



IMPACTO DE TECNOLOGIAS DE COCÇÃO NAS PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE HAMBÚRGUERES DE ORIGEM VEGETAL E ANIMAL

V. H. de Vargas¹, L. D. F. Marczak², E. Rodrigues³, G. D. Mercali⁴

1- Departamento de Engenharia Química – UFRGS – Porto Alegre – RS, e-mail: victoria.hvargas@gmail.com

2- Departamento de Engenharia Química – UFRGS – Porto Alegre – RS, e-mail: ligia.marczak@ufrgs.br

3- Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos – UFRGS – Porto Alegre – RS, e-mail: eliseu.rodrigues@ufrgs.br

4- Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos – UFRGS – Porto Alegre – RS, e-mail: giovana.mercali@ufrgs.br

RESUMO – Este estudo avaliou o impacto de diferentes métodos de cocção (*air fryer*, forno, grill e micro-ondas) nas propriedades físico-químicas de hambúrgueres à base de plantas (PB) e de origem animal (MB). Os hambúrgueres foram caracterizados quanto à perda de massa, encolhimento, pH, umidade e parâmetros texturais. Os efeitos mais pronunciados foram observados nas amostras preparadas no micro-ondas, que apresentaram maiores perdas de massa, maior encolhimento e alterações na textura, como aumento da dureza e da mastigabilidade. No entanto, as tecnologias de cocção avaliadas não causaram efeitos predominantes, o que indica flexibilidade no preparo, de acordo com as preferências do consumidor. As principais diferenças foram observadas entre os tipos de hambúrguer, com os parâmetros de textura dos MB até 10 vezes superiores aos dos PB. Esse resultado destaca a necessidade de mais pesquisas sobre o desenvolvimento de alimentos análogos que simulem com precisão o comportamento dos produtos de origem animal.

ABSTRACT – This study assessed the impact of different cooking technologies (*air fryer*, oven, grill, and microwave) on the physicochemical properties of plant-based (PB) and meat-based (MB) burgers. The patties were characterized in terms of mass loss, shrinkage, pH, moisture content, and texture parameters. The most pronounced effects were observed in the microwave-prepared samples, which exhibited higher mass loss, greater shrinkage, and texture changes, such as increased hardness and chewiness. However, the cooking methods did not produce dominant effects, suggesting flexibility in preparation according to consumer preferences. Significant differences were found between the properties of PB and MB samples, as the texture parameters of MB burgers were up to 10 times higher. This finding underscores the need for further research on the development of analog foods that accurately replicate the behavior of animal-based products.



19 A 21 DE MAIO DE 2025 | BENTO GONÇALVES | RS

PALAVRAS-CHAVE: carne vegetal; análogo; processamento; caracterização; textura.

KEYWORDS: plant-based meat; analogue; processing; characterization; texture.

1. INTRODUÇÃO

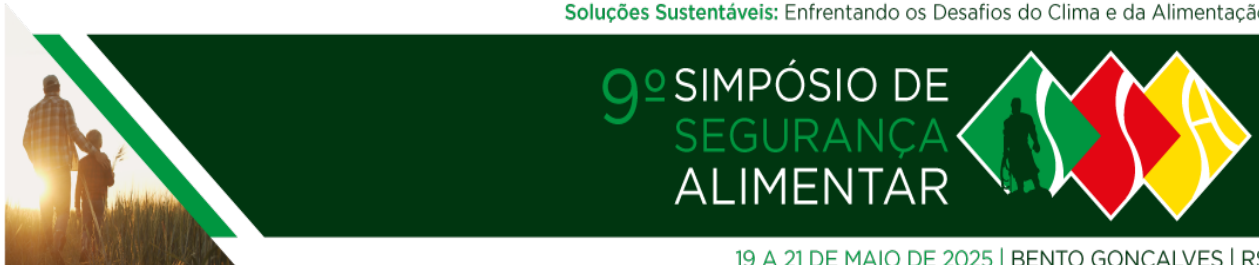
O mercado global de alimentos à base de plantas tem crescido significativamente, impulsionado por fatores como bem-estar animal, sustentabilidade, saúde e mudanças nos hábitos alimentares. Esses alimentos são elaborados exclusivamente de fontes vegetais e buscam imitar a aparência, textura e propriedades sensoriais de produtos de origem animal, como carne, leite e seus derivados. Entre os análogos à carne, os hambúrgueres à base de plantas são os produtos mais consumidos no Brasil (Lupetti e Casselli, 2022). A formulação desses alimentos envolve a combinação de proteínas, lipídeos, polissacarídeos, além de agentes corantes e aromatizantes vegetais, processados para conferir características semelhantes à carne (Ihsan *et al.*, 2024).

