Padrão	t(8)*	p	
Média/Interação	141,3	8,6	16,3	2,0E-07	
(1)TPF (L)	-5,5	4,7	-1,2	2,8E-01	
TPF (Q)	3,9	4,9	0,8	4,5E-01	
(2)FIBRA (L)	11,1	4,7	2,4	4,5E-02	
FIBRA (Q)	20,2	4,9	4,1	3,2E-03	
(3)NIVEL (L)	-3,6	4,7	-0,8	4,6E-01	
NIVEL (Q)	-1,0	4,9	-0,2	8,5E-01	
1L & 2 L	3,4	6,1	0,6	5,9E-01	
1L & 3 L	-4,5	6,1	-0,7	4,8E-01	
2L & 3 L	-15,4	6,1	-2,5	3,6E-02	

* t(8) = efeito/erro padrão.

Tabela 25. Análise de variância para Força de cisalhamento (N) nos ensaios com o m. Tríceps braquial.

ANOVA; Var.:FCIS-TB (N); R² =,81; F tab.* = 4,1; Ftab.**= 2,9					
3 factors, 1 Blocks, 18 Runs					
FV	SQ	GL	QM	Fcalc	p
Regressão	9920,1	3	3306,7	11,0	
Resíduo	2398,2	8	299,8		
Falta de Ajuste	2398,15	5	479,6	5E-07	
Erro Puro	0,06	3	0,02	23981,5	
Total	12318,34	11	1119,8		

FV= fonte de variação; SQ= soma dos quadrados; GL= graus de liberdade; QM= quadrado médio (QM= SQ/GL); Fcalc, reg= QM regressão/QM resíduo; Fcalc,f.aj.= QM falta de ajuste/QM erro puro.
* α = 5%; ** α = 10%.

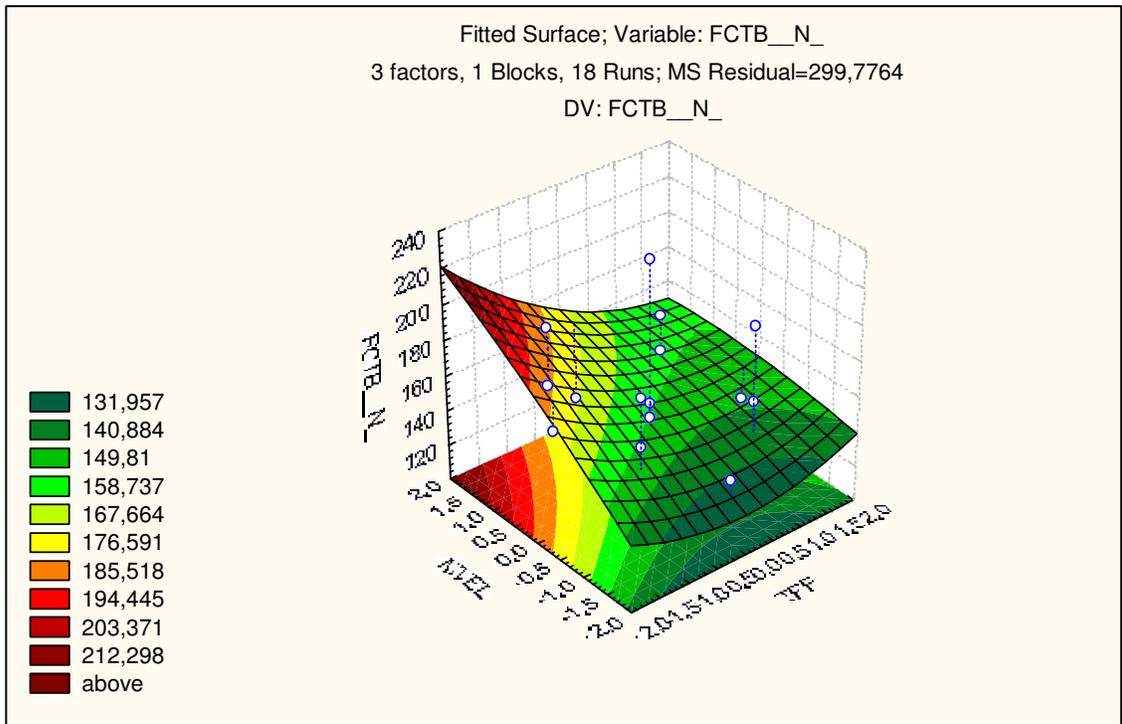


Figura 20. Resposta de força de cisalhamento para o Tríceps braquial, variando-se o nível de injeção e o TPF e mantendo a fibra de colágeno em 0,14% .

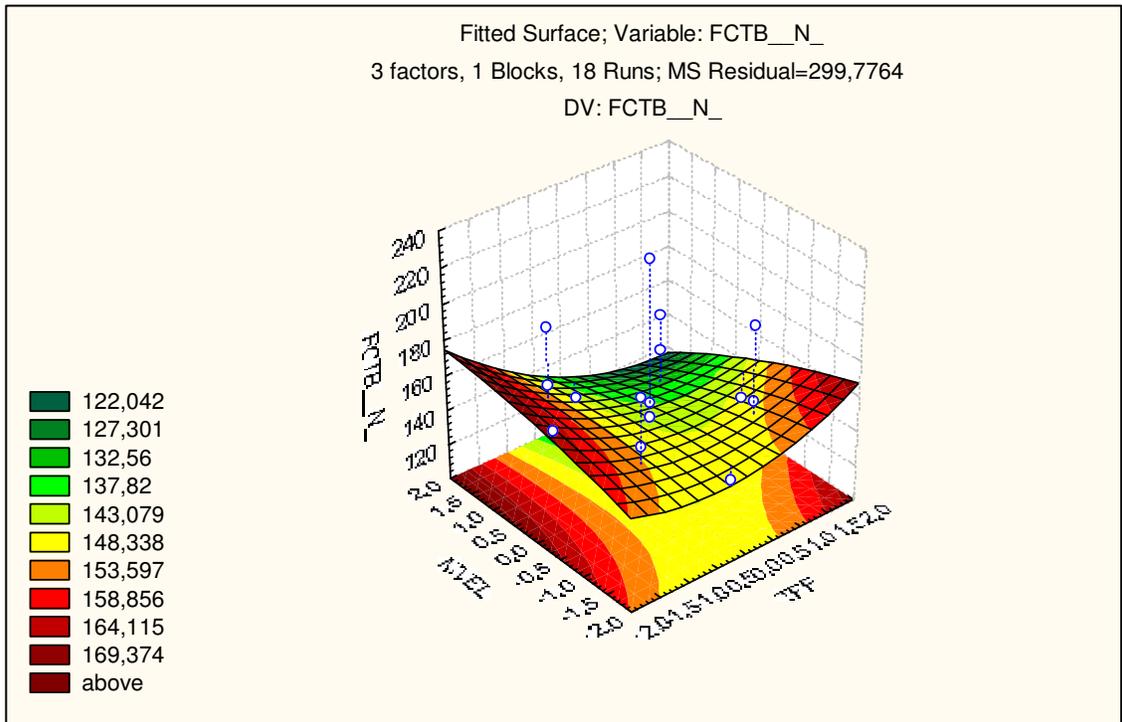


Figura 21. Resposta de força de cisalhamento para o Tríceps braquial, variando-se o nível de injeção e o TPF e mantendo a fibra de colágeno em 0,20% .

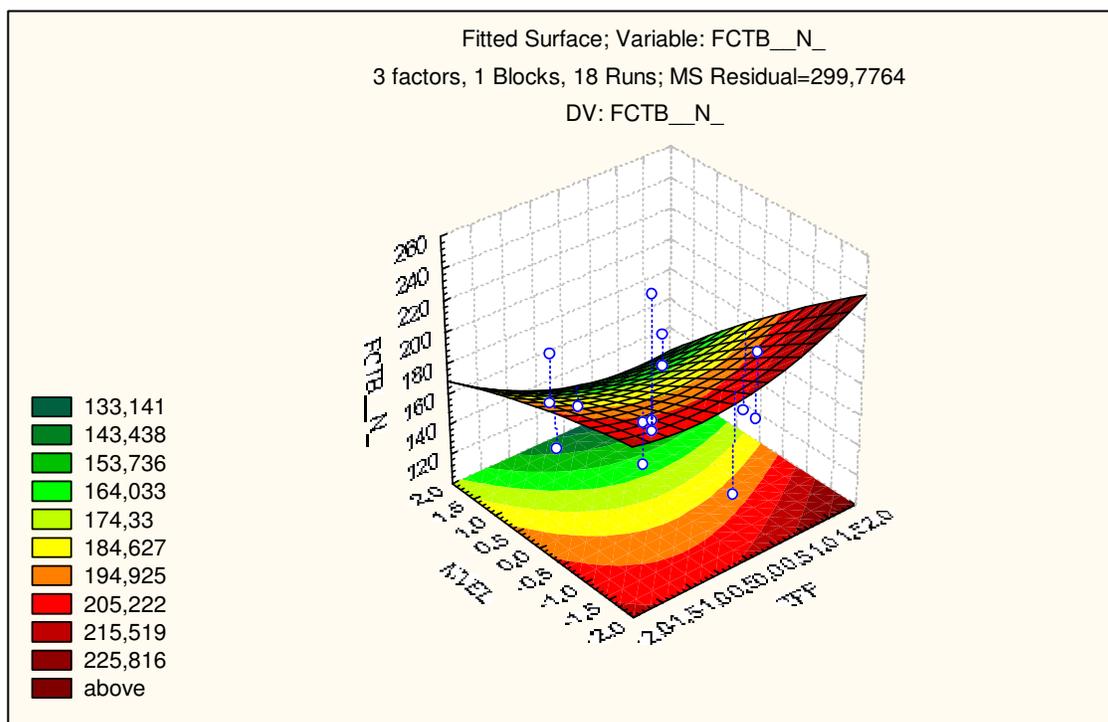


Figura 22. Resposta de força de cisalhamento para o Tríceps braquial, variando-se o nível de injeção e o TPF e mantendo a fibra de colágeno em 0,26% .

