

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE CARNE BOVINA REESTRUTURADA ELABORADA A PARTIR DE CARNES CONGELADAS COM POUCA MACIEZ CONTENDO TRANSGLUTAMINASE MICROBIANA

Roger B. **Candido**¹; Ana Lúcia S. C. **Lemos**²; Marcia M. H. **Haguiwara**³; Fabiana **Faria**⁴; Maristela V. C. **Aoki**⁵; Nelson R. **Vilarinho Junior**⁶; Darlila A. **Gallina**⁷

Nº 24206

RESUMO – Foram elaborados 4 tratamentos de carnes reestruturadas a partir de carne bovina congelada, com adição de tripolifosfato ou enzima transglutaminase microbiana. Empregou-se 95% de carne bovina desossada e 3,3-4,7% de água gelada (F1 à F4); 0,7% de NaCl (F1 e F3); 0,3% de tripolifosfatos (F1 e F2) e 1% de enzima transglutaminase (F3 e F4). Carne bovina *in natura* foi empregada como amostra padrão. Os tratamentos foram submetidos às análises de composição centesimal, pH, análise de perfil de textura (TPA), força de cisalhamento (FC), perda de peso no cozimento (PPC) e análise de cor instrumental. Os valores de composição centesimal mantiveram-se dentro dos padrões de carnes bovinas, houve um aumento no teor de cloretos e cinzas devido aos aditivos utilizados. Os valores de pH ficaram entre 5,55 e 5,84, notando-se que os tratamentos com TG obtiveram as maiores medidas. Quanto à cor instrumental, os valores de L*, a* e b* variaram entre 30,78-34,24; 14,72-15,97 e 8,97-10,42, respectivamente. As amostras F1 e F3 (com NaCl) apresentaram os menores valores de PPC e FC (menor dureza). Tanto na análise de FC quanto na textura (TPA), a amostra de carne *in natura* apresentou valores de dureza superiores aos demais tratamentos. Além disto, as amostras F1 e F3 apresentaram os menores valores de PPC, FC e dureza (TPA), demonstrando que o sal afetou a capacidade de retenção de água favorecendo a maciez do produto. A reestruturação e os tratamentos, tripolifosfato e enzima TG, contribuíram significativamente na redução da dureza, melhorando a maciez da carne.

Palavras-chaves: reestruturação, transglutaminase, carne bovina, maciez, perfil textura, dureza.

¹ Autor, Bolsista CNPq (PIBIC): Graduação em Engenharia de Alimentos, UNICAMP, Campinas-SP; r238269@dac.unicamp.com

² Colaboradora: Pesquisador Científico VI, CTC/ITAL, Campinas – SP.

³ Coorientadora: Pesquisador Científico VI, CTC/ITAL, Campinas – SP.

⁴ Colaboradora: Graduação em Engenharia de Alimentos, USP, Pirassununga – SP.

^{5,6} Técnicos do laboratório de físico-química do CTC/ITAL, Campinas – SP.

⁷ Orientadora: Pesquisador Científico VI, CTC/ITAL, Campinas – SP; darlila@ital.sp.gov.br

ABSTRACT – *Four treatments of restructured bovine meat were prepared with addition of phosphate and microbial transglutaminase enzyme. It was employed 95% deboned bovine meat (F1 to F4); 0,7% of NaCl (F1 and F3); 0,3% of tripolyphosphate (F1 and F2); 1% of transglutaminase enzyme (F3 and F4) and 3,3-4,7% of cold water. The treatments were putted through to the physicochemical composition, pH, texture profile analysis (TPA), shear force (WBSF), cooking loss percentage (CLP) instrumental color analysis (L^* , a^* , b^*). The values about centesimal composition remained within the typical range in bovine meat, with an increase in the chlorates and ashes-grade due to the additives used. The pH values stayed between 5,55 and 5,84, noticing the treatments with the TG enzyme had the greatest measurements. Regarding the instrumental color, the values of L^* , a^* and b^* varied between 30,78-34,24; 14,72-15,97 and 8,97-10,42, respectively. The F1 and F3 samples (with NaCl) showed the lowest values of CLP, SF and hardness (TPA), demonstrating that the salt has affected the water retention capacity, favoring the product's softness. The restructuration and the treatments, tripolyphosphate and the TG enzyme, had contributed significantly to the hardness reduction, improving the meat's softness.*

Keywords: restructuring, transglutaminase, beef, tenderness, texture profile, hardness.

1. INTRODUÇÃO

O termo “reestruturação” denomina produtos elaborados a partir de fragmentos de carne através da solubilização de proteínas e posterior moldagem (BONFIM, 2013). Os produtos reestruturados são uma boa alternativa, sendo produtos de fácil manipulação, que visam agregar valor aos cortes ou recortes cárneos e melhorar a aparência e textura do novo produto.