Os hambúrgueres *plant-based* podem ser preparados por diferentes métodos e tecnologias. O processo de cocção é crucial para garantir a segurança microbiológica, eliminando patógenos e impactando diretamente sua qualidade. No entanto, as propriedades físico-químicas desses produtos são altamente afetadas pelo tipo e intensidade do tratamento térmico aplicado (Pathare e Roskilly, 2016). Três fatores principais variam conforme o método de cozimento: a temperatura superficial, o gradiente de temperatura e o método de transferência de calor. Esses elementos afetam a cor, o odor e o sabor do produto, além de influenciarem a velocidade e a extensão das mudanças na estrutura das proteínas. A escolha do método de cocção geralmente se baseia na busca por um produto de alta qualidade, com textura e sabor agradáveis (Alfaifi *et al.*, 2023).

Considerando que a qualidade dos produtos análogos está diretamente relacionada às suas propriedades físico-químicas, avaliar os efeitos dos métodos de cocção é essencial. A similaridade com os produtos de origem animal também é um fator chave na aceitação do consumidor. Nesse contexto, o presente estudo visa avaliar o impacto de diferentes métodos de cocção nas propriedades de hambúrgueres à base de plantas, e compará-las com as propriedades de hambúrgueres de origem animal. Para isso, as amostras serão submetidas a diferentes tecnologias incluindo *air fryer*, forno elétrico, grill elétrico e micro-ondas. As propriedades analisadas incluem a perda de massa, variações no diâmetro e na espessura, pH, umidade e parâmetros de textura.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Amostras



19 A 21 DE MAIO DE 2025 | BENTO GONÇALVES | RS

Foram utilizados hambúrgueres de duas matrizes: à base de plantas (PB) e de origem animal (MB). O hambúrguer PB corresponde ao produto comercial “Futuro Burger”, fabricado pela Fazenda Futuro, com 115 g e 10 cm de diâmetro. Sua composição inclui proteína texturizada de soja, óleos vegetais, metilcelulose e aditivos de cor e aroma. O hambúrguer MB foi elaborado manualmente a partir de carne bovina moída. Para garantir uma comparação justa entre os produtos, a massa e a geometria das amostras foram similares às do hambúrguer PB. As amostras foram armazenadas a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ e descongeladas sob refrigeração ($4\text{ }^{\circ}\text{C}$) por 24 h antes dos experimentos de cocção.

2.2 Métodos de cocção

Foram utilizadas quatro tecnologias de cocção: *air fryer*, forno elétrico, grill elétrico e micro-ondas. Exceto pelo micro-ondas, nos demais processos os hambúrgueres foram cozidos a $180\text{ }^{\circ}\text{C}$, até alcançarem temperatura interna de $71\text{ }^{\circ}\text{C}$, considerada segura pela Anvisa. No caso do micro-ondas, o aquecimento é significativamente mais rápido, permitindo que as amostras alcancem $71\text{ }^{\circ}\text{C}$ mesmo sem apresentar a aparência típica de cozimento. Assim, definiu-se um tempo de cocção fixo de 8 min, garantindo que as amostras alcançassem a temperatura de segurança, além de estarem aptas para o consumo. A temperatura interna de todas as amostras foi monitorada por meio de um sensor de fibra óptica (TS3, Weidmann Optocon) inserido no centro dos hambúrgueres.

2.3 Caracterizações físico-químicas

Os hambúrgueres foram caracterizados, em triplicata, conforme metodologia adaptada de Vu *et al.* (2022). A perda de massa foi calculada pesando-se as amostras antes e após cocção. As variações no diâmetro e na espessura foram determinadas com o uso de um paquímetro. O pH foi medido em amostras homogeneizadas (5 g em 50 mL de água destilada) utilizando um pHmetro digital. O teor de umidade foi obtido pelo método oficial de secagem em estufa da AOAC (925.10). Por fim, os parâmetros texturais foram avaliados em um analisador de textura (TA-XT PlusC), equipado com uma sonda de 36 mm. As amostras, cortadas em cubos de 1 cm^3 , foram submetidas a dois ciclos de compressão a $2\text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$, com deformação final de 50% e força de disparo de 5.0 g.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Perda de massa pela cocção, encolhimento, pH e umidade

A Tabela 1 apresenta a perda de massa (Δm), variação do diâmetro (ΔD), variação da espessura (ΔL), pH e umidade dos hambúrgueres à base de plantas (PB) e de origem animal (MB) submetidos à cocção via *air fryer* (AF), grill (Gr), forno (Fo) e micro-ondas (MW).



