

DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO TOTAL E BIOACESSÍVEL DE Fe, K e Mg EM CARNES OVINAS POR MIP OES

EDUARDO GRILL DA SILVA CARVALHO¹; DAISA HAKBART BONEMANN²;
CHARLIE GUIMARÃES GOMES² ANDERSON SCHWINGEL RIBEIRO³

¹Universidade Federal de Pelotas, Bacharelado em Química – edu.edu.9@hotmail.com

²Universidade Federal de Pelotas, PPGQ – daisa_bonemann@yahoo.com.br;
charliegomesii@gmail.com

³Universidade Federal de Pelotas, PPGQ – andersonsch@hotmail.com

1. INTRODUÇÃO

A carne ovina é uma das opções para a diversificação no consumo de carne, pois realiza uma função essencial na alimentação mundial, embora esse consumo ainda seja bem inferior a outros tipos (bovina, suína e frango). Seu consumo, fornece uma dieta rica em proteínas, gorduras, aminoácidos, elementos essenciais como cálcio, magnésio, sódio e potássio, juntamente com o ácido fólico, e vitaminas A e B12 (BOLAND, *et al.*, 2013; IKEM *et al.*, 2015; HIGUERA *et al.*, 2021).

A carne passa pelo processo de cocção quando preparada para refeição, os quais podem ser grelhar, fritar, assar ou mesmo cozinhar. Esses processos favorecem o aumento da palatabilidade e digestibilidade, entretanto, acarretam a perda de elementos essenciais como cálcio e potássio e vitaminas, alterando fisicamente e quimicamente a sua composição (MENEZES *et al.*, 2018; HIGUERA *et al.*, 2021).

Com o aumento da procura de carne ovina como alternativa para a dieta com fonte de proteínas, é importante a quantificação dos elementos essenciais, com o objetivo de identificar as perdas desses elementos durante os processos de cocção (PEREIRA *et al.*, 2021; WANG *et al.*, 2021). No entanto, apenas o controle da concentração total dos elementos essenciais não se faz suficiente para avaliação do risco e benefício para a saúde. Assim, se faz importante a avaliação da fração bioacessível, a qual é possível quantificar a concentração dos elementos essenciais liberada do alimento, ficando assim, disponível para absorção pelo organismo humano (BONEMANN *et al.*, 2021).

Além disso, técnicas analíticas são utilizadas na quantificação desses elementos. Dentre as técnicas com baixo custo operacional para determinação elementar, a espectrometria de emissão óptica com plasma induzido por micro-ondas (MIP OES) se faz uma ótima escolha, pois utiliza plasma mantido por N₂, que quando gerado através de um gerador de nitrogênio acoplado a um compressor de ar reduz significativamente os custos de operação (BONEMANN *et al.*, 2021).

Diante do exposto, o presente trabalho tem por objetivo determinar a concentração total e a fração bioacessível de Fe, K e Mg em amostras de carne ovina submetida a diferentes processos de cocção, adquiridas na cidade de Pelotas por MIP OES.

2. METODOLOGIA

As amostras foram adquiridas de diferentes criadores da cidade de Pelotas, RS. Sendo cortadas em pedaços de aproximadamente 100 g. A amostra *in natura* foi homogeneizada em um *mixer*, colocada em frascos de polipropileno (PP) e congeladas até o momento da análise. Para o processo de cocção foram utilizados

três métodos, cozida em água, micro-ondas e forno convencional. Para a cocção em água foi colocado aproximadamente 100 g de carne em um recipiente de vidro, adicionou-se 500 mL de água desionizada, tampou-se e foi ao aquecimento por 30 minutos. Já para o método do micro-ondas, foi colocado aproximadamente 100 g de carne em um recipiente de vidro com tampa de silicone e foi levado ao micro-ondas a 650 W por 6 minutos. E por fim o método do forno convencional, 100 g de carne foi levado ao forno em um recipiente de vidro com tampa a 180 °C por 45 minutos. As amostras foram moídas por um *mixer*, armazenadas em frascos de PP e congeladas até o momento das análises.

