

Potencial uso de abacaxi e da técnica *sous-vide* no amaciamento de músculo dianteiro bovino

Potential use of pineapple and the sous-vide technique in the tenderization of bovine forequarter muscle

Miriam Pais¹
Augusto Benevenuto Júnior²
Vanessa Silva³
Welingta Benevenuto⁴
Aurélia Martins⁵
Nataly Costa⁶

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito do suco e da casca do abacaxi, associado a técnica *sous-vide*, no amaciamento do músculo dianteiro bovino. Foram elaboradas três formulações (F1, F2 e F3), denominadas, respectivamente, de formulação controle, com suco da fruta e com suco da casca do abacaxi. As três formulações apresentaram duas amostras cada, que foram submetidas a tratamento térmico em forno convencional (FC) e a cocção *sous-vide* (SV). Foram realizadas avaliações físico-químicas, microbiológicas e sensoriais das amostras. As análises físico-químicas das formulações não indicaram diferenças significativas para pH, cor, atividade de água e perda por cozimento ($p > 0,05$). Entretanto, a força de cisalhamento foi significativamente menor ($p < 0,05$) nas amostras tratadas com formulações do suco da fruta ($23,62 \pm 3,62$) e da casca do abacaxi ($27,91 \pm 4,37$). Os resultados dos tratamentos térmicos aplicados as amostras não apresentaram diferenças significativas ($p > 0,05$) quanto ao pH e cor ($p > 0,05$), embora a atividade de água, perda por cozimento e força de cisalhamento tenham demonstrado diferenças significativas entre as amostras ($p < 0,05$). Conclui-se que a aplicação de abacaxi, associada a cocção *sous-vide*, contribui significativamente para a melhoria da maciez do músculo dianteiro bovino.

Palavras-chave: Músculo dianteiro bovino. Abacaxi. *Sous-vide*. Análise sensorial. Inovação.

¹ Instituto Federal do Sudeste, Campus Rio Pomba, Minas Gerais, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-2670-6172> E-mail: miriamavilarpais@gmail.com

² Instituto Federal do Sudeste, Campus Rio Pomba, Minas Gerais, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4276-7141> E-mail: augusto.junior@ifsudestemg.edu.br

³ Instituto Federal do Sudeste, Campus Rio Pomba, Minas Gerais, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8512-5093> E-mail: vanessa.riani@ifsudestemg.edu.br

⁴ Instituto Federal Sudeste, Campus Rio Pomba, Minas Gerais, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9761-0942> E-mail: <https://orcid.org/0000-0002-9761-0942>

⁵ Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal de Viçosa – UFV. Docente do Instituto Federal do Sudeste, Campus Rio Pomba, Minas Gerais, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0664-7492> E-mail: aurelia.dornelas@ifsudestemg.edu.br

⁶ Instituto Federal do Sudeste, Campus Rio Pomba, Minas Gerais, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9750-0612> E-mail: nataly.almeida@ifsudestemg.edu.br

ABSTRACT

The present study aimed to evaluate the effect of pineapple juice and peel, associated with the *sous-vide* technique, on the tenderization of bovine forequarter muscle. Three formulations (F1, F2, and F3) were prepared and designated, respectively, as the control formulation, formulation with pineapple juice, and formulation with pineapple peel juice. Each formulation comprised two samples, which were subjected to thermal treatment in a conventional oven (FC) and to *sous-vide* cooking (SV). Physicochemical, microbiological, and sensory evaluations were performed on the samples. Physicochemical analyses of the formulations showed no significant differences in pH, color, water activity, or cooking loss ($p > 0.05$). However, shear force was significantly lower ($p < 0.05$) in samples treated with pineapple juice (23.62 ± 3.62) and pineapple peel juice (27.91 ± 4.37). The thermal treatments applied to the samples showed no significant differences ($p > 0.05$) in pH and color ($p > 0.05$); however, water activity, cooking loss, and shear force exhibited significant differences among the samples ($p < 0.05$). It is concluded that the application of pineapple, in association with *sous-vide* cooking, significantly contributes to improving the tenderness of bovine forequarter muscle.

Keywords: Beef forequarter muscle. Pineapple. *Sous-vide*. Sensory analysis. Innovation.

1. INTRODUÇÃO

O rebanho bovino brasileiro é composto, majoritariamente, por zebuínos (*Bos taurus indicus*) e mestiços (USDA, 2020). Contudo, esses animais produzem carne mais dura e com menor teor de gordura intramuscular quando comparados aos taurinos (RAMOS *et al.*, 2024), apresentando, portanto, maciez variável ou reduzida (PEREIRA *et al.*, 2015).

O músculo dianteiro bovino, também conhecido como braço ou “mão de vaca”, caracteriza-se por elevado teor de colágeno, o que o torna um corte mais rígido e indicado para preparações em calor úmido, após ser cortado em cubos ou tiras (GOMIDE; RAMOS; FONTES, 2014). Contudo, o processo tradicional de maturação, embora eficaz, é dispendioso, demorado e apresenta limitações para cortes com alta proporção de tecido conjuntivo e provenientes de raças mais rústicas, que naturalmente apresentam menor maciez (DEVITIIS *et al.*, 2023).