As superfícies de resposta apresentadas nas figuras: 21, 22 e 23 confirmam o efeito da fibra de colágeno sobre as respostas de força de cisalhamento para o m. Tríceps braquial. Quando a fibra de colágeno está a 0,14% na formulação, eleva-se a chance de obter valores de força de cisalhamento mais baixos para as outras variações dos ingredientes (Fig. 21). Teores maiores de 0,14% da fibra de colágeno na formulação injetada promovem um aumento acentuado nos valores de força de cisalhamento observados no m. Tríceps braquial.

5.5.3 Comparação entre as respostas de força de cisalhamento do m. Peitoral profundo e do m. Tríceps braquial

Os dois cortes musculares estudados diferem quanto ao comportamento frente às formulações dos ensaios realizados. O m. Peitoral profundo apresentou valores relativamente mais altos de força de cisalhamento que os observados para o m. Tríceps braquial (Figura 24).

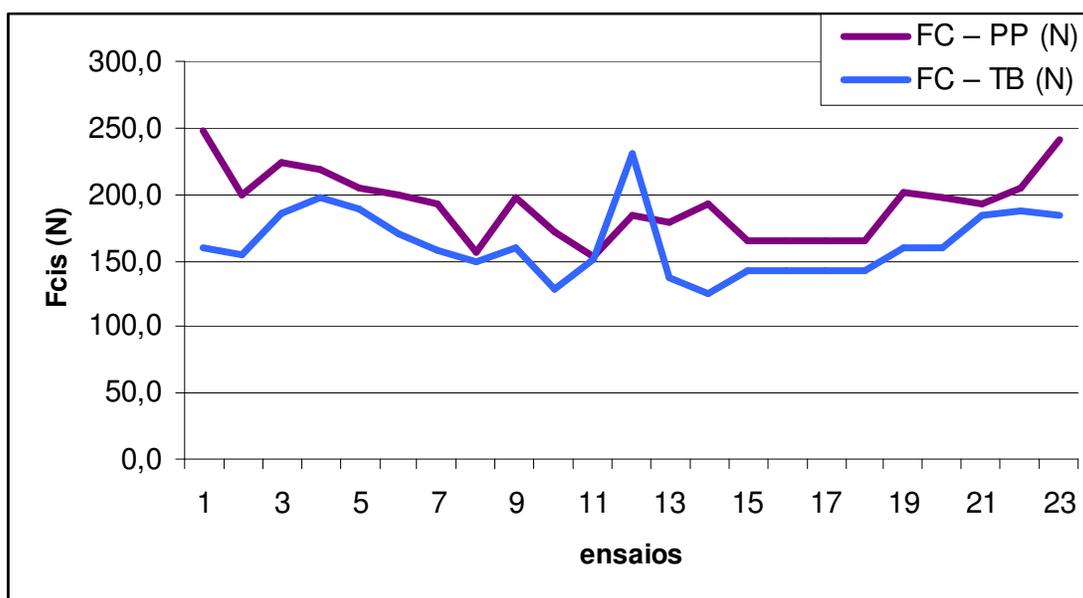


Figura 23. Comportamento dos músculos: Peitoral profundo e Tríceps braquial quanto a média de Força de Cisalhamento nos ensaios analisados.

Os ensaios repetidos no ponto central resultaram em um baixo desvio padrão que viabiliza reprodutibilidade experimental, como pode ser averiguado na tabela 26 e na figura 25 e pelo erro puro tendendo a zero (Tab. 23 e Tab. 25); entretanto, as diferenças de comportamento entre os cortes musculares merecem estudo posterior.

Tabela 26. Comportamento quanto à força de cisalhamento (N) do m. Peitoral profundo e do m. Tríceps braquial frente aos ensaios repetidos com as variáveis fixadas nos pontos centrais do processo.

Ensaio	FC - PP (N)	FC - TB (N)
15	164,2	142,1
16	163,9	142,2
17	164,0	142,0
18	164,3	141,9
média	164,1	142,0
desv.pd.	0,156347761	0,126393647

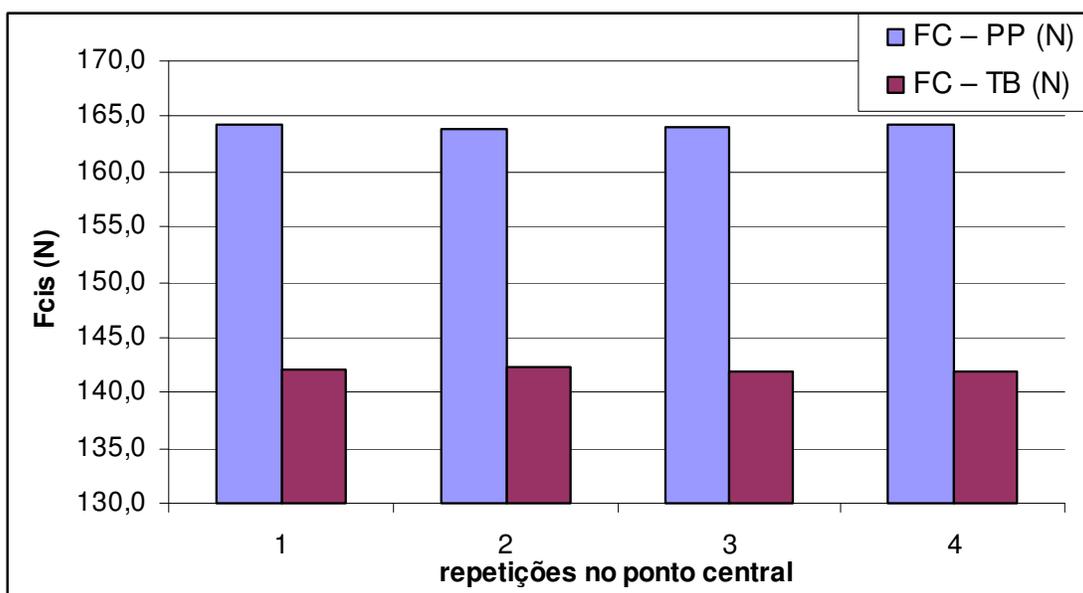


Figura 24. Comportamento quanto à força de cisalhamento (N) do m. Peitoral profundo e do m. Tríceps braquial frente aos ensaios repetidos com as variáveis fixadas nos pontos centrais do processo.

5.6 *Análise do Perfil de Textura (TPA)*

5.6.1 *Dureza para o m. Peitoral profundo*

Os tratamentos diferem entre si, $p < 0,05$; a fibra de colágeno e o nível de injeção são os efeitos que se manifestam, maiores valores de $t(8)$ (Tabela 28), contribuindo com a diminuição da dureza para o m. Peitoral profundo na faixa dos ingredientes usados nas formulações experimentais (Figuras: 25, 26 e 27). Nas faixas limítrofes do estudo a fibra de colágeno exerce uma ação negativa, mas este comportamento não deve ter confiabilidade, uma vez que se situa nos extremos de variação; mas pode-se afirmar que, com a fibra de colágeno dentro da faixa entre 0,14 e 0,26% na formulação, o m. Peitoral profundo responde com os menores valores para dureza (Figuras: 25, 26 e 27); principalmente se o nível de injeção for baixo, menor ou igual a 14% (Fig. 27). O efeito do grau de injeção pode ser considerado quando se desloca o grau de significância em $p < 0,1$ (Tab. 28), ou seja, $F_{\text{calc.}} >> F_{\text{tab.}}$ para $\alpha = 10\%$ (Tab. 29).

Mantendo-se o menor nível experimental de injeção, que foi de 14%; se obtém o menor valor de dureza, para o m. Peitoral profundo, com a fibra de colágeno e o TPF variando em toda a faixa entre os valores médios e máximos estudados. (Figura 27).

Os ensaios repetidos no ponto médio apresentam um desvio padrão pequeno, porém maior que 5%, gerando desconfiança na reprodutibilidade do processo (Tabela 32 e Figura 32).

Tabela 27. Respostas em relação à dureza (N) nos ensaios com o m. Peitoral profundo e m.Tríceps braquial.

Ensaio	DUR-PP (N)	DUR-TB (N)
1	19,3	13,0
2	15,6	15,6
3	19,2	15,5
4	20,0	14,9
5	23,5	20,6
6	19,4	16,6
7	22,9	19,8
8	23,5	15,4
9	21,7	20,3
10	29,6	20,3
11	29,7	19,8
12	28,4	23,1
13	15,3	15,9
14	22,6	20,6
15	20,7	17,7
16	18,8	20,6
17	19,7	22,5
18	19,2	21,9
19 (P1)	24,1	13,1
20 (P2)	26,3	14,4
21 (P3)	32,8	14,7
22 (P4)	27,8	17,5
23 (P5)	48,3	24,9

Tabela 28. Coeficientes de regressão para dureza nos ensaios com o m. Peitoral profundo.