Tabela 1 – Propriedades dos hambúrgueres submetidos a diferentes tecnologias de cocção.

Amostra	Δm (%)	ΔD (%)	ΔL (%)	pH	Umidade (%)
PB-cru	-	-	-	6.34 ± 0.03^{Aa}	65.89 ± 0.64^{Ba}
PB-AF	29.54 ± 1.06^{Bb}	10.43 ± 1.39^{Bb}	4.42 ± 0.29^{Ab}	6.47 ± 0.02^{Aa}	57.77 ± 0.35^{Bc}
PB-Gr	23.90 ± 0.27^{Bc}	9.77 ± 1.68^{Bb}	4.60 ± 0.09^{Ab}	6.45 ± 0.02^{Aa}	60.46 ± 0.46^{Bb}
PB-Fo	29.43 ± 1.30^{Bb}	9.66 ± 1.70^{Bb}	4.97 ± 0.31^{Ab}	6.55 ± 0.01^{Aa}	58.68 ± 0.59^{Bc}
PB-MW	34.69 ± 1.01^{Ba}	12.09 ± 0.3^{Ba}	10.80 ± 0.58^{Aa}	6.49 ± 0.03^{Aa}	52.65 ± 0.75^{Bd}
MB-cru	-	-	-	5.37 ± 0.01^{Ba}	72.66 ± 0.65^{Aa}
MB-AF	31.85 ± 0.64^{Ab}	12.82 ± 1.98^{Ab}	4.33 ± 0.46^{Ab}	5.57 ± 0.03^{Ba}	64.02 ± 0.42^{Ac}
MB-Gr	26.42 ± 0.77^{Ac}	11.16 ± 1.22^{Ab}	3.97 ± 0.53^{Ab}	5.66 ± 0.01^{Ba}	68.23 ± 0.33^{Ab}
MB-Fo	31.29 ± 0.45^{Ab}	12.11 ± 2.39^{Ab}	4.07 ± 0.49^{Ab}	5.76 ± 0.03^{Ba}	63.49 ± 0.47^{Ac}
MB-MW	40.84 ± 0.30^{Aa}	14.66 ± 0.56^{Aa}	13.40 ± 1.03^{Aa}	5.84 ± 0.03^{Ba}	54.83 ± 0.57^{Ad}

Diferentes letras sobrescritas na mesma coluna indicam diferenças significativas ($p \leq 0,05$). Letras maiúsculas representam diferenças entre as matrizes dos hambúrgueres e letras minúsculas indicam diferenças entre os métodos de cocção.

A perda de massa durante a cocção decorre principalmente da liberação de água e outros constituintes da matriz do alimento, impactando diretamente sua suculência. Para ambas as matrizes proteicas, a cocção no grill resultou nas menores perdas, o que pode ser atribuído à selagem da superfície do alimento, promovida pelo contato direto com a grelha, diminuindo a permeabilidade à umidade. Resultados similares foram observados por Domínguez *et al.* (2014), que obtiveram menores perdas de carne de cavalo no grill, em comparação com outros métodos. Por outro lado, o micro-ondas provomeu as maiores perdas, o que pode ser explicado pelo seu mecanismo de aquecimento. As micro-ondas excitam as moléculas de água, fazendo com que elas vibrem e gerem calor. Esse calor, por sua vez, resulta na rápida desidratação e consequente perda de massa do alimento (Alfaifi *et al.*, 2023). Para todos os métodos de cocção, as perdas de massa foram menos acentuadas nas amostras PB, o que pode ser associado à maior capacidade de retenção de água da matriz vegetal, que contém ingredientes poliméricos como metilcelulose e amido (Vu *et al.*, 2022).

Todas as amostras apresentaram redução no diâmetro (ΔD) e espessura (ΔL) após a cocção, evidenciando um processo de encolhimento. As amostras preparadas no micro-ondas tiveram a maior variação nessas propriedades, o que pode estar diretamente relacionado à maior perda de massa. Em relação ao pH, as amostras PB (6,34-6,55) apresentaram valores significativamente mais altos do que as MB (5,37-5,84). Esse comportamento pode estar relacionado à leve alcalinidade da proteína texturizada de soja (pH 7,42-7,43), que é o principal componente da matriz vegetal. A cocção não afetou o pH das amostras, enquanto a umidade reduziu significativamente. Em relação às diferentes tecnologias, as amostras preparadas no grill apresentaram os maiores teores de umidade, enquanto as preparadas no micro-ondas exibiram os menores, corroborando os resultados obtidos para a perda de massa e encolhimento.