A maciez da carne é influenciada por múltiplos fatores *ante e post mortem*, tornando-se difícil para o consumidor avaliá-la antes da compra, mas ele está disposto a pagar mais por produtos cuja maciez seja garantida (KAMRUZZAMAN, 2023). Assim, torna-se necessário o desenvolvimento de técnicas capazes de melhorar a qualidade e a aceitabilidade da carne no mercado (GAGAOUA *et al.*, 2021; GROOT; HENRIQUE, 2022).

Em relação aos cortes cárneos, apesar do músculo bovino ser mais duro, ele apresenta bom custo-benefício, na medida que possui menor valor de mercado e composição nutricional rica em proteínas (KIM *et al.*, 2024). Visto que os tratamentos proteolíticos realizados com enzimas exógenas melhoram a maciez e a palatabilidade de cortes cárneos bovinos subutilizados, comercializados a preços mais baratos do que os cortes primários, a adição de proteases vegetais a essas carnes pode viabilizar o aumento do valor agregado desses alimentos. Entre elas, destaca-se a bromelina, enzima presente no abacaxi, amplamente utilizada pela indústria cárnea para amaciamento enzimático e agregação de valor a cortes baixo custo (GAGAOUA *et al.*, 2021).

Para Stefanucci *et al.* (2020), os consumidores tornaram-se mais exigentes, demandando alimentos mais próximos do natural. Por isso, a utilização de abacaxi apresenta vantagem sobre a utilização de amaciantes comerciais, visto que, segundo Gagaoua *et al.* (2021), diversas partes do abacaxi, como folhas, talos, cascas e coroas podem ser utilizados na extração da bromelina. O amaciamento da carne é realizado por

meio da quebra do colágeno, de forma a torná-la mais palatável, sendo que a bromelina resulta no mesmo efeito ao degradar as fibras musculares (MANOHAR, GAYATHRI e VISHNUPRIYA, 2016).

Além disso, estudos realizados por Devitiis *et al.* (2023) apontaram que os consumidores que mostraram intenção de compra de carnes tratadas por enzimas proteolíticas exógenas foram muito influenciados pelos benefícios percebidos no produto.

Outra técnica considerada promissora para o amaciamento da carne é o *sous-vide*, que consiste na cocção do alimento em embalagem plástica selada à vácuo, em banho-maria, em temperatura controlada entre 50°C a 85°C (LATOCH; GLUCHOWSKI; CZARNIECKA-SKUBINA, 2023). O *sous-vide* permite o cozimento uniforme e suave da carne, promovendo a solubilização parcial do colágeno, preservação da suculência e a manutenção da qualidade nutricional e microbiológica do produto (YADAV *et al.*, 2025). Assim, a técnica tem se mostrado eficaz na valorização de cortes de menor maciez, transformando-os em produtos sensorialmente superiores (GÁMBARO *et al.*, 2023).

O objetivo geral deste experimento foi avaliar o efeito da bromelina obtida a partir do suco e da casca do abacaxi, associada à técnica *sous-vide*, no amaciamento do músculo dianteiro bovino, e os específicos injetar salmoura contendo suco da fruta e da casca do abacaxi em peças de músculo dianteiro bovino, submeter os músculos aos métodos de cocção convencional (forno) e *sous-vide*, avaliar os efeitos dos tratamentos empregados nas formulações sobre as características físico-químicas da carne (pH, perda de peso por cozimento, força de cisalhamento, cor objetiva e atividade de água), verificar os padrões microbiológicos das amostras de acordo com a legislação vigente e avaliar sensorialmente os músculos dianteiros bovinos submetidos aos diferentes tratamentos, por meio de teste de aceitação e análise descritiva dos atributos sensoriais.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido no Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos (DCTA) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais (IF SUDESTE MG) - Campus Rio Pomba, submetido ao Comitê de Ética e Pesquisa com Seres Humanos do IF SUDESTE MG e aprovado sob o número (CAAE) 83519824.1.0000.5588.

O músculo dianteiro bovino resfriado foi adquirido em açougue da cidade de Ipatinga, Minas Gerais, e possuía registro no Serviço de Inspeção Federal (SIF). A matéria-prima foi transportada para o IF SUDESTE MG em bolsa térmica com gelo reciclável, a temperatura de 4°C, a fim de preservar a qualidade microbiológica do produto, e foi armazenada sob refrigeração, à mesma temperatura, até o início do experimento.

A amostra de músculo dianteiro bovino resfriado foi pesada e cortada, com faca de aço inoxidável, em 6 partes de tamanhos proporcionais de, aproximadamente, 50 cm cada (cerca de 3 kg). O abacaxi foi lavado com água potável e sanitizado em água clorada a 200 ppm, por dez minutos (BRASIL, 2004). Em seguida, foi descascado, obtendo-se a casca e a fruta, que foram picadas em cubos e trituradas separadamente para obtenção do suco.

As peças de músculo foram preparadas utilizando-se três formulações, denominadas F1 (formulação controle), que não continha suco de abacaxi, F2 (formulação com suco da fruta) e F3 (formulação com suco da casca do abacaxi), conforme descrito na Tabela 1.

Tabela 1. Porcentagem dos ingredientes cárneos e não cárneos em relação ao produto final (% em valores finais).

	Formulação 1 (Controle)	Formulação 2 (Suco da fruta)	Formulação 3 (Suco da casca)
Ingredientes	% em valores finais		
Músculo dianteiro bovino	87	87	87
Água	8,5	8	8
Sal	2,5	2,5	2,5
Cebola	1	1	1
Alho	0,5	0,5	0,5
Fosfato	0,5	0,5	0,5
Suco da fruta	-	0,5	-
Suco da casca	-	-	0,5
Total	100	100	100

Fonte: autoria própria.