Coeficientes de Regressão; Var.:DUR-PP; R² =,65				
3 factors, 1 Blocks, 18 Runs				
Efeito	Coef. Reg	Erro Padrão	t(8)*	p
Média/Interação	19,79	1,79	11,0	4E-06
(1)TPF (L)	0,50	0,97	0,5	0,62
TPF (Q)	1,19	1,01	1,2	0,27
(2)FIBRA (L)	0,41	0,97	0,4	0,68
FIBRA (Q)	2,39	1,01	2,4	0,05
(3)NIVEL (L)	2,01	0,97	2,1	0,07
NIVEL (Q)	-1,19	1,01	-1,2	0,27
1L & 2 L	1,16	1,27	0,9	0,39
1L & 3 L	-0,08	1,27	-0,1	0,95
2L & 3 L	-0,11	1,27	-0,1	0,93

* t(8) = efeito/erro padrão.

Tabela 29. Análise de variância para dureza (N) nos ensaios com o m. Peitoral profundo.

ANOVA; Var.:DUR_PP (N); R² =,65; F tab.* = 4,1; Ftab.**= 2,9					
3 factors, 1 Blocks, 18 Runs					
FV	SQ	GL	QM	Fcalc	p
Regressão	195,3	3	65,1	5,0	9E-03
Resíduo	103,3	8	12,9		
Falta de Ajuste	101,24	5	20,2	29,5	9E-03
Erro Puro	2,06	3	0,69		
Total	298,61	11	27,1		

FV= fonte de variação; SQ= soma dos quadrados; GL= graus de liberdade; QM= quadrado médio (QM= SQ/GL); Fcalc, reg= QM regressão/QM resíduo; Fcalc,f.aj.= QM falta de ajuste/QM erro puro.

* α = 5%; ** α = 10%.

O alto valor do erro puro comprova a baixa reprodutibilidade do processo para o m. Peitoral profundo quanto a análise de dureza (Tabela 29).

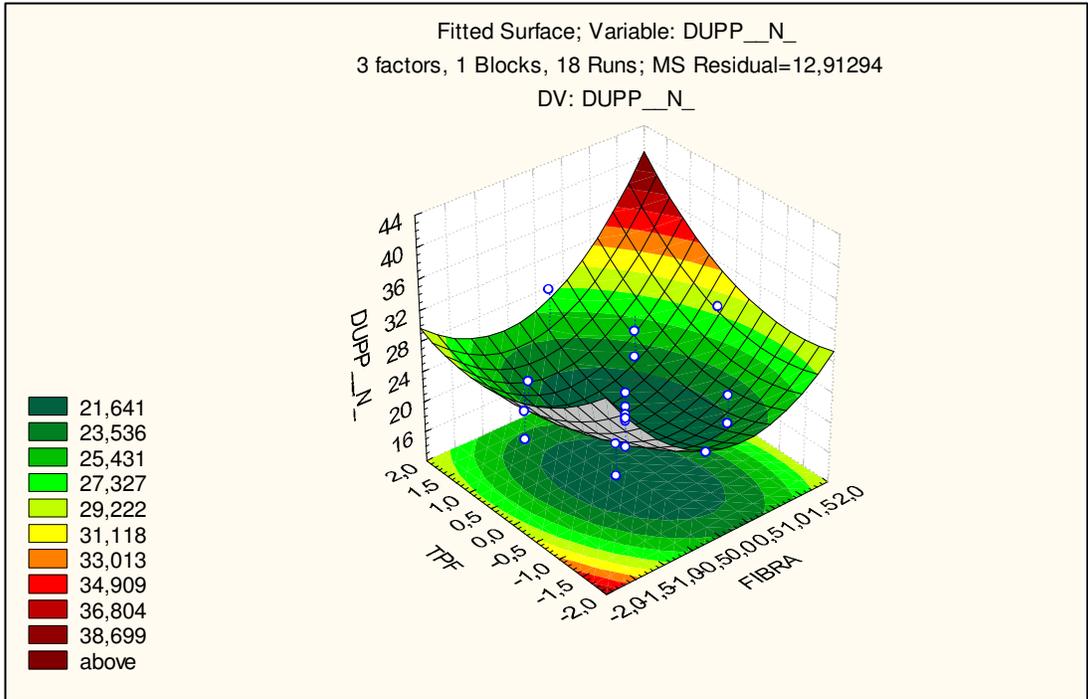


Figura 25. Resposta de dureza para o m. Peitoral profundo, variando-se o TPF e da fibra de colágeno e mantendo o nível em 20%

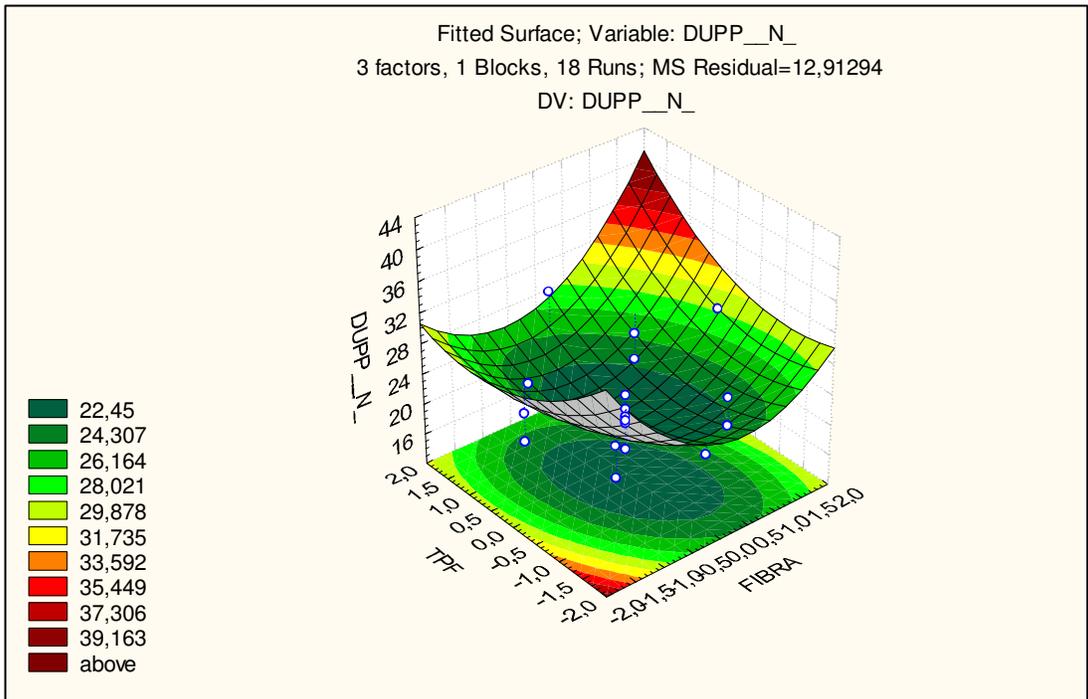


Figura 26. Resposta de dureza para o m. Peitoral profundo, variando-se o TPF e da fibra de colágeno e mantendo o nível em 26%

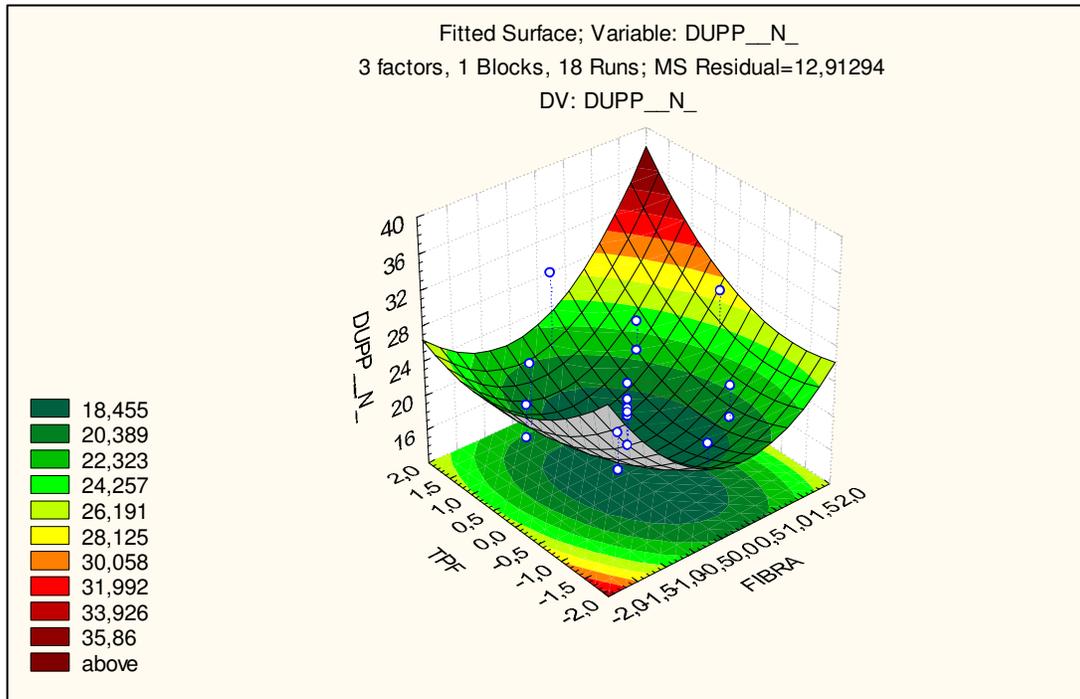


Figura 27. Resposta de dureza para o m. Peitoral profundo, variando-se o TPF e da fibra de colágeno e mantendo o nível em 14%

5.6.2 Dureza para o m. Tríceps braquial

Existe diferença significativa entre os tratamentos, $p < 0,05$ para a média (Tabela 30).

