



EFEITO DO CONGELAMENTO SOBRE AS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA CARNE BOVINA MATURADA

NASCIMENTO, Izabel de Moraes¹; **DE SOUSA**, Rayres Lemos ¹; **SANTOS**, Eduardo Pereira¹; **SOUZA**, Mirelle Magalhães ²; **MIOTTO**, Fabrícia Rocha Chaves³.

RESUMO

Este estudo teve como objetivo avaliar o efeito do congelamento sobre as características físico-químicas da carne de fêmeas bovinas submetida à maturação seca e úmida. Para a realização do experimento foram utilizadas amostras do músculo *Longissimus lumborum* retirados da carcaça de cinco fêmeas bovinas submetidas ou não ao processo de congelamento prévio e maturadas por 14 e 28 dias, utilizando-se a maturação seca com osso ou úmida sem osso. O experimento foi realizado em arranjo fatorial 2x2x2 com cinco repetições. As peças congeladas apresentaram menor força de cisalhamento (FC), ou seja, carnes mais macias ($p < 0,05$), no entanto, apresentaram menor estabilidade na cor ($p < 0,05$) e maiores perdas de água ao longo da maturação ($p < 0,05$), especialmente para a maturação seca devido à maior exposição das peças ao ar. Com o congelamento prévio da carne a força de cisalhamento diminuiu ($p < 0,05$), porém, o congelamento prévio tornou a carne mais escura ($p < 0,05$) e menos atraente ao consumidor. A maturação seca aumenta o pH da carne e provoca maiores perdas de água enquanto a maturação úmida apresenta maiores perdas por cocção. Maturar por 28 dias reduz a força de cisalhamento da carne nos dois processos métodos de maturação.

Palavras-chave: Congelamento da carne. Maturação seca. Maturação úmida.

¹ Bolsista do Programa de Iniciação Científica (PIBIC/PIBITI), Universidade Federal do Norte do Tocantins (UFNT), Centro de Ciências Agrárias. izabel.nascimento@ufnt.edu.br.

² Doutoranda do Programa de Pós-Graduação Integrado em Zootecnia (PPGIZT/UFNT). mirelle.magalhaes@mail.uft.edu.br.

³ Professora Doutora da Universidade Federal do Norte do Tocantins (UFNT), coordenadora do projeto de extensão. fabriarchaves@mail.uft.edu.br.

INTRODUÇÃO/JUSTIFICATIVA

A maior parte do rebanho brasileiro é composto por animais zebuínos, que em geral apresentam carne de menor maciez, reduzindo a aceitação em mercados externos (NUNES et al., 2024). Um mecanismo utilizado pela indústria para melhorar a maciez da carne, sabor e palatabilidade é a maturação. Este processo ocorre pela ação das enzimas naturalmente presentes no músculo quando colocadas sob refrigeração (HADDAD, 2020; RESCONI et al., 2018). Desta forma, para as condições brasileiras de produção a maturação da carne bovina aplicada mais amplamente pode favorecer a ampliação do mercado consumidor, já que um dos maiores entraves para a nossa carne está ligado à sua maciez e padronização. Dentre os métodos de maturação utilizados, podemos citar a maturação a seco, em que a carne é mantida sem embalagem protetora em uma câmara com refrigeração, umidade relativa e fluxo de ar controlados, até alcançar a maciez desejada (BERGER et al., 2018).

Guimarães et al. (2024) avaliaram a força de cisalhamento em amostras congeladas e depois maturadas por 14 dias e 28 dias, as amostras congeladas e maturadas por 14 dias apresentaram força de cisalhamento semelhante à das amostras não congeladas por 28 dias de maturação. Portanto, as amostras congeladas apresentaram maior maciez em menor tempo de maturação. Nesse contexto, a hipótese é que o congelamento do músculo *Longissimus lumborum* de bovinos fêmeas promoverá melhoria na qualidade da carne bovina maturada úmida e seca, melhorando maciez e explorando novas oportunidades de mercados para a indústria da carne.

I. OBJETIVOS

O objetivou-se avaliar o efeito do congelamento sobre as características físico-químicas da carne de fêmeas bovinas maturada úmida e a seca.