De acordo com as formulações do Tabela 1, o total de ingredientes não cárneos (salmoura), em relação ao produto final (100%), incluindo o músculo dianteiro bovino (87%), foi de 13%. Para o preparo das salmouras, foram realizados os cálculos das porcentagens dos ingredientes não cárneos, em relação a salmoura.

As seis (6) amostras foram submetidas ao método de cura úmida por injeção intramuscular, utilizando-se as salmouras previamente preparadas e um injetor de agulha única para a realização do processo.

A relação de ingredientes não cárneos (13%) em relação ao músculo dianteiro bovino (87%) foi de 15%, que representa a quantidade de salmoura injetada em relação a carne.

Após o método de injeção da salmoura nos músculos dianteiros bovinos, as 6 amostras resultaram em 2 peças para cada formulação (F1, F2 e F3), que foram pesadas, embaladas a vácuo e submetidas a maturação/cura, sob refrigeração a 4°C, por 24 horas.

Para a realização da cocção *sous-vide* obteve-se uma amostra de cada tratamento (F1, F2 e F3), totalizando 3 peças, que foram denominadas F1SV (formulação controle tratada por *sous-vide*), F2SV (formulação com suco da fruta submetida ao *sous-vide*) e F3SV (formulação com suco da casca do abacaxi tratada por *sous-vide*). As amostras foram submetidas a banho-maria a 64°C, durante 5 horas (BOTINESTEAN *et al.*, 2021). A duração prolongada da cocção, realizada em temperatura baixa, objetivou amaciar o músculo dianteiro bovino por meio da solubilização do colágeno e redução da adesão entre as fibras (BALDWIN, 2012).

Após essa etapa, a temperatura do banho-maria foi elevada para 80°C, e as amostras permaneceram em cocção até atingirem 75°C no centro, conforme recomendação da Instrução Normativa N° 161, de 1 de julho de 2022 (BRASIL, 2022a). Em seguida, as amostras foram mergulhadas em banho de gelo, onde permaneceram até atingir 42°C no centro das peças, a fim de interromper o cozimento.

Para a realização da cocção em método convencional (forno), foi utilizada uma amostra de cada formulação (F1, F2 e F3) de músculo dianteiro bovino, e as peças foram denominadas formulação controle submetida a tratamento térmico em forno convencional (F1FC), formulação com suco da fruta submetida ao forno convencional (F2FC) e formulação com suco da casca do abacaxi tratada em forno convencional (F3FC). As 3 peças de carne foram retiradas das embalagens a vácuo e embrulhadas em papel alumínio. Em seguida, foram colocadas em forno, a temperatura de 180°C, até que os centros das

peças atingissem 75°C (BRASIL, 2022a), o que durou cerca de 2 horas. O processo de cocção foi monitorado a cada 30 minutos, com auxílio de termômetro digital.

Os seis tratamentos foram avaliados quanto aos seguintes parâmetros físico-químicos: pH, perda de peso por cozimento, força de cisalhamento, determinação da cor e da atividade de água.

As análises microbiológicas seguiram as determinações da Instrução Normativa N° 161, de 1 de julho de 2022 (BRASIL, 2022a), para produtos cárneos cozidos, curados ou não, defumados ou não, dessecados ou não, embutidos ou não, refrigerados ou não, e da Resolução da Diretoria Colegiada N° 724, de 1 de julho de 2022 (BRASIL, 2022b), que dispõe sobre os padrões microbiológicos dos alimentos e sua aplicação. As amostras foram analisadas em duplicata quanto a estafilococos coagulase positiva (Petrifilm™ EC - 3M Company, St. Paul, MN, EUA), de acordo com TALLENT, BENNETT e LANCETTE (2021), *Escherichia coli* (Petrifilm™ EC - 3M Company, St. Paul, MN, EUA), conforme FENG *et al.* (2020), *Salmonella* spp. (ANDREWS *et al.*, 2001) e *Clostridium perfringens* (LABBE, 2001).

Previamente a avaliação sensorial, as amostras foram analisadas microbiologicamente, a fim de se comprovar que as mesmas atenderam aos padrões legais vigentes. Os seis tratamentos foram avaliados sensorialmente por 54 avaliadores, pertencentes à comunidade acadêmica do IF SUDESTE MG - Campus Rio Pomba. Como critério de exclusão, foram considerados avaliadores menores de 18 anos e que apresentassem alergias e/ou intolerância a algum ingrediente utilizado nas formulações. Os participantes foram previamente instruídos a respeito dos riscos da pesquisa, sendo abordados indivíduos sadios que manifestaram interesse em participar voluntariamente.

O experimento foi conduzido em três repetições e as análises foram realizadas em triplicata. As amostras foram avaliadas por parâmetros microbiológicos, físico-químicos e sensoriais nos laboratórios de Microbiologia, Análises Físico-Químicas e Análise Sensorial.

A análise sensorial foi realizada por meio de teste de aceitação, utilizando uma escala hedônica de nove pontos, referente aos atributos sabor, cor, odor, suculência e textura, variando de “gostei extremamente (9)” a “desgostei extremamente (1)” (DUTCOSKY, 2013). Os avaliadores receberam uma ficha em que foi solicitado que indicassem o seu julgamento em relação aos atributos apresentados e à impressão global.