Para determinação da fração bioacessível, utilizou-se o método da digestão *in vitro*, utilizando três etapas da digestão, a boca, o estômago e o intestino. Este método foi baseado no modelo proposto por MINEKUS et al., 2014. Foi pesado aproximadamente 3 g de amostra de carne após o processo de cocção diretamente em frascos de PP. Para a primeira etapa, 4,0 mL de saliva sintética e 1,0 mL de CaCl_2 7,5 mM, foram adicionados diretamente nos tubos de PP. O pH da solução foi ajustado para 7,0 com adição NaOH 1,0 mol L^{-1} e a mistura foi ao banho Dubnoff por 10 min a 37°C. Na segunda etapa, adicionou-se 9,1 mL de suco gástrico, 700 μL de CaCl_2 2,0 mM e o pH foi ajustado para 3,0 com adição de HCl 1,0 mol L^{-1} e os frascos foram levados novamente ao banho Dubnoff por 2h a 37°C. Para finalizar, a última etapa consiste em adicionar 18,5 mL de suco intestinal, 1,35 mL de CaCl_2 9mM e ajustou-se o pH para 7 adicionando NaOH 1,0 mol L^{-1} a mistura foi mantida em banho Dubnoff por 2h a 37°C. Ao final do processo, as amostras foram centrifugadas por 10 min a 10.000 rpm para separar a fração bioacessível (sobrenadante) da fração não bioacessível (sólido).

Para as melhores condições de preparo de amostra, para determinar a concentração dos elementos foram otimizadas as melhores condições de decomposição, variando o tempo, a temperatura, e o volume de peróxido. Assim, para a fração não bioacessível, realizou-se a decomposição ácida com bloco digestor, para isso foi pesado 1g de carne diretamente nos tubos de digestão e posteriormente adicionados de 5,0 mL de HNO_3 . Logo após, acoplou-se o sistema de refluxo e o sistema foi encaminhado ao bloco digestor a temperatura de 140 °C por 187 min. Após, as soluções foram retiradas do bloco para resfriamento até temperatura ambiente. Então foram adicionados 1,8 mL de H_2O_2 e as amostras retornaram ao bloco por mais 1 h na mesma temperatura. Ao final da decomposição as soluções resultantes foram aferidas a 20 mL com água desionizada, filtradas em filtros de membrana e diluídas 5 vezes. Todas as amostras foram feitas em triplicata e os brancos analíticos foram preparados empregando as mesmas condições dos experimentos das amostras. A exatidão do método foi avaliada através do estudo de balanço de massas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para avaliar exatidão do método, realizou-se a simulação *in vitro*, no qual as amostras passaram por três estágios do sistema digestivo. A fração bioacessível foi retirada e analisada e a fração não bioacessível foi levada ao bloco digestor e passou pela decomposição ácida como descrita na metodologia. A soma de ambas as frações, a bioacessível e a não bioacessível tiveram resultados de recuperação entre 80 a 118% para o K, 80 a 119% para o Mg e 83 a 114% para o Fe, evidenciando a exatidão do método.

Tabela 1 - Resultados das concentrações totais para os elementos investigados nas amostras de carne ovina cozida, micro-ondas e forno convencional obtidas por MIP OES. Valores expressos em mg kg⁻¹. (n = 3)

Elementos	Amostra A	Amostra B	Amostra C	Amostra D
Cozida				
Fe	17,8 ± 1,07	24,8 ± 0,37	46,3 ± 1,24	44,2 ± 3,76
K	2030 ± 23	2126 ± 156	4920 ± 410	2234 ± 76
Mg	171 ± 7	187 ± 1	273 ± 18	290 ± 17
Micro-ondas				
Fe	35,7 ± 2,19	40,4 ± 0,45	47,4 ± 3,71	34,1 ± 1,48
K	3338 ± 103	4978 ± 197	8307 ± 571	7901 ± 429
Mg	450 ± 24	396 ± 12	549 ± 38	331 ± 4
Forno convencional				
Fe	25,9 ± 1,63	28,9 ± 1,47	47,3 ± 2,63	41,2 ± 1,10
K	2786 ± 36	2787 ± 127	2142 ± 91	2152 ± 89
Mg	253 ± 3	248 ± 7	316 ± 8	285 ± 11

Concentração expressa em média ± desvio-padrão.