Em todos os efeitos das variáveis da formulação, o erro padrão se aproxima ou é maior que o coeficiente de regressão em valor absoluto, anulando a significância dos mesmos no processo para o m. Tríceps braquial. No entanto, o nível de solução injetada é o fator determinante do processo, alto valor de t para o efeito linear quanto quadrático da fibra de colágeno (Tabela 30). Nos ensaios com o m. Tríceps braquial onde o nível de injeção foi mantido no mínimo, 14% (Fig. 30), os menores valores para dureza são obtidos nas formulações onde os outros ingredientes foram mantidos em faixas iguais ou menores que a faixa mínima de cada um deles; como estas faixas são localizadas nos extremos do delineamento

experimental, não são dados confiáveis para se estabelecer um padrão de comportamento (Figuras: 28, 29 e 30).

O alto valor do erro puro e o valor de F calc. para a falta de ajuste muito próximo ao valor do F tab. em $\alpha = 10\%$ não conferem confiança na reprodutibilidade das respostas para o m. Tríceps braquial, nas condições do delineamento (Tabela 31).

Tabela 30. Coeficientes de regressão para dureza nos ensaios com o m. T. braquial.

Coeficientes de Regressão; Var.:DUR-TB; R² =,61				
3 factors, 1 Blocks, 18 Runs				
Efeito	Coef. Reg	Erro Padrão	t(8)*	p
Média/Interação	20,86	1,37	15,2	3E-07
(1)TPF (L)	-0,46	0,74	-0,6	6E-01
TPF (Q)	-0,91	0,77	-1,2	3E-01
(2)FIBRA (L)	0,39	0,74	0,5	6E-01
FIBRA (Q)	-0,50	0,77	-0,6	5E-01
(3)NIVEL (L)	1,57	0,74	2,1	7E-02
NIVEL (Q)	-1,64	0,77	-2,1	7E-02
1L & 2 L	-0,45	0,97	-0,5	7E-01
1L & 3 L	-1,28	0,97	-1,3	2E-01
2L & 3 L	-0,47	0,97	-0,5	6E-01

* t(8) = efeito/erro padrão.

Tabela 31. Análise de variância para dureza nos ensaios com o m. T. braquial

ANOVA; Var.:DUR-TB (N); R² =,61; F tab.* = 4,1; Ftab.**= 2,9					
3 factors, 1 Blocks, 18 Runs					
FV	SQ	GL	QM	Fcalc	p
Regressão	93,2	3	31,1	4,1	3E-01
Resíduo	60,4	8	7,6		
Falta de Ajuste	46,6	5	9,3	2,0	
Erro Puro	13,8	3	4,62		
Total	153,6	11	14,0		

FV= fonte de variação; SQ= soma dos quadrados; GL= graus de liberdade; QM= quadrado médio (QM= SQ/GL); Fcalc, reg= QM regressão/QM resíduo; Fcalc,f.aj.= QM falta de ajuste/QM erro puro.

* $\alpha = 5\%$; ** $\alpha = 10\%$.

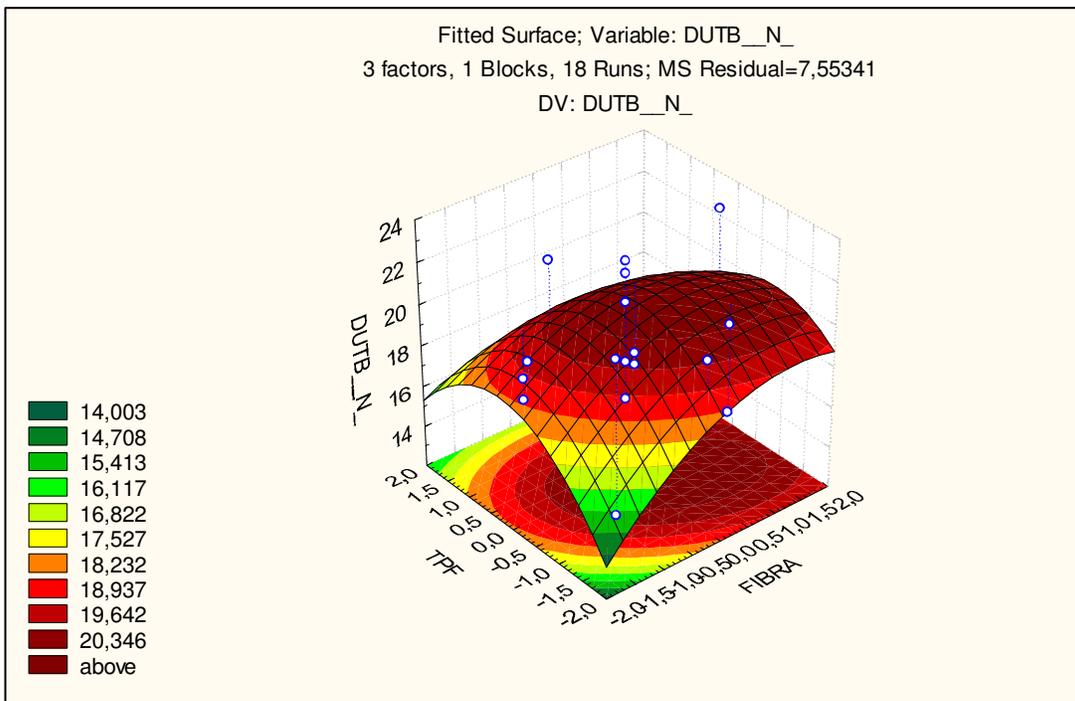


Figura 28. Resposta de dureza para o m. Tríceps braquial, variando-se o TPF e da fibra de colágeno e mantendo o nível de injeção em 20%

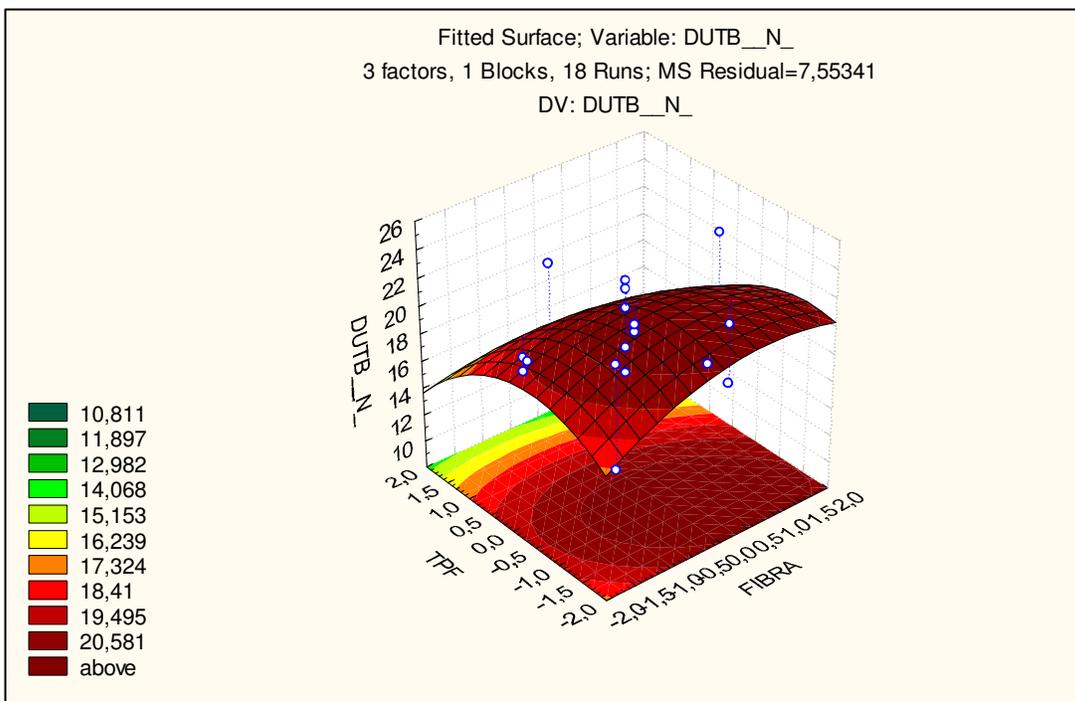


Figura 29. Resposta de dureza para o m. Tríceps braquial, variando-se o TPF e da fibra de colágeno e mantendo o nível de injeção em 26%