A mesma equipe de participantes avaliou a intenção de compra das diferentes amostras, utilizando a escala de 5 pontos, variando de “1 - Decididamente eu não

compraria” a “5 - Decididamente eu compraria” (ZENEBO; PASCUET; TIGLEA, 2008), conforme a ficha apresentada.

Os resultados das avaliações tecnológicas foram interpretados por meio de análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas por meio do teste Tukey, a 5% de probabilidade.

Na análise sensorial, as médias aritméticas dos escores obtidos para cada produto na foram submetidas à análise de variância (ANOVA) e ao teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises físico-químicas das formulações de músculo dianteiro bovino são apresentados na Tabela 2. Os fatores foram avaliados em separado, visto que não houve interação significativa entre eles. Não foi verificada diferença significativa ($p > 0,05$) entre as formulações controle (F1), com suco da fruta (F2) e com suco do abacaxi (F3) para os parâmetros pH, cor (L^* , a^* , b^*), atividade de água (Aw) e perda por cozimento (PC). Entretanto, para força de cisalhamento foram observadas diferenças significativas entre as formulações ($p < 0,05$), sendo a formulação controle, sem emprego de enzimas proteolíticas, a que apresentou maior força de cisalhamento.

Tabela 2. Médias dos valores de pH, cor (L^* , a^* , b^*), atividade de água (Aw), perda por cozimento (PC) e força de cisalhamento (FC) das formulações de músculo dianteiro bovino.

Tratamento	pH	L^*	a^*	b^*	Aw	PC (%)	FC (em N)
F1	6,31 ± 0,30 ^a	19,32 ± 4,94 ^a	3,17 ± 0,87 ^a	13,02 ± 2,85 ^a	0,96 ± 0,004 ^a	29,57 ± 3,93 ^a	45,40 ± 12,04 ^b
F2	6,19 ± 0,35 ^a	19,49 ± 3,23 ^a	3,06 ± 1,05 ^a	12,44 ± 3,09 ^a	0,96 ± 0,006 ^a	29,98 ± 3,19 ^a	23,62 ± 3,62 ^a
F3	6,15 ± 0,28 ^a	20,89 ± 4,32 ^a	3,25 ± 1,31 ^a	11,42 ± 1,19 ^a	0,96 ± 0,004 ^a	29,11 ± 5,09 ^a	27,91 ± 4,37 ^a

Fonte: elaborado pelo autor.

Legenda: F1 - Formulação controle; F2 - Formulação com suco da fruta; F3 - Formulação com casca do abacaxi.

*Os resultados foram expressos como média ± desvio padrão. Letras minúsculas diferentes na coluna são significativamente diferentes pelo Teste Tukey ($p < 0,05$).

Em relação ao pH, os resultados encontrados no presente experimento são semelhantes aos descritos por Manohar, Gayathri e Vishnupriya (2016), que utilizaram diferentes concentrações de bromelina (1%, 2%, 3% e 4%) para amaciar a carne, sem evidenciar diferenças significativas entre as amostras tratadas e a controle, de forma que

todas elas apresentaram pH em torno de 6. Portanto, pode-se inferir que a baixa porcentagem de suco da fruta e da casca do abacaxi, em valores finais (0,5%), utilizada nesse experimento nas formulações 2 e 3, associado ao efeito tampão da carne, não foi suficiente para abaixar, de forma significativa, o pH dessas formulações, mantendo-o próximo ao pH da carne *in natura* e evitando a exsudação das amostras.

Os valores médios dos índices de cor verificados no presente estudo podem não ter variado significativamente devido à baixa concentração das proteases do abacaxi, que se mantiveram estáveis nas formulações 2 e 3. Dessa forma, a utilização de suco da fruta e da casca do abacaxi no amaciamento de músculo dianteiro bovino foi benéfico para o produto desenvolvido, visto que a cor é um parâmetro importante na escolha do consumidor pela carne e ela não sofreu grande variação.

Nesse experimento, a ausência de diferença significativa para atividade de água entre a formulação controle e com suco da fruta e da casca do abacaxi pode estar relacionada à atividade proteolítica do abacaxi sobre as proteínas da carne sem, contudo, alterar diretamente a água livre. De acordo com Akkaya *et al.* (2025), as proteases podem afetar a Aw, influenciando na água livre e na ligada a estrutura muscular, visto que a degradação de proteínas, sobretudo as miofibrilares, pode resultar na perda da capacidade de retenção do líquido, com a redução da água ligada e à sua liberação na cocção.

O resultado de perda por cozimento não apresentou diferença significativa entre as amostras, visto que o pH das formulações controle, com suco da fruta e da casca do abacaxi se manteve próximo ao da carne fresca, e a água ficou retida dentro das fibras musculares. Dessa forma, o experimento demonstrou que a baixa porcentagem de protease vegetal do abacaxi (0,5%) nas formulações F2 e F3 não acarretou prejuízo com a exsudação excessiva.

A maciez da carne foi influenciada pelo emprego de enzimas proteolíticas do abacaxi, evidenciada pela menor força de cisalhamento apresentada pelas amostras que as continham (F2 e F3), independentemente de serem provenientes do fruto ou da casca. Os resultados desse estudo são semelhantes aos de Manohar, Gayathri e Vishnupriya (2016), que verificaram que a bromelina proveniente do extrato do abacaxi foi eficaz para amaciar a carne.