3.2 Propriedades de textura

A Tabela 2 apresenta os parâmetros de textura das amostras PB e MB submetidas às diferentes tecnologias de cocção.

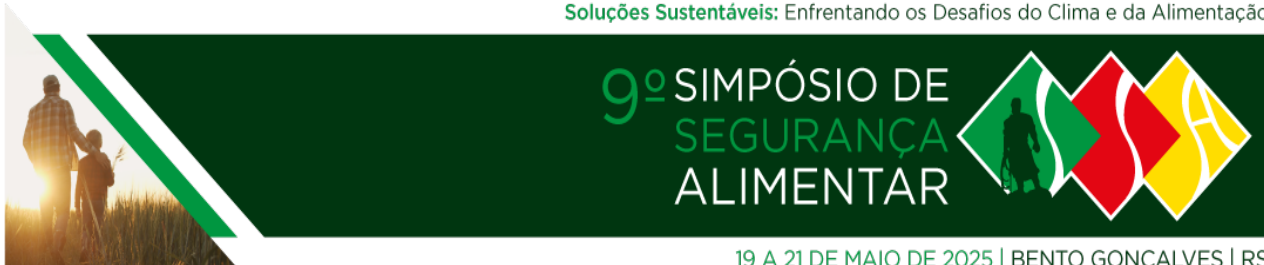
Tabela 2 – Parâmetros de textura dos hambúrgueres submetidos a diferentes tecnologias de cocção.

Amostra	Dureza (N)	Coesividade	Elasticidade (%)	Mastigabilidade (N)	Resiliência (%)
PB-AF	2.60 ± 0.20 ^{Bb}	0.84 ± 0.04 ^{Ba}	75.81 ± 0.86 ^{Ba}	1.65 ± 0.17 ^{Bb}	10.83 ± 2.02 ^{Bb}
PB-Gr	2.42 ± 0.11 ^{Bb}	0.83 ± 0.01 ^{Ba}	73.68 ± 0.25 ^{Ba}	1.47 ± 0.07 ^{Bb}	8.22 ± 0.46 ^{Bb}
PB-Fo	2.44 ± 0.14 ^{Bb}	0.85 ± 0.02 ^{Ba}	74.98 ± 0.49 ^{Ba}	1.56 ± 0.12 ^{Bb}	8.35 ± 0.28 ^{Bb}
PB-MW	5.20 ± 0.36 ^{Ba}	0.86 ± 0.02 ^{Ba}	72.75 ± 1.55 ^{Ba}	3.27 ± 0.15 ^{Ba}	13.31 ± 1.58 ^{Ba}
MB-AF	32.90 ± 0.84 ^{Ab}	0.92 ± 0.03 ^{Aa}	91.51 ± 2.56 ^{Aa}	27.65 ± 0.70 ^{Ab}	19.44 ± 1.61 ^{Ab}
MB-Gr	34.20 ± 0.74 ^{Ab}	0.92 ± 0.02 ^{Aa}	89.51 ± 0.99 ^{Aa}	28.25 ± 0.96 ^{Ab}	17.22 ± 3.81 ^{Ab}
MB-Fo	33.57 ± 0.81 ^{Ab}	0.94 ± 0.02 ^{Aa}	91.32 ± 1.73 ^{Aa}	28.80 ± 0.72 ^{Ab}	20.01 ± 0.84 ^{Ab}
MB-MW	38.08 ± 0.44 ^{Aa}	0.91 ± 0.02 ^{Aa}	87.50 ± 2.15 ^{Aa}	30.31 ± 0.74 ^{Aa}	26.24 ± 2.10 ^{Aa}

Diferentes letras sobrescritas na mesma coluna indicam diferenças significativas ($p \leq 0,05$). Letras maiúsculas representam diferenças entre as matrizes dos hambúrgueres e letras minúsculas indicam diferenças entre os métodos de cocção.