No processo da reestruturação, para promover a ligação entre as aparas de carnes, as proteínas da superfície dos fragmentos cárneos devem ser solubilizadas e, posteriormente, esses fragmentos são moldados por compressão e unidos em uma só peça. Tradicionalmente, o cloreto de sódio e os polifosfatos, juntamente com a adição do calor, são os meios mais utilizados para agregar os pedaços de carnes. A maioria dos produtos reestruturados passam pelo congelamento, ou exigem um processo de aquecimento para produzir a força de ligação aceitável. O cloreto de sódio desempenha um papel-chave na solubilidade de proteínas miofibrilares e na subsequente agregação dessas, influenciando na capacidade de retenção de água e nas propriedades texturais aceitáveis. A substituição parcial de NaCl por fosfatos em formulações de baixo teor de sódio tem sido usada na indústria da carne de forma eficaz, promovendo a redução do efeito negativo de níveis mais baixos de sal e de melhoria sensorial e propriedades tecnológicas, no entanto, por legislação, os fosfatos têm uso limitado 0,5g/100g de produto, descontando o fosfato presente naturalmente na matéria prima (BONFIM, 2013).

Por outro lado, a transglutaminase microbiana (MTGase) é uma potencial alternativa para obtenção de produtos cárneos reestruturados crus com melhores textura e força de gel (FERREIRA

et al., 2012). A MTGase aumenta a força de gel dos músculos e proteínas cárneas, garantindo maior capacidade de retenção de água, emulsificação, estabilidade térmica e outras propriedades organolépticas, além de elevar o valor nutricional (BONFIM, 2013). A enzima também se destaca como um ingrediente que promove a adesão de partículas de carne sem necessidade de extração das proteínas miofibrilares, mantendo, portanto, as características do músculo íntegro.

A reestruturação através do uso da MTGase tem se tornado uma ferramenta de grande importância no setor de carnes sendo utilizada para melhorar a textura de proteínas de carne reestruturada, com ou sem adição de sal e fosfatos (SERRANO *et al.*, 2004). Desta forma, o uso de polifosfatos e da TG tem potencial de aplicação na indústria cárnea para elaboração de bifes/steaks reestruturados, podendo agregar valor a cortes de maciez intermediária e tornar esses produtos competitivos aos cortes íntegros, já que viabilizam a produção de um produto de textura mais aceitável. Este estudo tem como objetivo avaliar a qualidade de carnes reestruturadas elaboradas a partir de carne bovina congelada, com aplicação de fosfatos e/ou enzima transglutaminase, com e sem a presença de sal (NaCl), através de análises físico-químicas, cor objetiva e textura instrumental.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Elaboração da carne bovina reestruturada (*steaks*)

Foram elaborados 4 tratamentos de carne reestruturada, contendo 95% de carne bovina desossada (contra file), 1% da TG, 0,3% de tripolifosfatos, 3-5% de água gelada, 0,7% ou 0% de sal (NaCl), sendo eles: F1: carne bovina, sal, água, tripolifosfato de sódio (Prayphos STPP PY FG - E451, Prayon S.A.); F2: carne bovina, sem sal, água, TPF; F3: carne bovina, sal, água, enzima transglutaminase microbiana TG (Activa BBS, Ajinomoto do Brasil); F4: carne bovina, sem sal, água, enzima TG. A enzima transglutaminase Activa BBS, foi fornecida pela empresa Ajinomoto do Brasil. A carne empregada foi a bovina desossada congelada, a qual foi descongelada sob refrigeração, em câmara fria ($3\pm 2^{\circ}\text{C}$), durante 21 horas. As carnes foram limpas através da retirada parcial da gordura presente nas mesmas. As carnes (metade) foram moídas em disco de rim (temperatura carne moída = $-0,5^{\circ}\text{C}$), a fim de obter pedaços maiores, e a outra metade foi moída em disco de 16 mm (temperatura carne moída = $-0,3^{\circ}\text{C}$). As carnes foram misturadas formando uma amostra composta (temperatura média 1°C) e divididas em 4 partes para serem adicionadas aos demais ingredientes. Os ingredientes foram pesados, diluídos em água da formulação e adicionados à carne, procedendo-se a mistura. As formulações foram embutidas em tripa plástica com calibre de aproximadamente 100 mm, colocadas em molde/formas de presunto quadradas de 2,5kg (de aço inoxidável) e prensadas. As formas contendo todas as formulações foram então levadas para câmara fria com temperatura de $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ por um período de 14 horas para completar o processo de reestruturação. Em seguida, as carnes reestruturadas embaladas em tripas plásticas foram congeladas, ainda nas formas, em temperatura de $-20\pm 2^{\circ}\text{C}$. As amostras foram então retiradas das formas, após três dias

de congelamento, sendo mantidas congeladas embaladas. Com 5 dias de elaboração, as formulações de carnes reestruturadas (F1 à F4) foram mantidas em câmara fria à 0°C por 12 horas, e então levadas para câmara fria a 4°C por 3 horas para após serem cortadas, ainda cristalizadas, em fatias/*steaks* (de aproximadamente 7,0 cm) em máquina tipo serra fita, para serem submetidas às análises.