Para Baldwin (2012), músculos mais exercitados possuem tecido conjuntivo mais resistentes do que os pouco exercitados ou de animais jovens. Nesse experimento, a

formulação controle evidenciou as maiores médias de força de cisalhamento obtidas ($45,40 \pm 12,04$) para o músculo dianteiro bovino. Portanto, os resultados das formulações demonstraram que o suco da fruta e da casca do abacaxi foi eficiente em amaciar a carne, sem promover desvantagens aos demais parâmetros físico-químicos.

Em relação à forma de preparo, não foram observadas diferenças significativas ($p > 0,05$) entre a cocção em forno e por *sous-vide* para os parâmetros de pH e cor (L^* , a^* , b^*), conforme apresentado na Tabela 4. Em contrapartida, os parâmetros de A_w , perda de peso por cozimento (PC) e força de cisalhamento (FC) foram afetados pelo método de preparo ($p < 0,05$).

Tabela 3. Valores médios de pH, cor (L^* , a^* , b^*), atividade de água (A_w), perda por cozimento (PC) e força de cisalhamento (FC) dos tratamentos térmicos do músculo dianteiro bovino.

Tratamento	pH	L^*	a^*	b^*	A_w	PC (%)	FC (em N)
Convencional	$6,24 \pm 0,28^a$	$19,26 \pm 4,93^a$	$2,92 \pm 1,24^a$	$12,54 \pm 2,67^a$	$0,957 \pm 0,003^a$	$32,58 \pm 1,65^a$	$37,82 \pm 13,6^a$
<i>Sous-vide</i>	$6,19 \pm 0,35^a$	$20,53 \pm 3,40^a$	$3,40 \pm 0,87^a$	$12,04 \pm 2,52^a$	$0,963 \pm 0,005^b$	$26,53 \pm 3,69^b$	$26,80 \pm 7,05^b$

Fonte: elaborado pelo autor com base em dados da pesquisa.

*Os resultados foram expressos como média $\pm$ desvio padrão. Letras minúsculas diferentes na coluna são significativamente diferentes pelo Teste Tukey ($p < 0,05$).

Os resultados de pH permitiram constatar que não ocorreram formações de compostos que acidificaram ou alcalinizaram a carne de forma significativa durante o aquecimento ($p > 0,05$).

Em relação a cor (L^* , a^* , b^*), também não foram observadas diferenças significativas entre as amostras tratadas em forno convencional ou *sous-vide* ($p > 0,05$). Esse resultado era esperado, visto que a manutenção da coloração do produto é um benefício do *sous-vide* (STANISŁAWCZYK *et al.*, 2023). Além disso, Karni *et al.* (2022) atribuíram à embalagem a redução da oxidação da mioglobina em metamioglobina, de forma que a temperatura e o tempo de *sous-vide* podem não ter sido significativos no teste colorimétrico.

As amostras cozidas pela técnica *sous-vide* apresentaram maiores valores de atividade de água ($0,963 \pm 0,005$), o que provavelmente foi promovido pela barreira imposta

pela embalagem, resultando em menor perda de água por evaporação. Tal fato impactou também na perda por cozimento, a qual foi significativamente menor nas amostras cozidas por *sous-vide* (THATHSARANI, ALAHAKOON e LIYANAGE, 2022).

No experimento, as amostras submetidas ao forno convencional foram tratadas a 180°C, até atingirem 75°C no centro das peças. Dessa forma, a maior perda de água nesse tratamento térmico também pode estar relacionada à temperatura utilizada, superior à aplicada no *sous-vide* (64°C e 80°C). Para Ismael *et al.* (2022), a capacidade de retenção de água das proteínas diminui com a cocção, sendo que a perda por cocção está diretamente relacionada à temperatura e ao tempo, e o *sous-vide*, por promover uma cocção lenta e a baixas temperaturas, um tratamento térmico suave e minimizar essas perdas.

O tratamento *sous-vide* resultou em amostras que apresentaram menor força de cisalhamento (FC), quando comparadas às tratadas em forno convencional ($p < 0,05$). Os resultados encontrados neste estudo são semelhantes aos de Haq *et al.* (2024), que avaliaram carne de búfalo e atribuíram a melhora na maciez à desnaturação térmica das proteínas em temperatura baixa e tempo prolongado, ao enfraquecimento do tecido conjuntivo pela solubilização do colágeno e à maior retenção de água.

Os resultados das análises microbiológicas indicaram que as amostras foram preparadas com higiene, em conformidade com as Boas Práticas de Fabricação (BPF) e a legislação vigente (BRASIL, 2022a; BRASIL, 2022b).

Os resultados das avaliações das amostras pelos provadores são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Escores médios dos atributos sensoriais das amostras de músculo dianteiro bovino.