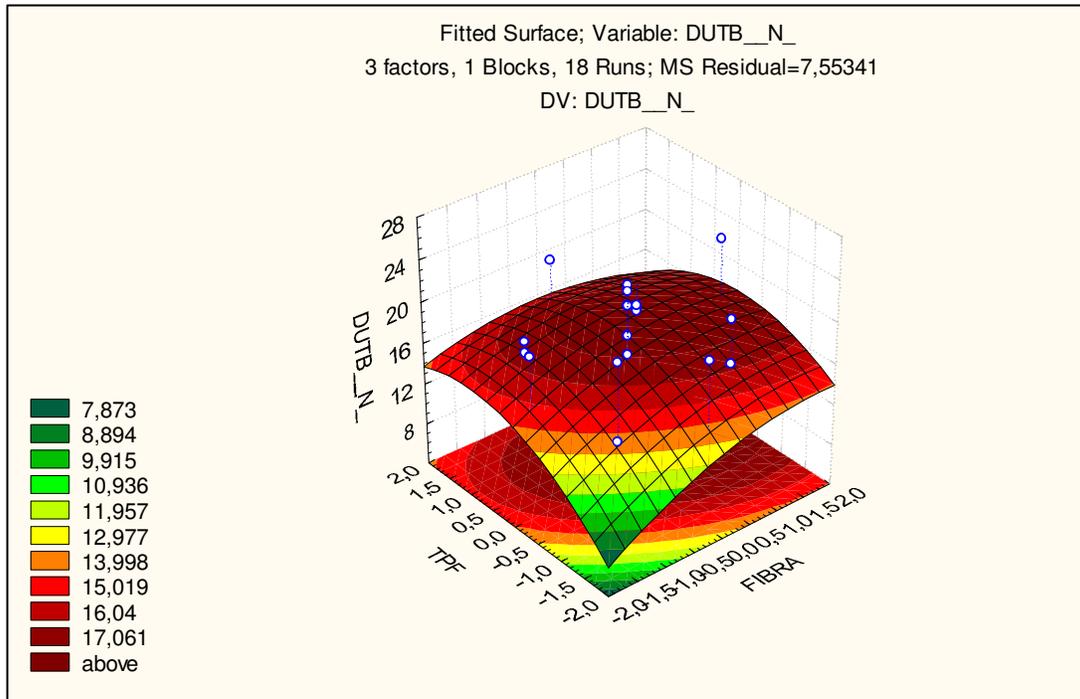


Figura 30. Resposta de dureza para o m. Tríceps braquial, variando-se o TPF e da fibra de colágeno e mantendo o nível de injeção em 14%

5.6.3 Comparação entre o comportamento dos músculos: Peitoral profundo e Tríceps braquial frente à dureza

Os dois músculos utilizados neste trabalho apresentaram comportamentos muito diferentes em suas respostas de dureza (Fig. 32).

Para as respostas das repetições no ponto central do processo, o m. Peitoral profundo apresentou valores de dureza menores que o m. Tríceps braquial (Fig. 31), mas observa-se uma inversão deste comportamento para outras formulações (Fig.32)

A reprodutibilidade do processo não é garantida para os dois músculos, mas o valor do erro puro para o m. Tríceps braquial foi muito maior que para o m. Peitoral profundo (Tab. 29 e Tab. 31).

Como ponto comum aos dois músculos, pode-se afirmar que os menores valores de dureza foram obtidos nas formulações com baixas taxas de injeção da salmoura delineada experimentalmente (Figuras: 27 e 30).

Tabela 32. Comportamento dos músculos: Peitoral profundo e Tríceps braquial nos ensaios repetidos no ponto central do processo.

ENSAIO	DUR-PP (N)	DUR-TB (N)
15	20,7	17,7
16	18,8	20,6
17	19,7	22,5
18	19,2	21,9
MÉDIA	19,6	20,7
Desvio Padrão	0,7	1,9

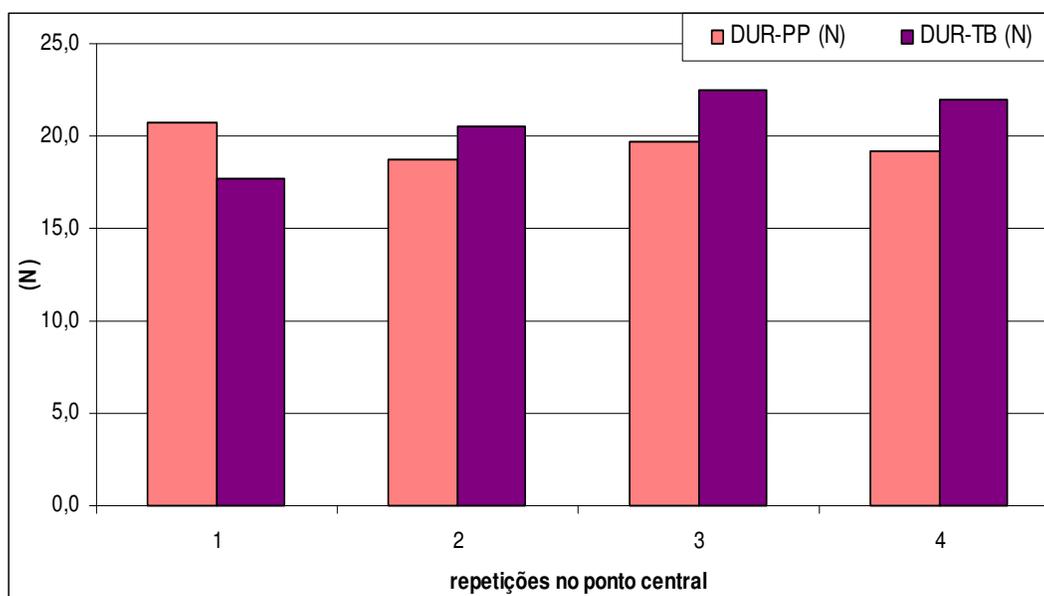


Figura 31. Comportamento dos músculos: Peitoral profundo e Tríceps braquial nos ensaios repetidos no ponto central do processo.

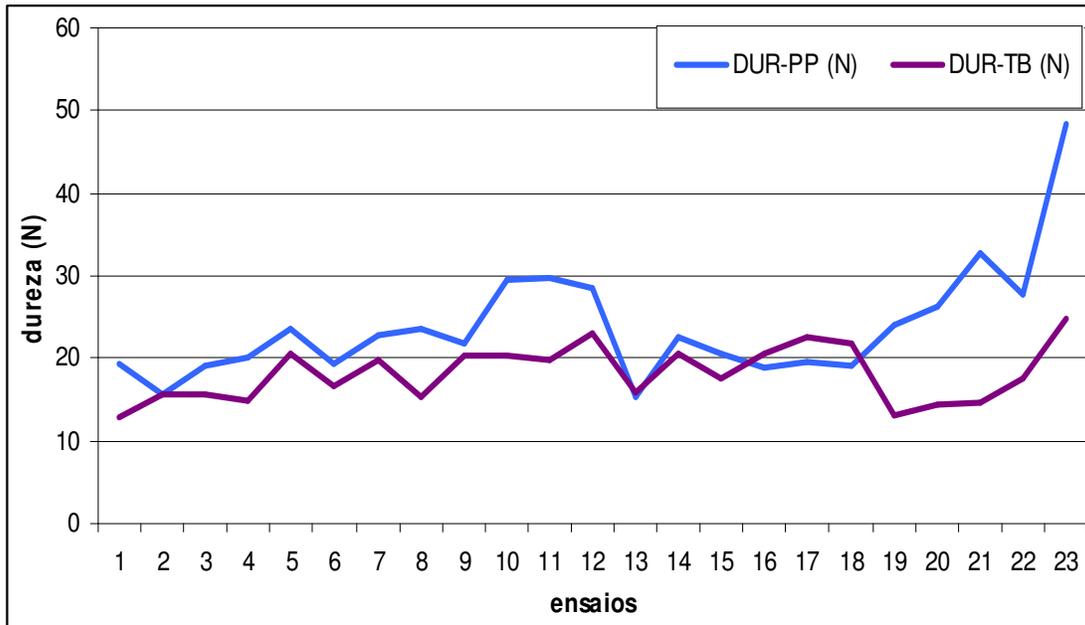


Figura 32. Respostas de dureza do m. Peitoral profundo e m. Tríceps braquial frente às formulações experimentais.

5.6.4 Mastigabilidade

Observa-se, nos resultados para a dureza, discrepâncias e ausência de confiabilidade na reprodução experimental para os dois músculos estudados.

A resposta de mastigabilidade é obtida em função da dureza, uma vez que é o produto: dureza x elasticidade x coesividade.

Justifica-se, assim, a ausência da apresentação das respostas de mastigabilidade dos cortes musculares, uma vez que o erro experimental é intensificado pela interação das respostas.