II. METODOLOGIA

O experimento foi conduzido no Laboratório de Carnes do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal do Norte do Tocantins (UFNT), no município de Araguaína-TO. Foram utilizadas amostras do músculo *Longissimus lumborum* retirados da carcaça de cinco fêmeas bovinas zebuínas. Foi avaliado o efeito do congelamento ou não da carne sobre suas características físico-químicas

submetidas a dois tipos de maturação, úmida e seca, nos tempos de 14 e 28 dias. O experimento foi realizado em arranjo fatorial 2x2x2, em que os fatores avaliados foram o congelamento da carne (congelado e não congelado), o tipo de maturação (úmida e seca) e o tempo de maturação (14 e 28 dias), com cinco repetições cada.

Para preparação dos cortes sob maturação seca, foi separada uma porção do *Longissimus* com osso de 5 cm de espessura para o tratamento congelado e outra para o não congelado. As peças para o tratamento sem congelamento foram diretamente destinadas à maturação em câmara fria sob temperatura entre 2° a 4°C. Enquanto as peças do tratamento com congelamento foram embaladas em sacos e levadas para o freezer (-20°C) por 7 dias. Após este período as amostras foram descongeladas por 24 horas em refrigerador (4°C) e, posteriormente, foram levadas para maturação. Ao atingir 14 dias de maturação, a peça foi levada para o laboratório de carnes e dividida em duas porções de 2,5 cm de espessura, uma para análise da maturação com 14 dias e a outra foi realocada na câmara fria até atingir o tempo de 28 dias de maturação.

Para a maturação úmida o *Longissimus* foi fracionado em bifes de 2,5 cm de espessura. Obteve-se 2 bifes para a maturação sem congelamento e 2 para a maturação pós congelamento. Cada bife foi identificado individualmente e embalado a vácuo em embalagens estéreis de plástico. Os bifes do tratamento congelado foram mantidos em freezer a -20 °C por 7 dias e após este período descongelados por 24 horas sob refrigeração. Para o processo de maturação os bifes foram armazenados em câmara fria em temperatura de 2 a 4 °C. Um bife de cada repetição foi destinado à maturação por 14 dias e outro destinado à maturação por 28 dias.

Para avaliar as perdas na maturação seca as peças foram pesadas inteiras, desossadas e limpas as crostas. Para a maturação úmida foram desembaladas, secas em papel toalha e pesadas em balança de precisão. Com a diferença entre o peso da peça no início e no final dos tempos, obteve-se as perdas percentuais com a maturação. O pH foi avaliado utilizando pHmetro Testo 205. A cor foi avaliada após 30 minutos de exposição da superfície das amostras ao ar, utilizando um colorímetro portátil (Croma Meter CR-410, Kônica Minolta®). As coordenadas de luminosidade (L*), teor de vermelho (a*) e intensidade de amarelo (b*) obtidas foram utilizadas para determinar os valores de croma (C*) e ângulo de tonalidade (H*). Os bifes de 2,5 cm do *Longissimus* foram assados em forno elétrico pré-aquecido a 180°C até a

temperatura atingir 40°C, viradas e assadas até atingirem 70°C para sua retirada do forno. Após este processo as amostras foram resfriadas em temperatura ambiente e pesadas. A diferença entre o peso inicial e final de cada bife, correspondeu à perda de peso por cocção. As peças usadas na determinação da perda de peso por cocção foram embaladas e refrigeradas por 24 horas a 4 °C. A textura foi avaliada em feixes musculares cilíndricos com 1 cm² de área e submetidos a leitura em aparelho texturômetro TXT plus com lâmina Warner-Bratzler Shear.

As variáveis foram submetidas à análise de variância ($\alpha=$ de 0,05) testando-se os fatores congelamento (congelado e não congelado), tipo de maturação (úmida e seca) e tempo de maturação (14 e 28 dias) e suas interações. Os efeitos dos fatores de variação sobre as variáveis foram comparados por meio do teste de Tukey. Utilizou-se o programa estatístico SAS pelo procedimento GLM.

III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve efeito de interação ($P<0,05$) entre o tempo e o tipo de maturação para as variáveis pH, perdas na maturação e perdas por cocção (Tabela 1).