Foram observadas diferenças significativas entre as amostras PB e MB para todos os parâmetros de textura analisados. A dureza e a mastigabilidade, propriedades que indicam a resistência do alimento à compressão, foram mais de 10 vezes superiores nas amostras MB. A coesividade (capacidade de manter a estrutura durante a mastigação), elasticidade (capacidade de retornar à forma original após compressão) e resiliência (capacidade de recuperar a forma sem perder suas propriedades) dos produtos PB também foram significativamente inferiores às dos produtos MB. Esses resultados podem ser explicados pela diferença nas estruturas e interações moleculares das matrizes proteicas. A carne é composta por proteínas miofibrilares, como miosina e actina, que durante a cocção sofrem desnaturação e agregação, formando uma rede interna mais resistente em comparação com a matriz vegetal (Kamani *et al.*, 2019).

Quanto aos métodos de cocção, a tecnologia de micro-ondas foi a única que teve impacto significativo na textura das amostras. Ambos os tipos de hambúrgueres preparados por esse método apresentaram valores mais elevados de dureza, mastigabilidade e resiliência. Esse aumento pode ser atribuído à maior perda de massa e encolhimento observado nessas amostras. A perda substancial de fluidos da matriz resulta em sua compactação, o que contribui para o aumento da rigidez do alimento. Esses resultados estão de acordo com os de Lorenzo *et al.* (2015), que observaram maiores perdas de massa e maior dureza na carne de cavalo preparada no micro-ondas, em comparação com amostras grelhadas, assadas em forno e fritas em óleo. Os autores atribuíram esses efeitos ao maior grau de desnaturação das proteínas, promovido pelo rápido aquecimento do micro-ondas.



19 A 21 DE MAIO DE 2025 | BENTO GONÇALVES | RS

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo avaliou o impacto de diferentes tecnologias de cocção nas propriedades físico-químicas de hambúrgueres à base de plantas, comparando-os com hambúrgueres de origem animal. Os resultados mais expressivos foram observados nas amostras preparadas no micro-ondas, que apresentaram maiores perdas de massa e alterações significativas na textura. Em contrapartida, as amostras preparadas no grill conservaram maior umidade, favorecendo a suculência do produto. No entanto, os métodos de cocção avaliados não apresentaram efeitos dominantes, o que sugere flexibilidade no preparo. Constatou-se que hambúrgueres de origem vegetal e animal exibem propriedades distintas, especialmente nos parâmetros texturais. Essas diferenças estão relacionadas às características de suas matrizes, compostas principalmente por proteínas miofibrilares na carne e por proteína texturizada de soja na amostra vegetal. Os próximos passos deste estudo incluem a análise do impacto da cocção nos compostos bioativos dos hambúrgueres à base de plantas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFAIFI, B. M.; AL-GHAMDI, S.; OTHMAN, M. B.; HOBANI, A. I.; SULIMAN, G. M. Advanced Red Meat Cooking Technologies and Their Effect on Engineering and Quality Properties: A Review. **Foods**, v. 12, 2023.

CAMILA LUPETTI E RAQUEL CASSELLI. O consumidor brasileiro e o mercado plant-based. **The Good Food Institute Brasil**, 2022.

DOMÍNGUEZ, R.; GÓMEZ, M.; FONSECA, S.; LORENZO, J. M. Effect of different cooking methods on lipid oxidation and formation of volatile compounds in foal meat. **Meat Science**, v. 97, n. 2, p. 223–230, 2014.

IHSAN, A.; AHMAD, Z.; ZHENG, J.; BILAL, M.; ABID, H. M. R.; HU, A. New trends in functionalities and extraction of plant proteins in designing plant-based meat analogues: A critical review. **Food Bioscience**, v. 57, 2024.

KAMANI, M. H.; MEERA, M. S.; BHASKAR, N.; MODI, V. K. Partial and total replacement of meat by plant-based proteins in chicken sausage: evaluation of mechanical, physico-chemical and sensory characteristics. **Journal of Food Science and Technology**, v. 56, p. 2660–2669, 2019.

LORENZO, J. M.; CITTADINI, A.; MUNEKATA, P. E.; DOMÍNGUEZ, R. Physicochemical properties of foal meat as affected by cooking methods. **Meat Science**, v. 108, p. 50–54, 2015.

PATHARE, P. B.; ROSKILLY, A. P. Quality and Energy Evaluation in Meat Cooking. **Food Engineering Reviews**, v. 8, p. 435-447, 2016.

VU, G.; ZHOU, H.; MCCLEMENTS, D. J. Impact of cooking method on properties of beef and plant-based burgers: Appearance, texture, thermal properties, and shrinkage. **Journal of Agriculture and Food Research**, v. 9, 2022.