6 CONCLUSÕES

- ✓ A adição de até 0,2% de fibra de colágeno num processamento onde os níveis de injeção são de 14% ou menores possibilita um alto rendimento para o processamento de carne cozida congelada elaborado com o m. Tríceps braquial sem a utilização de TPF.
- ✓ O rendimento do processo é beneficiado pela presença da fibra de colágeno na formulação injetada, porém, para os dois cortes estudados, este aumento é inversamente proporcional ao nível de injeção aplicado.
- ✓ A adição da fibra de colágeno na formulação injetada atua favoravelmente ao acréscimo da capacidade de retenção de água, para os dois cortes musculares estudados, independentemente da presença de tripolifosfato de sódio na formulação, desde que a taxa de injeção seja mantida em valores menores de 20%.
- ✓ Para aumentar a capacidade de retenção de água em processamentos onde são aplicados níveis de injeção acima de 20%, o aumento do teor de fibra de colágeno na formulação é benéfico, porém é dependente da presença do tripolifosfato.
- ✓ Teores maiores que 0,14% da fibra de colágeno na formulação injetada promovem um aumento acentuado nos valores de força de cisalhamento observados no m. Tríceps braquial.
- ✓ O m. Peitoral profundo apresenta valores relativamente mais altos de força de cisalhamento que os observados para o m. Tríceps braquial. As diferenças de comportamento entre os cortes musculares merecem estudo posterior.
- ✓ A análise do perfil de textura não apresenta respostas confiáveis nas condições deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABIEC – Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne. **Evolução das Exportações Brasileiras de Carne Bovina**. Disponível em: < http://www.abiec.com.br/estatisticas_relatorios.asp>. Acesso em 12 maio. 2008a.
2. ABIEC – Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne. **Evolução das Exportações Brasileiras de Carne Bovina**. Disponível em: < http://www.abiec.com.br/estatisticas_relatorios.asp>. Acesso em 19 de jul. 2008b.
3. ALVES, L. C. A. Um mundo por conhecer e preservar. **Revista Terra**, São Paulo SP, Vol. 8 (5), p. 24-29, 1999.
4. ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Atribuição de função de aditivos, aditivos e seus limites máximos de uso para a categoria 8 - carne e produtos cárneos**. Portaria nº 1.004, de 11 de dezembro de 1998.
5. ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Regulamento técnico sobre os padrões de microbiológicos para alimentos**. Resolução - RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001.
6. AOAC. **Official Methods of Analysis**. 15th ed. Washington, DC: Association of Official Analytical Chest, 1995.
7. BAYLEY, A. J.; LIGHT, N. D. **The Connective Tissue of Meat and Meat products**. Elsevier Applied Science, London, U. K., 1989.
8. BELLENZANI, J. R. L. **Descrição de sistema de qualidade para a indústria de produtos derivados de carne**. 2004. 71 f. Dissertação (Mestrado profissional) - Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2004.
9. BEILKEN, S. L.; BOUTON, P. E.; HARRIS, P. V. Some effects on the mechanical properties of meat produced by cooking at temperatures between 50° and 60°C. **Journal of Food Science**. Vol. 51, p. 791-796, 1986.

10. BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. IV edição. Brasília, D.F., Brasil, 2005.
11. CHRISTENSEN, M.; PURSLOW, P. P.; LARSEN, M.L. The effect of cooking temperature on mechanical properties of whole meat, single muscle fibers and perimysial connective tissue. **Meat Science**. Vol55, p. 301-307, 2000.
12. DETIENNE, N. A.; WICKER, L. Sodium chloride and tripolyphosphate effects on physical and quality characteristics of injected pork loins. **Journal of Food Science**. Vol. 64 (6), p. 1042-1047, 1999.
13. FARFÁN, J. A. **Química de proteínas aplicada à ciência e tecnologia de alimentos**. 2. ed. Campinas: UNICAMP; 1994. 134 p. (Série Manuais).
14. FELÍCIO, P. E. de. Qualidade da Carne Bovina: Características Físicas e Organolépticas. In: XXXVI Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1999, **Anais**. Porto Alegre. R.S., Brasil, 1999a.
15. FELÍCIO, P. E. de. Uma análise crítica, porém otimista, da carne bovina do BrasilCentral Pecuário. In: I Encontro Nacional do Boi Verde, **Anais**. Uberlândia, MG, 1999b.
16. GOLL, D. E.; TAYLOR, R. G.; CHRISTIANSEN, J. A. Role of proteinases and protein turnover in muscle growth and meat quality. In: ANNUAL MEAT CONFERENCE, 1992, Chicago. **Proceedings**... Chicago: National Livestock and Meat Board, p. 25-36, 1992.
17. GONÇALVES, J. R. Processamento de Carne Cozida em Embalagem *Cook-In*. **Revista Nacional da Carne**. Vol. 349, 2006.
18. GONÇALVES, J.R.; OLIVEIRA, J.; BARBIERO, R. Características da Carne (músculo Supraspinatus) Embalada a Vácuo e Cozida até a Condição de "Mal passada" e "Bem passada". **Brazilian Journal of Food Technology**. Vol. 5, p. 67-71, 2002.

19. HAMM, R.; DEATHERAGE, F. E. Changes in hydration, solubility and charges of muscle proteins during heating of meat. **Food Research**. Vol.25, p. 587-610, 1960.
20. HAYWARD, L. H.; HUNT, M. C.; KASTNER, C. L. Blade tenderization effects on beef longissimus sensory and instron textural measurements. **Journal of food Science**. Vol. 45 (4), p. 925-930 e 935, 1980.
21. HEDRICK, H. B.; ABERLE, E. D.; FORREST, J. C.; JUDGE, M. D.; MERKEL, R. A. **Principles of Meat Science**. 3rd ed., Kendall Hunt Publishing Company, Dubuque, Iowa. EUA. 1994. 354p.
22. HONIKEL, K. O.; FISCHER, C.; HAMID, A.; HAMM, R. The influence of postmortem changes in bovine muscle on the water-holding capacity of beef. Postmortem storage of muscles at 20°C. **Journal of food Science**. Vol. 46, p., 1981.
23. HUFFMAN, K. L.; MILLER, M. F.; HOOVER, L. C.; WU, C. K.; BRITTIN, H. C.; RAMSEY, C. B. Effect of beef tenderness on consumer satisfaction with steaks consumed in home and restaurant. **Journal of Animal Science**. Vol. 74 (1), p. 91-97, 1996.
24. INÁCIO, A. **Abiec: Giannetti quer vender carne in natura aos EUA**. Disponível em: <<http://portalexame.abril.com.br/ae/economia/m0161617.html>>. Acesso em 10 jun. 2008.
25. KASTNER, C. L.; FELÍCIO, P. E. de. Tratamentos que influem na maciez da carne bovina no período pós-abate. **Boletim técnico do CTC - ITAL**. Vol. 5, 64p., 1980.
26. KENNEY, P. B.; KASTNER, C. L.; KROPF, D. H. Raw and pre-heated epimysium and gelatin affect properties of low-salt, low-fat, restructured beef. **Journal of Food Science**. Vol. 57 (3), p. 551-444, 1992.

27. KNIPE, C. L.; OLSON, D. G.; RUST, R. E. Effects of selected inorganic phosphates, phosphate levels and reduced sodium chloride levels on protein solubility, stability and pH of meat emulsions. **Journal of Food Science**. Vol. 50, p. 1010-1013, 1985.
28. KOOHMARAIE, M. Muscle proteinases and meat aging. **Meat Science**. Vol. 36 (3), p. 93-104, 1994.
29. KUKOWSKI, A. C.; MADDOCK, R. J.; WULF, D.M.; FAUSTI, S. W.; TAYLOR, G. L. Evaluating consumer acceptability and willingness to pay for various beef chuck muscles. **Journal of Animal science**. Vol. 83 (11), p. 2605-2610, 2005.
30. LAAKKONEN, E.; WELLINGTON, G. H.; SHERBON, J. W. Low-Temperature, Long-Time heating of bovine muscle 1. Changes in Tenderness, Water-Binding Capacity, pH and Amount of Water-Soluble Components. **Journal of Food Science**. Vol. 35, p. 175-177, 1970.
31. LANSDELL, J. L.; MILLER, M. F.; WHEELER, T. L.; KOOHMARAIE, M.; RAMSEY, C. B. Postmortem injection of calcium-chloride effects on beef quality traits. **Journal of Animal Science**. Vol. 73 (6), p. 1735-1740, 1995.
32. LAWRIE, R. A. **Ciência da Carne**. Tradução de Jane Maria Rubensam. Ed. Artmed, Porto Alegre, R. S., Brasil, 2005.
33. LEHNINGER, A. L. **Princípios de Bioquímica**. Ed. Savier, São Paulo, S. P., Brasil, 1986.
34. LIVINGSTON, M.; BREWER, M. S.; KILLIFER, J.; BIDNER, B.; McKEITH, F. Shelf life characteristics of enhanced modified atmosphere packaged pork. **Meat Science**. Vol. 68, p. 115-122, 2004.
35. LUCHIARI FILHO, A. **Produção de Carne Bovina no Brasil, Qualidade, Quantidade ou ambas? II SIMBOI - Simpósio sobre Desafios e Novas Tecnologias na Bovinocultura de Corte**, Brasília-DF. 2006.