2.1. Composição físico-química, avaliação de pH, cor instrumental

Amostras de cada tratamento e uma amostra padrão de carne bovina desossada congelada in natura foram descongeladas e submetidas à caracterização por meio das análises de umidade, gordura, proteína total, teor de lipídios, cloretos, cinzas. O teor de umidade foi determinado em estufa à 105°C até peso constante (AOAC, 2012a). Os lipídios presentes na amostra foram extraídos com éter de petróleo, em unidade Soxhlet, e a porcentagem foi determinada por gravimetria (AOAC, 2012b). O teor de proteína total está baseado na análise de nitrogênio total (Kjeldhal), onde o teor de nitrogênio é determinado através da conversão em porcentagem de proteína presente na amostra, utilizando-se o fator de conversão de 6,25 (AOAC, 2012c). O teor de cinzas foi obtido após calcinação das amostras em mufla à 550°C e estufa à 105°C até peso constante (BRASIL, 2005a), ainda, a partir das cinzas, a porcentagem de cloretos foi determinada por titulação com nitrato de prata 0,1N na presença do indicador cromato de potássio (BRASIL, 2005b). O pH das amostras foi determinado através da leitura direta no aparelho com o eletrodo de penetração inserido diretamente na amostra usando pHmetro Digmed/DM21 (BRASIL, 1999).

A cor instrumental das amostras de carne reestruturadas foi medida nas amostras fatiadas (crus), empregando-se um colorímetro Konica Minolta Chroma Meter portátil (modelo CR 400), no sistema CIELab. Avaliou-se a luminosidade (L^*), o vermelho (a^*), e amarelo (b^*), com padrão de iluminação D65, e ângulo de observação de 10° e 30mm de abertura do obturador. Os resultados foram tabelados e submetidos à análise estatística para comparação de médias, expressos como L^* (luminosidade), a^* (vermelhidão) e b^* (amarelamento).

2.2. Análises físicas - Perda de Peso no cozimento (PPC), Força de cisalhamento (FC, WBSF) e Perfil de Textura (TPA)

A carne foi preparada de acordo com AMSA (2016). A carne reestruturada cortada em fatias foi grelhada em forno combinado (marca Rational, modelo SCC WE 101) com aquecimento seco na temperatura de 163°C, até atingir a temperatura interna na peça de 71-72 °C. A perda de peso no cozimento (%PPC) foi determinada depois da amostra cozida ser resfriada à temperatura ambiente, por diferença entre o peso inicial (crua) e final (cozida), dividida pelo peso inicial (x100).

A força de cisalhamento Warner-Bratzler (WBSF) foi determinada nas amostras de carne bovina reestruturada após a cocção e subsequente resfriamento. Amostras foram cortadas em cilindros com 0,5 cm de diâmetro e 2cm de altura, sendo cisalhadas com um dispositivo WBSF (acessório Warner Bratzler de 3mm espessura), conectado a um texturômetro TA XT-2i, marca Stable Micro System

(UK), com velocidade de pré teste de 2,0 mm/s; velocidade de teste 2,0 mm/seg., velocidade pós teste 10 mm/seg. e distância de 40 mm/seg, com força de Trigger de 0,1 kg. A análise do perfil de textura (TPA) foi realizada nas amostras de bifes reestruturados cozidos, usando um texturômetro TA XT-2i, marca Stable Micro System (UK). Os parâmetros de textura foram medidos à temperatura ambiente com as seguintes condições de teste: compressão de 25 % da altura original, em dois ciclos com velocidade de pré-teste de 2,00mm/seg.; velocidade de teste de 0,8 mm/seg.; velocidade de pós-teste de 2,00mm/seg.; utilizando um probe de 35 mm de diâmetro (P/36R), distância de 5 mm/seg e força de trigger de 0,1kg. As amostras de cada tratamento foram cortadas nas medidas de 2,0 x 2,0 x 4,0 cm, e submetidas a avaliação de TPA. Os parâmetros de textura, dureza (N), coesividade (razão), gomosidade (N), elasticidade (razão) e mastigabilidade (N) foram obtidos a partir das curvas força-tempo geradas para cada amostra (BOURNE, 1978).