Amostras	Atributo sensorial*					
	Sabor	Textura	Suculên- cia	Odor	Cor	Impres- são Global
F1FC	7,04 ±	6,42 ±	6,58 ±	7,18 ±	7,04 ±	6,63 ±
	1,62 ^{ab}	2,20 ^b	1,99 ^{bc}	1,30 ^a	1,40 ^a	1,93 ^b
F1SV	6,56 ±	5,32 ±	5,54 ±	7,30 ±	6,94 ±	5,81 ±
	1,99 ^a	2,47 ^a	2,11 ^a	1,36 ^a	1,50 ^a	2,15 ^a
F2FC	7,22 ±	6,28 ±	6,44 ±	7,18 ±	6,84 ±	6,69 ±
	1,47 ^{ab}	2,42 ^{ab}	1,97 ^{abc}	1,32 ^a	1,57 ^a	1,89 ^b
F2SV	7,02 ±	6,54 ±	6,76 ±	7,26 ±	7,24 ±	6,73 ±
	1,53 ^{ab}	2,19 ^b	1,90 ^{bc}	1,14 ^a	1,22 ^a	1,70 ^b
F3FC	7,14 ±	6,00 ±	6,04 ±	7,28 ±	7,08 ±	6,69 ±
	1,71 ^{ab}	2,27 ^{ab}	2,30 ^{ab}	1,37 ^a	1,48 ^a	1,87 ^b

	7,60 ± 1,43 ^b	6,50 ± 2,02 ^b	7,02 ± 1,88 ^c	7,66 ± 1,27 ^a	7,10 ± 1,43 ^a	7,17 ± 1,58 ^b
F3SV						

Fonte: elaborado pelo autor com base em dados da pesquisa.

Legenda: F1FC – Formulação controle submetida a tratamento térmico em forno convencional; F1SV – Formulação controle tratada por *sous-vide*; F2FC – Formulação com suco da fruta submetida ao forno convencional; F2SV – Formulação com suco da fruta submetida ao *sous-vide*; F3FC – Formulação com suco da casca do abacaxi tratada em forno convencional; F3SV – Formulação com suco da casca do abacaxi tratada por *sous-vide*.

*Os resultados foram expressos como média ± desvio padrão. Letras minúsculas diferentes na coluna são significativamente diferentes pelo Teste Tukey ($p < 0,05$).

Em relação a textura, a amostra F1SV apresentou menor valor médio em relação a F1FC. Esse resultado não era esperado, considerando que o tratamento *sous-vide* favorece a maciez, tornando a carne menos rígida, como observado nos resultados de força de cisalhamento. Dessa forma, as diferenças significativas ($p < 0,05$) observadas entre as amostras com formulação controle submetida a *sous-vide* e F2SV e F3SV foram coerentes, já que o abacaxi e o *sous-vide* amaciaram a carne. Os resultados para força de cisalhamento encontrados neste experimento estão de acordo com os de Huang *et al.* (2025), que verificaram a maior maciez dos grupos de carne bovina tratados com abacaxi e *sous-vide*. Para as demais amostras não foram observadas diferenças significativas ($p > 0,05$).

A análise da suculência demonstrou que a amostra F1SV obteve resultado significativamente diferente da F3SV ($p < 0,05$), o que evidenciou que o suco da casca do abacaxi promove maior suculência ao produto, quando comparado a formulação controle, ao degradar as proteínas da carne. Para as demais amostras não foram observadas diferenças significativas ($p > 0,05$).

No que se refere à impressão global, a pior aceitação foi da amostra F1SV, que foi significativamente diferente das demais ($p < 0,05$). Esse resultado não foi esperado, visto que a amostra com formulação controle submetida ao *sous-vide* apresentou média inferior a amostra controle tratada em forno convencional. As demais amostras não apresentaram diferenças significativas entre si ($p > 0,05$).

A intenção de compra das amostras permitiu constatar que a amostra F1SV, representada pela formulação controle submetida ao *sous-vide*, obteve o menor escore médio dentre os tratamentos, variando significativamente das demais ($p < 0,05$). O resultado era esperado, visto que a ausência de suco de abacaxi na formulação acarreta maior

dureza à carne, conforme evidenciado nos resultados de força de cisalhamento. As demais amostras não variaram de forma significativa entre si ($p > 0,05$).

O mapa de preferência interno (MPI) das seis amostras de músculo dianteiro bovino, avaliadas para os atributos textura, suculência, odor, cor e sabor indicou que, em relação a textura, a amostra F3SV, com suco da casca do abacaxi e submetida ao *sous-vide*, foi a preferida, pois a associação dos tratamentos foi eficaz no amaciamento, conforme evidenciou os resultados de força de cisalhamento. Para Madhusankha e Thilakarathna (2021), a maciez é o parâmetro sensorial mais importante, o que pode explicar a preferência pela referida amostra. Entretanto, a amostra F1SV, que não apresentava abacaxi na formulação, apresentou baixa aceitação de textura, devido a dureza da amostra, o que reforça o efeito do abacaxi proteolítico do abacaxi na carne.

Para suculência, a amostra F2SV apresentou mais vetores concentrados, o que explica a predileção dos avaliadores e o efeito positivo do abacaxi da casca de fruta e do *sous-vide* na suculência da carne. Esse resultado é coerente, já que a bromelina e o *sous-vide* promovem a melhora da textura da carne. Os dados encontrados estão de acordo com Kurp, Bielecka e Danowska-Oziewicz (2025), que afirmam que a aceitação do produto pelo consumidor está associada, principalmente, às características sensoriais.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados obtidos, verificou-se que as formulações que continham suco da fruta e da casca do abacaxi influenciaram significativamente apenas a força de cisalhamento, promovendo menor resistência ao corte em relação à formulação controle. Esse comportamento indica maior maciez no músculo dianteiro bovino tratado com a protease vegetal.

Os métodos de cozimento convencional (forno) e *sous-vide* diferiram quanto à atividade de água, perda por cozimento e força de cisalhamento. As amostras preparadas pelo método *sous-vide* apresentaram menor perda por cocção e menor força de cisalhamento, confirmando sua eficiência no amaciamento da carne e na preservação da suculência.