36. MANHANI, M. R. **Estabilidade de cortes de lagarto bovino (*m. semitendinosus*) Injetados e assados contendo diferentes sais de sódio e extrato de alecrim.** 2006. 157 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2006.
37. MOLINA, M. E.; JOHNSON, D. D.; WEST, R. L.; GWARTNEY, B. L. Enhancing palatability traits in beef chuck muscles. **Meat Science**. Vol. 71, p. 52-61, 2005.
38. MOLLINS, R. A. **Phosphates in food**. CRC Press. Boca Raton, Flórida, USA, 1991.
39. MORGAN, J. B.; MILLER, R. K.; MENDEZ, F. M.; HALE, D. S.; SAVELL, J. W. Using calcium chloride injection to improve tenderness of beef from mature cows. **Journal of Animal Science**. Vol. 69 911), p. 4469-4476, 1991.
40. MOTZER, E. A.; CARPENTER, J. A.; LYON, C. E. Quality of restructured hams manufactured with PSE pork as affected by water binders. **Journal of Food Science**. Vol. 63 (6), p. 1007-1011, 1998.
41. NAKAMURA, Y. N.; IWAMOTO, H.; ONO, Y.; SHIBA, N.; NISHIMURA, S.; TABATA, S. Relationship among collagen amount, distribution and architecture in the longissimus thoracis and profundus from pigs. **Meat Science**. Vol. 64, p. 43-50, 2003.
42. NOVAPROM FOOD INGREDIENTS. **Informe Técnico**, Lins, S.P., 2006.
43. PARDI et al. **Ciência, Higiene e Tecnologia da Carne**. Volume II. Goiânia: UFG, 1996.
44. PATERSON, B. C.; PARRISH, F. C., Jr.; STROMER, M. H. Effects of salt and pyrophosphate on physical and chemical properties of beef muscle. **Journal of Food Science**. Vol. 53, p. 1258-1265, 1988.

45. POLLONIO, M. A. R. **Elaboração de carnes marinadas, temperadas, maturadas e pré-fatiadas em açougues**. 1ª ed., São Paulo, S. P., Brasil, 2002.
46. RHEE, M.; WHEELER, T.; SHACKELFORD, S.; KOOHMARAIE, M. Variation in Palatability and Biochemical Traits within and among eleven Beef Muscles. **Journal of Animal Science**. Vol.:82. p. 534-556, 2004.
47. RODRIGUES, I. M.; IEMMA, A. F. **Planejamento de experimentos e otimização de processos**. Uma estratégia seqüencial de planejamentos. Ed. Casa do Pão – Campinas, SP, Brasil, 2005.
48. SAVELL, J. W.; SMITH, G. C. **Laboratory manual for meat science**. American Press – Boston, MA, 2000.
49. SCHILLING, M. W.; MINK, L.E.; GOCHENOUR, P. S.; MARRIOT, N. G.; ALVARADO, C. Z. Utilization of pork collagen for functionality improvement of boneless cured ham manufactured from pale, soft, and exudative pork. **Meat Science**. Vol. 65, p. 547-553, 2003.
50. SEIFERT, J. **Collagen hydrolysate and its biological value**. In: ADAM, M et al. Collagen Hydrolysate and its Relationship to Joint Health - A Scientific Compendium, Publisher: GELITA Health Initiative, 1st edition, 2004, chap: 3, p.44-56. Disponível em: <www.gelita-health-initiative.com>. Acesso em 24 nov. 2005.
51. SENTER et al. Colour Values of Cooked Top-Round Beef Juices as Affected by Endpoint Temperatures, Frozen Storage of Cooked Samples and Storage of Expressed Juices. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. Vol. 75, p.179-182, 1997.
52. SILVEIRA, E. T. F. **Técnicas de abate e seus efeitos na qualidade da carne suína**. 1997. 80 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1997.

53. SMITH, G. C. **Factors affecting the palatability of beef**. In: Future Beef Operations Seminar, 2001, 21p., Colorado, USA, 2001.
54. TAYLOR, R. G.; GEESINK, G. H.; THOMPSON, V. F. Is Z-disk degradation responsible for postmortem tenderization? **Journal of Animal Science**. Vol. 73 (5), p. 1351-1367, 1995.
55. TORNBERG, E. Effects of heat on meat proteins – Implications on structure and quality of meat products. **Meat Science**. Vol. 70, p. 493-508, 2005.
56. TROUT, G.R.; SCHIMIDT, G. R. Effect of phosphates on the functional properties of restructured beef rolls: the role of pH, ionic strength and phosphate type. **Journal of Food Science**. Vol. 51, p. 1416-1423, 1986.
57. TROUT, G.R.; SCHIMIDT, G. R. Nonprotein additives. In A. M. Pearson & T. R. Dutson. **Advances in meat research**. Vol. 3, p. 307-329, New York, 1987.
58. U. S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE - U.S. MEAT ANIMAL RESEARCH CENTER (USDA - ARS). KOOHMARAIE, M.; WHEELER, L.T.; SHACKERFORD, S.D. **Slice Shear Force Protocol for Large Volume at Higher Cost**. Clay Center, Nebraska, USA. 2005.
59. USDA. UNITED STATE DEPARTMENT OF AGRICULTURE FOREIGN AGRICULTURAL SERVICE (FAS). Disponível em: <www.fas.usda.gov/psd/complete_tables/LP_table2-7.htm> . Acesso em 27 mar. 2006.
60. USDA. UNITED STATE DEPARTMENT OF AGRICULTURE FOREIGN AGRICULTURAL SERVICE (FAS). Office of Global Analysis. **Circular Series DL&P 1-08**. April 2008. Disponível em: <http://www.fas.usda.gov/dlp/circular/2008/livestock_poultry_04-2008.pdf>. Acesso em 5 maio. 2008.

61. VON SEGGERN, D. D.; CALKINS, C. R.; LOHNSON, D. D.; BRICKLER, J. E.; GWARTNEY, B. L. Muscle profiling: Characterizing the muscles of the beef chuck and round. **Meat Science**. Vol. 71, p. 39-51, 2005.
62. WHIPPLE, G.;KOOHMARAIE, M.; DIKERMAN. M. E. Evaluation of attributes that affect longissimus muscle tenderness in *Bos Taurus* e *Bos indicus* cattle. **Journal of Animal Science**. Vol. 68 (9), p. 2716-2728, 1990.
63. WIERBICKI, E.; DEATHERAGE, F.E. Determination of water- holding capacity of fresh meats. **Agricultural and Food Chemistry**, v.6, p.387-392, 1958.

7 ANEXOS

7.1 Anexo 1. Especificações Técnicas da Fibra Natural de Colágeno NOVAPRO®.

1. REGULAMENTAÇÃO LEGAL	
1.1 SIF	1125
1.2 Registro no DAS / DIPOA – Ministério da Agricultura	001/1125
2. CARACTERÍSTICAS GERAIS	PADRÃO
2.1 Descrição	Fibra Seca
2.2 Cor	Branca
2.3 Aroma / Sabor	Neutro
2.4 Sujidades/ Materiais estranhos	Ausência
2.5 Energia	13,4 KJ/g
2.6 Validade	18 meses em local seco
3. EMBALAGEM	PADRÃO
3.1 Primária	Sacos de Polietileno de Alta Densidade
3.2 Secundária	Caixa de Papelão ou Pallet com Filme Plástico
4. ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS	PADRÃO
4.1 Proteína Bruta (N x 6.25)	Mín. 99 %
4.2 Umidade	0,5 a 5,0 %
4.3 Gordura	≤ 3,0%
4.4 Cinzas	≤ 2,5%
4.5 pH	6,5 a 7,5
5. ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS	PADRÃO
5.1 Mesófilos	Máx. 1.000 (UFC/g)
5.2 Bolores e Leveduras	Máx. 100 (UFC/g)
5.3 <i>E. coli</i>	Ausência em 25g
5.4 <i>Salmonella</i>	Ausência em 25g
5.5 <i>Staphylococcus aureus</i>	Ausência em 25g
5.6 <i>Listeria</i>	Ausência em 25g
6. METAIS PESADOS	PADRÃO
6.1 Arsênio, Cádmio, Chumbo, Cobre, Crômio, Zinco	Abaixo dos limites do Decreto n° 55.871

7.2 Anexo 2. Ilustração do Fluxograma de Processo

a) Cortes cárneos utilizados:



Figura 1. Tríceps braquial (Miolo da Paleta)



Figura 2. Peitoral profundo (Peito)

b) Amostragem para análises microbiológicas e físico-químicas



Figura 3. Amostra do Peito



Figura 4. Amostra do Miolo da Paleta

c) *Injeção com salmoura específica.*

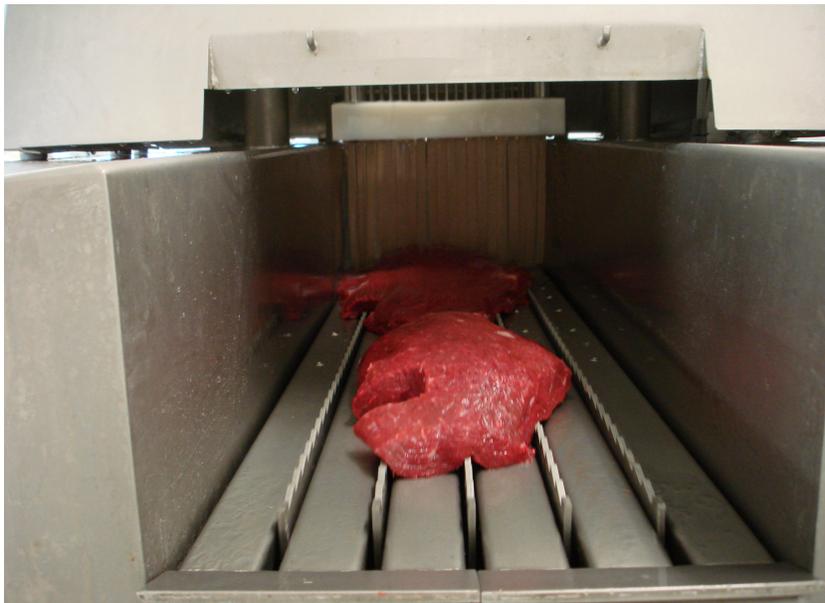


Figura 5. Peças na Injetora multiagulha

d) *Embalagem e Identificação*



Figura 6. Peças identificadas e embaladas à vácuo prontas para cocção

e) *Cocção*



Figura 7. Painel de controle da câmara de cozimento

f) *Drenagem*



Figura 8. Peças identificadas drenadas após resfriamento

g) Reembalagem



Figura 9. Peças cozidas, drenadas, reembaladas à vácuo

h) Estocagem



Figura 10. Peças cozidas, drenadas e embaladas para congelamento a -20°C .