2.3. Análise estatística

Os resultados foram avaliados por meio da ANOVA e Teste de Tukey ao nível de 5% de significância, utilizando o programa Statistica® versão 10 (StatSoft Inc., Tulsa, EUA).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Caracterização físico-química da carne e carnes reestruturadas:

Os resultados (médias \pm desvio padrão) da caracterização físico-química da carne bovina desossada *in natura* (contrafilé) empregada na elaboração das carnes reestruturadas (n=4) e das formulações F1 à F4 estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Composição físico-química da carne bovina desossada *in natura* (contra filé, amostra composta) e das formulações de carne bovina reestruturada (F1 à F4).

Análises	Carne bovina <i>in natura</i> (padrão)	F1	F2	F3	F4
Proteína total (g/100g)	23,00 \pm 0,16	21,92 \pm 0,54	22,86 \pm 0,57	23,42 \pm 0,59	22,62 \pm 0,07
Gordura total (g/100g)	5,14 \pm 0,11	3,09 ^b \pm 0,15	4,02 ^a \pm 0,13	3,78 ^a \pm 0,12	4,02 ^a \pm 0,19
Umidade (g/100g)	71,05 \pm 0,40	72,95 ^{a,b} \pm 0,21	73,19 ^a \pm 0,04	71,19 ^c \pm 0,29	72,42 ^b \pm 0,08
Cinzas (g/100g)	1,02 \pm 0,02	1,72 ^b \pm 0,02	1,26 ^d \pm 0,01	2,08 ^a \pm 0,01	1,46 ^c \pm 0,01
Cloretos (g/100g)	0,03 \pm 0,00	0,55 ^b \pm 0,02	0,03 ^d \pm 0,00	0,95 ^a \pm 0,04	0,36 ^c \pm 0,00
pH	5,55 \pm 0,01	5,67 ^c \pm 0,03	5,77 ^b \pm 0,03	5,81 ^{a,b} \pm 0,01	5,84 ^a \pm 0,02

Letras minúsculas diferentes na mesma linha indicam diferença estatística $P < 0,05$.

O teor proteico das amostras de carne reestruturada oscilou entre 21,92 e 23,42%, não havendo diferença significativa entre os tratamentos. De Carli (2015) obteve teores de proteínas de 19,02 e

de 18,36 nas amostras da carne *in natura* e carne reestruturada, respectivamente. Houve uma ligeira diferença entre os teores de gordura, com a formulação F1 diferindo das demais, o que pode ter sido ocasionado pela distribuição irregular da gordura na carne e/ou deficiência na homogeneização da amostra para análise. O teor de umidade variou entre 71,19 e 73,19%, havendo diferença significativa entre os tratamentos. Comparando as formulações F1 com F3 (amostras com sal) e F2 com F4 (amostras sem sal), verifica-se uma diferença significativa na umidade, demonstrando que este efeito, pode ser atribuído aos fosfatos.

O teste de cinzas detecta o teor de minerais, como o sódio, portanto, as amostras que continham NaCl, e tripolifosfato (F1) e NaCl e a enzima TG (F3), apresentaram valores significativamente superiores. A enzima TG contém como veículos, caseinato de sódio e fosfato trissódico, o que afeta também no teor de minerais e justifica maior valor de cinzas. De Carli (2015) obteve valores similares quanto ao teor de cinzas para amostras de carne *in natura* e de carne reestruturada, de 1,04% e 1,95%, respectivamente, atribuindo esta diferença a adição do condimento, composto por sais minerais, e acarretando no aumento do teor de cinzas. Esta mesma tendência é observada no teor de cloretos, já que as formulações diferiram entre si e F3 foi a que apresentou maior valor, seguida da formulação F1.

Valores de pH entre 5,40 e 5,80 são considerados dentro dos padrões normais para carne bovina (ARANTES, 2014). Apesar de haver diferença significativa no pH entre os tratamentos (F1 a F4), os valores estão bastante próximos e esta diferença não impacta em suas propriedades. Os valores de pH oscilaram entre 5,67 e 5,84 entre os tratamentos, superiores ao pH de 5,55 da amostra padrão, sendo que os maiores valores foram das amostras F3 e F4, expondo que o uso da enzima TG tende a elevar o pH, graças ao fosfato trissódico, um sal altamente básico presente em sua formulação.

3.2. Análises físicas

A perda de peso no cozimento está associada ao comportamento da água presente na amostra de carne durante e depois da cocção e influencia diretamente a qualidade, maciez e por consequência a aceitação do consumidor. Sal ou cloreto de sódio tem sido adicionado à carne para aumentar a vida de prateleira e realçar o sabor. Ele também é usado para aumentar a capacidade de retenção de água (CRA) em função da extração das proteínas miofibrilares, proporcionando uma melhoria subsequente da perda por gotejamento e rendimentos após cocção (BONFIM, 2013).