Todas as amostras atenderam aos padrões microbiológicos estabelecidos pela legislação vigente, de modo a comprovar as boas práticas de preparo e garantir a segurança dos provadores durante as análises sensoriais.

Na avaliação sensorial e na intenção de compra, observou-se que as amostras preparadas com suco da casca de abacaxi, especialmente aquelas submetidas a cocção *sous-vide*, obtiveram os maiores escores médios quando comparadas à amostra sem adição de enzima.

Conclui-se que o suco e da casca do abacaxi, associado ao método de cocção *sous-vide*, representa uma alternativa tecnológica viável e sustentável para o aproveitamento de cortes cárneos de menor valor comercial, agregando qualidade sensorial e valor ao produto final.

REFERÊNCIAS

AKKAYA, E.; BINGOL, E. B.; HAMPIKYAN, H.; COLAK, H. Impact of Plant and Microbial Proteases Treatment on Quality Characteristics of Beef *Longissimus Thoracis* and *Lumborum*. **Food Science of Animal Resources**, v. 45, n. 6, 2025, p. 1671-1691.

ANDREWS, W. H.; FLOWER, R. S.; SILLIKER, J.; BAILEY, J. S. Salmonella. In: DOWNES, F. P.; ITO, K. (org.). **Compendium of methods for microbiological examination of foods**. 4. ed. Washington, DC: American Public Health Association, 2021, p. 357-380.

BALDWIN, D. E. Sous-vide cooking: A review. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, v. 1, 2012, p. 15–30.

BOTINESTEAN, C.; HOSSAIN, M.; MULLEN, A. M.; KERRY, J. P.; HAMILL, R. M. The influence of the interaction of sous-vide cooking time and papain concentration on tenderness and technological characteristics of meat products. **Meat Science**, v. 177, 2021, p. 108491.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Cartilha sobre boas práticas para serviços de alimentação. Resolução - RDC nº 216/2004**. Brasília, DF. 3ª ed., 2004. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/centraisdeconteudo/publicacoes/alimentos/manuais-guias-e-orientacoes/cartilha-boas-praticas-para-servicos-de-alimentacao.pdf>. Acesso em 13 jul. 2024.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Instrução Normativa N° 161, de 1 de julho de 2022. Estabelece os padrões microbiológicos dos alimentos. **Diário Oficial do Brasil**, Brasília, DF, 2022a.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução da Diretoria Colegiada – RDC N° 724, de 1° de julho de 2022. Dispõe sobre os padrões microbiológicos dos alimentos e sua aplicação. **Diário Oficial do Brasil**, Brasília, DF, 2022b.

DEVITIIS, B. de.; VISCECCHIA, R.; SECCIA, A.; NARDONE, G.; CARLUCCI, D.; BENZIO, M. A.; SEVI, A.; MARINO, R. Improving meat tenderness using exogenous process: the consumer response. **Meat Science**, v. 200, 2023.

DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos**. 4. ed. Curitiba: Champagnat, 2013.

FENG, P.; WEAGANT, S. D.; GRANT, M. A.; BURKHARDT, W. Bacteriological Analytical Manual (BAM). 2020. Disponível em: <https://www.fda.gov/food/laboratorymethods-food/bacteriological-analytical-manual-bam>. Acesso em: 07 jan. 2026.

GAGAOUA, M.; DIB, A. L.; LAKHDARA, N.; LAMRI, M.; BOTINEȘTEAN, C.; LORENZO, J. M. Artificial meat tenderization using plant cysteine proteases. **Current Opinion in Food Science**, v. 38, 2021, p. 177–188.

GÁMBARO, A.; PANIZZOLO, L. A.; HODOS, N.; ROSA, G. da; BARRIOS, S.; GARMENDIA, G.; GAGO, C.; MARTÍNEZ-MONZÓ, J. Influence of temperature and time in sous-vide cooking on physicochemical and sensory parameters of beef shank cuts. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, v. 32, 2023, p. 100701.

GOMIDE, L. A. de M.; RAMOS, E. M.; FONTES, P. R. **Tecnologia de abate e tipificação de carcaças**. Editora UFV, 2 ed. Viçosa, 2014.

GROOT, E.; HENRIQUE, R. L. P. Saliência, relevância e determinância da carne bovina para os consumidores de Dracena (SP): uma nova abordagem metodológica. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 60, n. 4, 2022, p. 246908.

HAQ, I.; ASGHAR, B.; MANZOOR, A.; ALI, S.; NAUMAN, K.; AHMAD, S.; HOPKINS, D. L.; NASIR, J. Investigating the impact of sous vide cooking on the eating quality of spent buffalo (*BUBALUS BUBALIS*) meat. **Meat Science**, v. 209, 2024, p. 109417.

HUANG, W.; GENG, L.; FU, H.; WANG, D.; JIA, D.; WANG, A.; QI, R.; TERTULLIANO, M. S. E.; AABIDEEN, M. Z. U.; CALOMBE, Q. S. J.; SHAFIQUE, A.; LIU, C. Effect of sous vide cooking combined with bromelain on beef tenderness and eating quality. **Food Chemistry: X**, 2025.