7.3 Anexo 3. Capacidade de retenção de água (CRA)

G expressa a CRA em %.

$$G = P/T$$

P = área do filme, em cm² (halo interno).

T = área total, em cm² (halo externo).

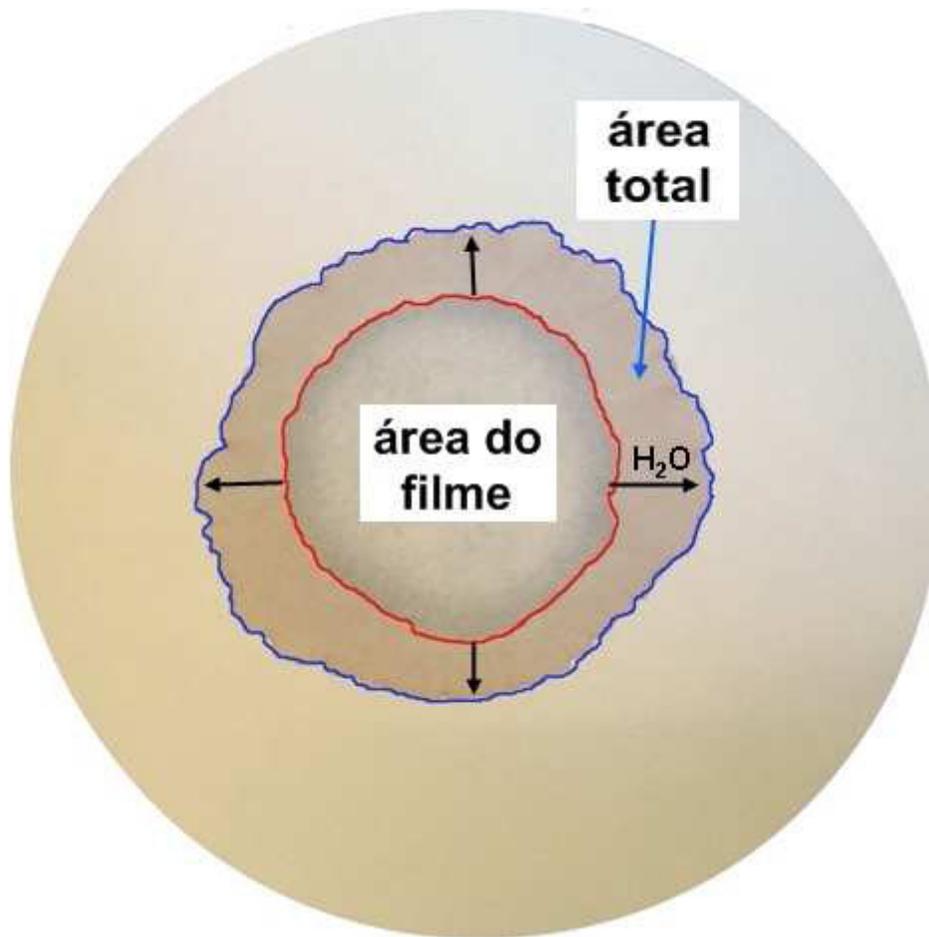


Figura 1. Contorno delimitando a mancha da carne prensada, área do filme ou halo interno (P) e o halo do líquido exsudado, ou área total (T).

7.4 Anexo 4. Maciez objetiva ou Força de Cisalhamento.

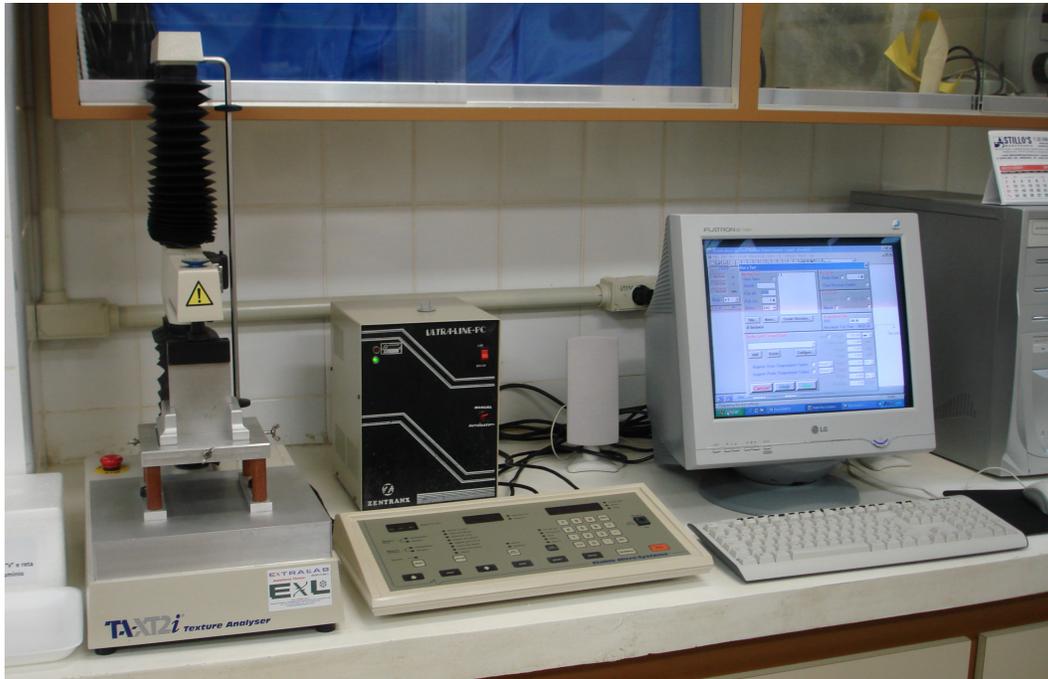


Figura 1. TA- XT2 i com lâmina plana acoplada para análise de Maciez objetiva.



Figura 2. Preparo de amostra do m. Peitoral profundo para Força de cisalhamento, detalhe da orientação das fibras musculares.

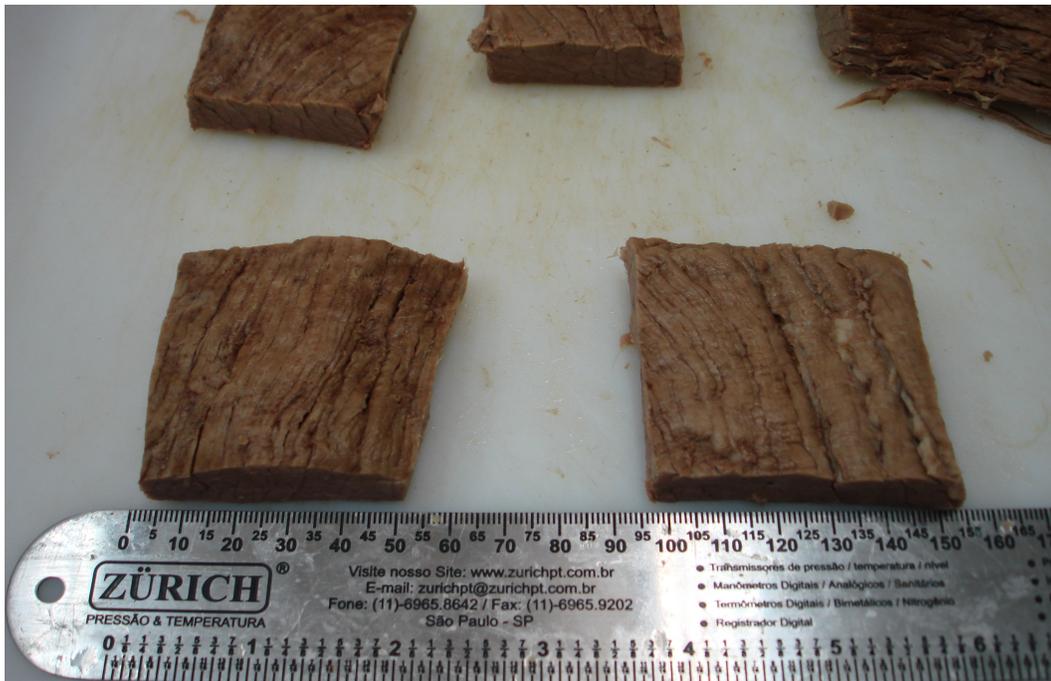


Figura 3. Amostras do Peitoral profundo prontas para o teste de Força de Cisalhamento.



Figura 4. Detalhe da espessura da amostra do m. Peitoral profundo para o teste de Força de Cisalhamento no TA-XT2i.

7.5 Anexo 5. Análise do perfil de textura (TPA).



Figura 1. Cilindro utilizado para o preparo das amostras da análise de TPA.



Figura 2. Detalhe da espessura da amostra preparada para o teste de TPA.



Figura 3. Detalhe do diâmetro da amostra preparada para o teste de TPA.