Quanto à perda de peso por cocção, os tratamentos F2 (35,17%) e F4 (39,35%) não diferiram significativamente entre si e nem da amostra padrão (37,77%), sendo os maiores valores de PPC. As formulações F1 e F3 não diferiram entre si e apresentaram menor PPC, de 28,97% e 29,12%, respectivamente. Observa-se o efeito do sal, se compararmos as formulações F1 e F2, e F3 e F4, sendo que as formulações as quais adicionou-se o sal (F1 e F3) apresentaram menor PPC devido a maior capacidade de retenção de água. Bonfim (2013) e De Carli (2015), observaram valores inferiores na PPC, aos observados neste estudo, quando estudaram o efeito da aplicação de enzima TG na elaboração de carne bovina reestruturada.

A mioglobina é responsável por transportar oxigênio através do músculo, e responsável pela coloração da carne. A descoloração de produtos cárneos é um grande problema para a comercialização de carnes reestruturadas, uma vez que reduz a aceitabilidade pelo consumidor (DI CARLI, 2015). Os valores médios dos parâmetros L, a* e b* da cor objetiva das amostras padrão (carne *in natura*) e das formulações de carne bovina reestruturada crua, (F1 à F4), estão descritos na Tabela 2.

Tabela 2. Resultados médios (n=7) da avaliação de cor (L*, a*, b*) das carnes reestruturadas.

Amostras	L*	a*	b*
F1	31,32 ^b ± 0,94	14,72 ± 2,19	9,65 ^{a,b} ± 0,74
F2	31,70 ^{a,b} ± 2,20	15,97 ± 2,45	9,38 ^{a,b} ± 0,66
F3	34,24 ^a ± 2,31	14,92 ± 1,98	10,42 ^a ± 0,76
F4	30,78 ^b ± 1,30	15,40 ± 0,86	8,97 ^b ± 0,79
Padrão	30,92 ^b ± 1,41	15,68 ± 1,21	10,30 ^a ± 1,00

Letras minúsculas e diferentes na coluna indicam diferença estatística P<0,05.

Os valores da luminosidade (L) das amostras de carne bovina reestruturada variaram entre 30,78 e 34,24, próximos a carne *in natura* que foi de 30,92, com valores próximos aos de carnes escuras, de acordo com a classificação de Abularach *et. al.* (1998). A intensidade de vermelho está diretamente relacionada à quantidade e ao estado da mioglobina presente na carne (BONFIM, 2013). Não houve diferença significativa no parâmetro a* entre as amostras e em relação ao padrão, com valores variando entre 14,72 e 15,97. Quanto à intensidade da cor amarela (b*), houve variações significativas entre as amostras, porém apenas F4 apresentou valor inferior de b* em relação ao padrão. Di Carli (2015) observou para carne *in natura* os valores de 37,41; 11,89 e 16,54 para L*a*b*, respectivamente. Já para as amostras de carne reestruturada os valores obtidos foram de 31,70; 10,50 e 14,48, para L*a*b*, respectivamente. Este autor observou uma intensidade mais baixa de coloração vermelha, e uma intensidade mais alta de amarelo, para carne reestruturada, indicando um produto de coloração mais clara que a coloração dos produtos elaborados (F1 à F4) neste estudo. Já Lopes (2012) verificou diferentes valores para L* a* b*, de 25,76; 17,70 e 14,98, respectivamente, para carne reestruturada bovina com adição de TG, com um produto mais escuro do que os obtidos nesse estudo. Assim, apesar de terem havido diferenças significativas nos parâmetros de cor, entre os tratamentos, os valores observados para L*, a*, b* estão muito próximos e as diferenças estão provavelmente mais associadas a composição e distribuição dos componentes da massa cárnea, do que ao efeito dos tratamentos (enzima e fosfatos).

A força de cisalhamento (FC) Warner-Bratzler é um método amplamente empregado para avaliar a maciez de cortes bovinos. Quanto maior é a força de cisalhamento, maior será a dureza da amostra (OLIVEIRA, 2021). Na Tabela 3, estão apresentados os resultados da força de cisalhamento (WB)

para as amostras de carne bovina *in natura* (padrão) e as amostras de carne bovina reestruturada (F1 à F4).

Tabela 3. Resultados médios (n=5) da avaliação da força de cisalhamento (FC, WBSF) das amostras de carnes reestruturadas e amostra padrão.

Amostras	FC (kgf)	Coefficiente de Variação	Força (N)*
F1	2,99 ^c ± 0,50	0,17	29,32 ^c ± 4,90
F2	4,14 ^{b,c} ± 0,19	0,05	40,6 ^{b,c} ± 1,86
F3	3,14 ^c ±0,12	0,04	30,79 ^c ± 1,18
F4	4,48 ^b ±0,45	0,10	43,93 ^b ± 4,41
Padrão	19,07 ^a ±1,23	0,06	187,01 ^a ± 12,06

Letras minúsculas e diferentes na coluna indicam diferença estatística $P < 0,05$. *Os valores foram convertidos em Newton para fins de comparação com dados da literatura usando a conversão 1kgf=9,80665N.