Tabela 1 – Características do músculo *Longissimus lumborum* maturados pelo método seco e úmida por 14 e 28 dias

Tempo	MATURAÇÃO		Média	CV	P-Valor		
	ÚMIDA	SECA			T	M	TxM
Ph							
14	5,58 Aa	5,6 Aa	5,59	2,2	0,02	<0,01	<0,01
28	5,54 Aa	5,86 Bb	5,7				
Média	5,56	5,73					
FC (Kg/m²)							
14	5,86	5,02	5,44	2,2	<0,01	0,02	0,73
28	4,76	3,78	4,27				
Média	5,31	4,40					
Perdas na Maturação (%)							
14	7,44 Aa	16,42 Ab	11,93	29,25	<0,01	<0,01	<0,01
28	8,25 Aa	25,28 Bb	16,77				
Média	7,85	20,85					
Perdas por Cocção (%)							
14	32,17 Ba	30,73 Ba	31,45	23,77	<0,01	<0,01	<0,01
28	26,08 Ab	12,48 Aa	19,28				
Média	29,13	21,60					

Letras minúsculas iguais nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste Tukey (0,05). T= tempo e M=maturação.

Na maturação seca, o pH aos 28 dias foi maior que aos 14 dias (Tabela 1). Não houve efeito do tempo para o pH na maturação úmida, que manteve-se dentro de intervalo considerado adequado (5,5 – 5,8) para a carne (HUGHES et al., 2017).

A força de cisalhamento (FC) foi menor para a maturação seca (4,40 Kgf) que a maturação úmida (5,31 Kgf). De acordo com a classificação de Destefanis et al. (2008), ambos os tipos de maturação podem ser classificadas como maciez intermediária ($4,3 < FC < 7,0$). Aumentar o tempo de maturação de 14 para 28 dias reduziu a força de cisalhamento da carne ($p=0,02$) em 21,5%. Quanto maior o tempo de maturação maior é o tempo de ação das enzimas calpaína e catepsina para atuação na degradação proteica (KOOHMARAIE e GEESINK, 2006).

A maturação seca apresentou maiores perdas aos 28 dias em comparação aos 14 dias. O aumento de perdas durante a maturação é esperado devido à considerável perda de água durante o processo de maturação, o que também favorece a formação de crostas devido ao aumento da desidratação da superfície (BERGER et al., 2018). Na maturação seca as perdas por cocção foram maiores aos 14 dias que aos 28 dias. Na maturação úmida as perdas foram maiores aos 14 dias. A grande perda de água durante o cozimento na maturação úmida ocorreu devido à menor perda de água durante a maturação, o que aumenta a perda de água durante o cozimento. Quanto maior a perda de água durante o cozimento menor a suculência da carne (JÚNIOR, 2021).

Na maturação seca aos 28 dias, as variáveis de Luminosidade (L:29,6), intensidade de vermelho ($a^*:11,1$), intensidade de amarelo ($b^*:3,4$) e croma (11,6) registraram menores valores ($P<0,01$) que aos 14 dias (L:38,8; $a^*:20,0$; $b^*: 9,7$ e croma:22,2), indicando coloração mais escura ao final da maturação. Com o aumento do tempo de maturação as peças ficaram mais escuras, devido ao menor teor de água na superfície das peças, resultando em menor reflexão de luz (DIKEMAN et al., 2013). Não houve efeito do tempo sobre a coloração da maturação úmida ($P>0,05$).

Houve efeito de interação entre o congelamento e o tipo de maturação ($P<0,01$) sobre o pH. O congelamento da carne não alterou o pH na maturação úmida, porém, aumentou o pH da maturação seca de 5,63 para 5,83. A perda de solutos durante o processo de maturação a seco pode ser um dos fatores que levou

ao aumento do pH, o que pode ser acentuado pelo congelamento da carne (BERNARDO et al., 2020).

A FC das peças congeladas (4,4 kgf) foi menor ($P=0,04$), que as amostras não congeladas (5,1 kgf), uma redução de 13%, indicando o efeito positivo do congelamento no amaciamento da carne em ambos os métodos de maturação. Ao realizar o congelamento da carne e depois maturar provoca-se aumento da proteólise pós-morte, decorrente da inativação da calpastatina induzida pelo resfriamento da carne (GRAYSON et al. 2014).

O congelamento aumentou em cerca de 41% as perdas por maturação em ambos os processos ($P=0,01$), que foram de 12,54% nas peças não congeladas para 17,63% nas congeladas. Segundo HADDAD (2020) e LEYGONIE, BRITZ e HOFFMAN (2012), o processo de congelamento pode resultar em maiores perdas de água devido à danificação da integridade da membrana celular causada pela formação de cristais de gelo. Não houve efeito do congelamento sobre as perdas por cocção ($P=0,06$). A perda por cocção foi maior ($P<0,01$) para a maturação úmida (29,1%) que a seca (21,3%).