ISMAIL, I.; HWANG, Y. H.; BAKHSH, A.; LEE, S. J.; LEE, E. Y.; KIM, C. J.; JOO, S. T. Control of sous-vide physicochemical, sensory, and microbial properties through the manipulation of cooking temperatures and times. **Meat Science**, v. 188, p. 108787, 2022.

KAMRUZZAMAN, M. Optical sensing as analytical tools for meat tenderness measurements - A review. **Meat Science**, 2023, v. 195.

KARKI, R.; BREMER, P.; SILCOCK, P.; OEY, I. Effect of sous vide processing on quality parameters of beef short ribs and optimisation of sous vide time and temperature using third-order multiple regression. **Food & Bioprocess Technology**, v. 15, 2022, p. 1629–1646.

KIM, H. J.; LEE, S.; CHOI, M.; HONG, H.; JO, C. Optimizing tenderness of M. Semitendinosus steak for elderly people with the combination of ficin and sous-vide cooking. **Meat Science**, v. 216, 2024, p. 109577.

KURP, L.; BIELECKA, M.; DANOWSKA-OZIEWICZ, M. Quality of Sous Vide-Cooked Pork Loin Stored in Refrigerated Conditions. **Applied Sciences**, v. 15, 2025, p. 850.

LABBE, R.G. Clostridium perfringens. In: DOWNES, F.P.; ITO, K. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 4 ed. Washington, DC: American Public Health Association – APHA, 2021, p. 325-330.

LATOCH, A.; GLUCHOWSKI, A.; CZARNIECKA-SKUBINA, E. Sous-vide as na alternative method of cooking to improve the quality of meat: a review. **Foods**, v. 12, n. 16, 2023, p. 3110.

MADHUSANKHA, G. D. M. P.; THILAKARATHNA, R. C. N. Meat tenderization mechanism and the impact of plant exogenous proteases: A review. **Arabian Journal of Chemistry**, v. 21, 2021, p. 102967.

MALHEIROS, J. M.; VALENCIA, C. E. E.; BRAGA, C. P.; VIEIRA, J. C. S.; VIEIRA, D. S.; PEREIRA, G. L.; CURI, R. A.; NETO, O. R. M.; OLIVEIRA, H. N.; PADILHA, P. M.; CHARDULO, L. A. L. Application of proteomic to investigate the different degrees of meat tenderness in Nellore breed. **Journal of Proteomics**, v. 248, 2021, p. 104331.

MANOHAR, J.; GAYATHRI, R.; VISHNUPRIYA, V. Tenderisation of meat using bromelain from pineapple extract. **International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research**, v. 39, n. 1, article n. 17, 2016, p. 81-85.

PEREIRA, A. S. C.; BALDI, F.; SAINZ, R. D.; UTEMBERGUE, B. L.; CHIAIA, H. L. J.; MAGNABOSCO, C. U.; MANICARDI, F. R.; ARAUJO, F. R. C.; GUEDES, C. F.; MARGARIDO, R. C.; LEME, P. R.; SOBRAL, P. J. A. Growth performance, and carcass and meat quality traits in progeny of Poll Nellore, Angus and Brahman sires under tropical conditions. **Animal Production Science**, v. 55, 2015, p. 1295-1302.

RAMOS, P. M.; SCHEFFLER, T. L.; BELINE, M.; BODMER, J.; GERRARD, D. E.; SILVA, S. L. Challenges and opportunities of using *Bos indicus* cattle to meet consumers' demand for quality beef. **Meat Science**, v. 207, 2024, p. 109375.

STANISŁAWCZYK, R.; ŻUREK, J.; RUDY, M.; GIL, M.; KRAJEWSKA, A.; DZIKI, D. Effect of Time and Temperature in Sous-Vide Heat Treatment on Selected Physicochemical Properties of Horsemeat. **Processes**, v. 11, 2023, p. 3126.

STEFANUCCI, A.; ZENGİN, G.; MARTINEZ, E. J. L.; DIMMITO, M. P.; VALLE, A. D.; PIERETTI, S.; MOLLICA, A. Chemical characterization, antioxidant properties and enzyme inhibition of Rutabaga root's pulp and peel (*Brassica napus* L.). **Arabian Journal of Chemistry**, v. 13, n. 9, 2020, p. 7078-7086.

TALLENT, S.; BENNETT, R. W.; HAIT, J. M. Bacteriological Analytical Manual (BAM). 2022. Disponível em: <https://www.fda.gov/food/laboratory-methodsfood/bacteriological-analytical-manual-bam>. Acesso em: 07 jan. 2026.

THATHSARANI, A. P. K.; ALAHAKOON, A. U.; LIYANAGE, R., 2022. Current status and future trends of sous vide processing in meat industry; A review. **Trends in Food Science & Technology**, 2022, p. 353-363.

USDA, 2020. In: Livestock and Poultry: World Markets and Trade. In United States Department of Agriculture and Foreign Agricultural Service.

YADAV, K. K.; MEHTA, N. K.; SHARMA, S.; BHAJAN, S.; KULSHRESTHA, T.; GAURA, K.; NGASOTTER, S.; SINGH, A.; VAISHNAV, A.; NAYAK, S. S.; DEBBARMA, P.; CHAUDHURY, S.; KUMAR, P.; MOHANTY, S.; BHALAVEY, P.; PATEL, N. D.; CHATURVEDI, P.; YADAV, R. P. Advances in sous-vide technology for meat processing: a comprehensive overview. **Journal of Agriculture and Food Research**, v. 23, 2025, p. 102257.