O cloreto de sódio e os polifosfatos são substâncias usuais nesses produtos cárneos, utilizados para aumentar a força iônica do meio e a solubilidade, contribuindo para ligação da partícula da carne para a emulsificação da gordura e para o aumento da capacidade de retenção de água. Desta forma, pode ocorrer uma redução nas perdas por cozimento, melhorando a qualidade e textura do produto. Quando o produto é cozido, a gordura, a água e os outros constituintes são atraídos para dentro da matriz de proteína cárnea coagulada para formar produtos aceitáveis em relação ao rendimento, maciez, umidade, textura e qualidade global (PARDI et al., 1993). Verifica-se na Tabela 3 que a amostra padrão apresentou uma FC (WB) muito superior às demais, indicando que os tratamentos (tripolifosfato e enzima TG) reduziram significativamente a dureza da carne. A ação dos tripolifosfatos foi similar à da enzima TG no amaciamento da carne reestruturada. Contudo, as amostras com adição de NaCl (F1 e F3) apresentaram valores de dureza (FC) significativamente inferiores as amostras sem sal (F2 e F4), o que indicou o impacto do NaCl na FC, promovendo uma menor dureza da carne nestas amostras, provavelmente devido maior capacidade de retenção de água e menor PPC. Ainda, Cestari (2007) obteve valores de força de cisalhamento entre 107,65 e 149,23 N, dependendo do músculo empregado, para reestruturados bovinos. Lennon *et al.* (2010) encontrou, para uma peça cárnea de teor de gordura semelhante, também tratada com 1% da massa total de transglutaminase, 46,8N de força de cisalhamento, valor este que se aproxima do tratamento F4, que também utilizou apenas a enzima, sem sal.

A textura da carne é o fator de qualidade mais importante para a satisfação do consumidor (FLETCHER, 2002; DUMA-KOCAN *et al.*, 2020), sendo que a dureza é o parâmetro mais importante para os consumidores, pois determina o valor comercial dos produtos cárneos (NURUL *et al.*, 2010). A dureza está associada à força necessária para romper as fibras do alimento e provocar a sua quebra durante a mastigação (DUMA-KOCAN *et al.*, 2020), a elasticidade, definida como a possibilidade de retorno da amostra testada de um estado deformado para o estado inicial. A mastigabilidade é o trabalho necessário para destruir as ligações internas da amostra de teste, sendo

um parâmetro secundário que depende da dureza, coesão e elasticidade. A coesividade é um atributo mecânico relativo à extensão em que um material pode ser deformado antes da ruptura.

Os resultados dos parâmetros de textura (dureza, elasticidade, coesividade, mastigabilidade) estão na Tabela 4. Os tratamentos afetaram ($P < 0,05$) os parâmetros de textura das amostras.

Tabela 4. Resultados médios ($n = 6$) dos parâmetros de perfil de textura (TPA)

Amostras	Dureza (kgf)	Elasticidade(cm)	Coesividade	Mastigabilidade(kgf.cm)
F1	5,53 ^c ±1,13	0,74 ^b ±0,07	0,60±0,03	2,47 ^d ±0,66
F2	8,50 ^b ±1,15	0,82 ^a ±0,02	0,57±0,02	4,00 ^{b,c} ±0,62
F3	6,23 ^c ±0,62	0,82 ^a ±0,05	0,59±0,03	3,03 ^{c,d} ±0,34
F4	9,26 ^b ±1,02	0,86 ^a ±0,04	0,61±0,02	4,88 ^b ±0,52
Padrão	11,88 ^a ±1,76	0,86 ^a ±0,03	0,61±0,02	6,26 ^a ±0,96

Letras minúsculas e diferentes na coluna indicam diferença estatística $P < 0,05$.

A maior dureza foi observada na amostra padrão/controle (carne in natura, não reestruturada). Já as amostras F2 e F4 apresentaram dureza similar e as amostras F1 e F3 também não diferiram entre si. Desta forma, o uso de tripolifosfato e enzima TG impactaram na dureza da carne reestruturada, porém a presença de sal (NaCl) contribuiu significativamente neste parâmetro, já que as amostras que continham sal foram as que apresentaram menor dureza, o que foi também observado pela análise de FC e correlaciona-se com a retenção de água através da menor PPC, nestes tratamentos. A adição de ingredientes que reduzem a proporção de água disponível para a formação de gel e estrutura entre os pedaços de carne, pode limitar os processos de ligação e impactar na textura do produto (LOPES, 2012). Em termos de elasticidade, apenas a amostra F1 diferiu das demais, apresentando menor valor. As demais apresentaram valores similares e não diferiram da amostra padrão. Já a coesividade das amostras pouco foi influenciada pelos tratamentos e pela reestruturação, sendo que a amostra padrão apresentou valor de 0,61, e os demais tratamentos oscilaram entre 0,57 e 0,61, sem variabilidade significativa.