Não houve interação entre congelamento e maturação ($p>0,05$) para as variáveis de cor. As peças não congeladas apresentaram maior luminosidade ($P<0,01$) que as congeladas (37,1 vs. 35,1). Enquanto a maturação úmida apresentou maior luminosidade (37,92) do que a maturação seca (34,23; $P<0,01$). O escurecimento mais pronunciado das peças congeladas pode ser atribuído às maiores perdas de água, o que pode concentrar os pigmentos intracelulares, como os pigmentos hêmicos, tornando a carne mais escura (GUIMÃRAES et al., 2024).

As peças que não foram congeladas apresentaram maiores valores de a^* ($P<0,01$), não havendo efeito do tipo de maturação para o teor de vermelho na carne ($P=0,16$). Quanto ao índice de amarelo (b^*) as peças não congeladas também apresentaram maior valor ($p<0,01$) quando comparada as congeladas (8,18 vs.6,69).

IV. CONCLUSÃO/CONSIDERAÇÕES FINAIS

O congelamento prévio da carne reduz a força de cisalhamento, assim, o tempo de maturação pode ser reduzido, no entanto, prejudica a estabilidade da cor, tornando a carne mais escura e, potencialmente, menos atraente para o consumidor. A maturação seca aumenta o pH da carne e o seu ressecamento provocado por maiores perdas de água. A maturação úmida apresenta maior perda por cocção

podendo prejudicar a suculência da carne. Maturar por 28 dias reduz a força de cisalhamento da carne nos dois métodos de maturação.

V. REFERÊNCIAS

PERIÓDICO ONLINE

BEGER, J. et al. **Dry-aging improves meat quality attributes of grass-fed beef loins.** Meat Science, Volume 145, November 2018, Pages 285-291, novembro de 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.07.004>. Acesso em: 15 Out. 2024.

BERNADO, A. P. S. et al. **Effects of freezing and thawing on microbiological and physical-chemical properties of dry-aged beef.** Meat Science, Volume 161, março de 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.108003>. Acesso em: 15 Out. 2024.

DESTEFANIS, G. et al. **Relationship between beef consumer tenderness perception and WarnerBratzler shear force.** Meat Science, 78, 153-156, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.05.003>. Acesso em: 15 Out. 2024.

DIKEMAN, M. E. et al. **Effects of dry, vacuum, and special bag aging; USDA quality grade; and end-point temperature on yields and eating quality of beef Longissimus lumborum steaks.** Meat Science, Volume 94, Edição 2, junho de 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.02.002>. Acesso em: 15 Out. 2024.

GRAYSON, A. L. et al. **Freezing and thawing or freezing, thawing, and aging effects on beef tenderness.** Journal of Animal Science, v. 92, p. 2735–2740, junho de 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.2527/jas.2014-7613>. Acesso em: 15 Out. 2024.

GUIMARÃES, et al. **Freezing/thawing as an accelerating process of wet- and dry-aged Nellore beef.** Meat Science, Volume 211, maio de 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2024.109443>. Acesso em: 15 Out. 2024.

HUGHES, J. et al. **High pH in beef longissimus thoracis reduces muscle fibre transverse shrinkage and light scattering which contributes to the dark colour.** Food Research International, v. 101, p. 228-238, 2017. Disponível em: DOI: 10.1016/j.foodres.2017.09.003. Acesso em: 15 Out. 2024.

KOOHMARAIE, M.; GEESINK, G. H. **Contribution of postmortem muscle biochemistry to the delivery of consistent meat quality with particular focus on the calpain system.** Meat Science, volume 74(1), 34–43, setembro de 2006. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.04.025>.

LEYGONIE, C.; B, T. J. e H, L. C. **Impact of freezing and thawing on the quality of meat: Review.** Meat Science, 91(2), 93-98, junho de 2012. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.01.013>.

NUNES, C. L. C. et al. **Beef production and carcass evaluation in Brazil**. Feature Article, Vol. 14, No. 2, abril de 2024. Disponível em: doi: 10.1093/af/vfad074. Acesso em: 15 Out. 2024.

TRABALHO ACADÊMICO

HADDAD, G. B. S. **Efeito do congelamento nos processos de maturação úmida e a seco da carne de gado zebuino**. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras. Lavras, 2020.

JÚNIOR, E. C. S. **Maturação em diferentes músculos bovinos**. Universidade Federal do Tocantins-UFT. Araguaína-TO

VI. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq – Brasil.