Segundo Bourne (2002) a mastigabilidade é a força necessária para a mastigação de alimentos sólidos até a deglutição. Dessa forma, assim como a dureza, essa grandeza segue a proporcionalidade do Teste de FC (Warner-Bratzler), haja visto que ambos são regidos pela tensão necessária para romper a carne. Portanto, os resultados da análise de dureza (TPA) das amostras e por consequência a maciez das mesmas, seguem a mesma tendência da FC (WB).

Caine *et al.* (2003) avaliando o perfil de textura de bifes de costela bovino ($n = 52$) obtiveram valores médios para os atributos: dureza de 6,04 kgf (variação de 4,09-8,42); coesividade de 0,41 (0,35-0,45); elasticidade de 0,70 (0,61-0,77). Já para Bonfim (2013), os valores de dureza variaram entre 22,6 e 31,05N, coesividade entre 0,55-0,63, elasticidade de 0,47-0,81cm e mastigabilidade entre 71 e 125 N.cm. Estes valores são similares aos obtidos neste estudo. Cestari (2007) em seu estudo com os músculos da paleta bovina (raquete, miolo da paleta e peixinho) usando 1% de

MTGase concluiu por testes sensoriais que a enzima contribuiu para a melhora na textura do reestruturado. Outros autores demonstraram que a TG tem o potencial de aumentar a firmeza e elasticidade (KURAISHI *et al.*, 2001; BONFIM, 2013).

4. CONCLUSÃO

Não foram observadas consideráveis alterações na composição físico-química e no pH das amostras, em função da reestruturação da carne bovina e dos tratamentos (tripolifosfato e enzima TG, com e sem NaCl). Os teores de cinzas e cloretos foram afetados pela presença de NaCl, tendo sido superiores nas amostras que continham NaCl (F1 e F3). Não se observou grande influência dos fosfatos e TG nos parâmetros de cor instrumental (L^* , a^* , b^*). O sal (NaCl) influenciou significativamente para menores valores de PPC dos tratamentos F1 e F3, devido à maior capacidade de retenção de água destas amostras. Tal efeito resultou em menores valores de força de cisalhamento (FC) e dureza (TPA), nas amostras F1 e F3.

Os valores da FC foram significativamente menores para todos os tratamentos, em comparação com a amostra padrão, demonstrando que as carnes reestruturadas apresentaram menor dureza, ou seja, maior maciez. Tanto os polifosfatos quanto a enzima TG afetaram significativamente, diminuindo a dureza, melhorando a maciez da carne. Além disso a enzima TG (Activa BBS) pode substituir o tripolifosfato já que sua ação foi similar no amaciamento da carne reestruturada.

5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao CNPq pela bolsa concedida e ao Ital/CTC pelo suporte para o desenvolvimento do projeto.

6. REFERÊNCIAS

1. ABULARACH, M.L.S.; ROCHA, C. E.; FELÍNCIO, P. E. Características de qualidade do contrafilé (m. L. dorsi) de touros jovens da raça nelore. Universidade Estadual de Campinas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 18, nº 2, p. 205-210, 1998. Disponível em: <https://www.fea.unicamp.br/sites/fea/files/dta/laboratorios/PPCD/touro1.pdf>
2. AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION (AMSA). 2016. **Research guidelines for cookery, sensory evaluation, and instrumental tenderness measurements of meat**. Version 1.02. 2nd ed. Am. Meat Sci. Assoc. Chicago, IL. Disponível em: https://meatscience.org/docs/default-source/publications-resources/amsa-sensory-and-tenderness-evaluation-guidelines/research-guide/amsa-research-guidelines-for-cookery-and-evaluation-1-02.pdf?sfvrsn=4c6b8eb3_2. Acesso em: 09/05/2023.
3. ARANTES, Sofia Maria Peixoto. **Importância do pH na carne de bovino embalada**. 2014. Tese de Doutorado. Universidade do Minho (Portugal). Acesso em : 07/06/2024
4. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 19ª ed., 2012a, cap. 39, (método 950.46b)
5. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 19ª ed., 2012b, cap. 39, (método 991.36)
6. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 19ª. ed., 2012c, cap. 39, (método 981.10).

7. BONFIM, R. C. **Aplicação de transglutaminase microbiana e alta pressão hidrostática (APH) em produto cárneo reestruturado bovino**. 2013. 54p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Instituto de Tecnologia, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2013.
8. BOURNE M. C. Texture profile analysis. **Food Technology**, Chicago, julho, v. 32. p. 62-66, 1978.
9. BOURNE, M. C. Principles of objective texture measurement. In: M. C. Bourne, editor, Food texture and viscosity: Concept and measurement. **Academic Press, London, UK**. p. 107–188, 2002.
10. BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Métodos físico-químicos para análises de alimentos / Instituto Adolfo Lutz. Brasília: **Ministério da Saúde**, 2005a. 4ª Edição. Pág:105-106.
11. BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Métodos físico-químicos para análises de alimentos / Instituto Adolfo Lutz. Brasília: **Ministério da Saúde**, 2005b. 4ª Edição. Pág:112-113.
12. BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria da Defesa Agropecuária. **Métodos Analíticos Físico-químicos para Controle de Produtos Cárneos e seus Ingredientes - Sal e Salmoura**, Instrução Normativa nº20, de 21/07/99, Brasília/DF, 1999.
13. CAINE, W. R.; AALHUS, J. L.; BEST, D. R.; DUGAN, M. E. R.; JEREMIAH, L. E. Relationship of texture profile analysis and Warner-Bratzler shear force with sensory characteristics of beef rib steaks. **Meat Science**, v.64, p.333-339, 2003.
14. CESTARI, A. L. **Carne bovina reestruturada com transglutaminase: desenvolvimento e determinações de cor e textura**. Dissertação de mestrado em Engenharia de Alimentos, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2007. 88p. (Disponível em: <<http://www.fea.unicamp.br/alimentarium>>).
15. DE CARLI, T. **DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO CÁRNEO REESTRUTURADO COMO ALTERNATIVA DE REAPROVEITAMENTO DE APARAS CÁRNEAS**. Centro Universitário Univates. Curso de Engenharia de Alimentos. Lageado, novembro 2015. Disponível em: <<https://core.ac.uk/download/pdf/51328819.pdf>>. Acesso em 23 jan. 2024.
16. DUMA-KOCAN, P.; RUDY, M.; GIL, M.; STANISŁAWCZYK, R. The Influence of Temperature Differences in Smoking Chamber and Furnace and Smoking Time on the Quality of Medium-Ground Sausages, **Molecules**, 2020(25), 5515, p 1-10. doi:10.3390/molecules25235515.
17. FERREIRA, M. S.; MÁRSICO, E. T.; MEDEIROS, R. J.; POMBO, C. R.; FREITAS, M. Q., São Clemente, S. C. e JUNIOR, C.A. C. Comparação das características físico-químicas e sensoriais de hambúrgueres de carne bovina elaborados com cloreto de sódio, polifosfato e transglutaminase. **Rev. Bras. Med. Vet.**, 34(1):52-60, jan/mar 2012.
18. FLETCHER, D. L. Poultry meat quality. **World's Poult. Sci. J.** 2002, 58, 131–145.
19. KURAISHI, C.; YAMAZAKI, K.; SUSA, Y. Transglutaminase: Its utilization in the food industry. **Food Reviews International**, v.17, n. 2, p. 221-246, 2001.
20. LENNON, A.M.; MCDONALD, K.; MOON, S.S.; WARD, P.; KENNY, T. A. Performance of cold-set binding agents in re-formed beef steaks. **Meat Science**. v. 85, n. 4, p. 620-624, 2010.
21. LOPES, M. R. F. **Carne Bovina Reestruturada com Óleo de Canola e Antioxidante: desenvolvimento e atributos sensoriais**. 2012. Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/10/10135/tde-30092013-155627/en.php>>. Acesso em: 21 fev. 2024
22. NURUL, H.; ALISTAIR, T. L. J.; LIM, H. W.; NORIYATI, I. Quality characteristics of Malaysian commercial beef frankfurters. **Int. Food Res. J.** 2010, 17, 469–476.
23. OLIVEIRA, C. J. **Perfil da Textura do filé de peito de frango, em diferentes pontos, usando a lâmina padrão Warner-Bratzler**. Monografia (Graduação em Zootecnia). Faculdade de Medicina Veterinária. UFU. Uberlândia, MG, 25 p., 2021. Disponível em: <<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/33272/1/PerfilTexturaFil%C3%A9.pdf>>. Acesso em: 27 fev. 2024.
24. PARDI, M. C.; SANTOS, I. F.; SUZA, E. R.; PARDI, H. S. **Ciência, Higiene e Tecnologia da Carne**. Editora da UFG, Goiânia, v.1. 1993. 592 p.
25. SERRANO, A.; COFRADES, S. & JIME'NEZ COLMENERO, F. Transglutaminase as binding agent in fresh restructured beef steak with added walnuts. **Food Chemistry**, v.85(3), p.423–429, 2004.