Tabela 2 - Resultados das frações bioacessíveis para os elementos investigados nas amostras de carne ovina cozida, micro-ondas e forno convencional obtidas por MIP OES. Valores expressos em mg kg⁻¹. (n = 3)

Elementos	Amostra A	Amostra B	Amostra C	Amostra D
Cozida				
Fe	1,39 ± 0,11	3,91 ± 0,03	2,32 ± 0,17	7,33 ± 0,07
K	1545 ± 181	1904 ± 163	3491 ± 147	1771 ± 28
Mg	63 ± 1	88 ± 8	96 ± 8	125 ± 3
Micro-ondas				
Fe	8,07 ± 0,22	8,73 ± 0,18	14,6 ± 0,74	5,81 ± 0,02
K	3194 ± 22	3911 ± 12	5928 ± 403	5676 ± 163
Mg	234 ± 4	230 ± 15	325 ± 17	149 ± 10
Forno convencional				
Fe	5,20 ± 0,46	2,85 ± 0,10	1,44 ± 0,12	5,43 ± 0,13
K	2817 ± 80	2355 ± 84	1568 ± 68	1854 ± 42
Mg	160 ± 13	194 ± 18	203 ± 5	146 ± 11

Concentração expressa em média ± desvio-padrão.

É possível observar que as amostras submetidas ao processo de cocção no micro-ondas apresentaram as maiores concentrações totais. Dentre essas, a amostra C foi a que apresentou as maiores concentrações totais. Já para o método cozida, a amostra A apresentou as menores concentrações.

Em relação a concentração bioacessível, ocorre a liberação de elementos essenciais para posterior absorção nos três métodos de cocção. O micro-ondas apresenta os maiores valores se comparado com os outros dois métodos e a amostra C que apresentou as maiores concentrações totais também apresentou as maiores concentrações bioacessíveis para os três elementos totais. Considerando os índices de ingestão diária recomendada pela ANVISA (2005) e pelo Institute of Medicine (2006) que são de 14 mg para Fe; 3500 mg para K; 400 mg para Mg, e o consumo de 100 g de carne ovina diariamente, é possível observar que apesar do micro-ondas se destacar com as maiores concentrações, os demais métodos

também contribuem para ingestão destes elementos essenciais para o bom funcionamento do organismo humano em menores quantidades.

4. CONCLUSÕES

O método utilizado se mostrou eficiente para a determinação de Fe, K e Mg em amostras de carne ovina, uma vez que, apresentou boa exatidão através da soma e balanço de massas das concentrações bioacessíveis e das não bioacessíveis. Além disso, foi possível observar que os três métodos de cocção demonstraram que, em alguns casos, apenas uma pequena fração da quantidade total de nutrientes nos alimentos é potencialmente bioacessível. Com isso, a carne ovina fornece os elementos essenciais, mas são necessárias outras fontes de alimentos para suprir as necessidades diárias dos elementos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOLAND, M. J.; RAE, A. N.; VEREIJKEN, J. M.; MEUWISSEN, M. P.; FISCHER, A. R.; VAN BOEKEL, M. A.; RUTHERFURD, S.M.; GRUPPEN, H.; MOUGHAN, P. J.; HENDRIKS, W. H. The future supply of animal-derived protein for human consumption. **Trends in food science & technology**, v. 29, n. 1, p. 62-73, 2013.
- BONEMANN, D. H.; LUCKOW, A. C. B.; PEREIRA, C. C.; DE SOUZA, A. O.; CADORE, S.; NUNES, A. M.; VIEIRA, M. A.; RIBEIRO, A. S. Determination of total concentration and bioaccessible fraction of metals in tomatoes and their derivatives by MIP OES. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 96, p. 103716, 2021.
- HIGUERA, J. M. D.; SANTOS, H. M.; OLIVEIRA, A. F. D.; NOGUEIRA, A. R. A. Bioaccessibility Assessment of Cu, Fe, K, Mg, P, and Zn in Thermally Treated Lamb Meat. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 32, p. 2111-2119, 2021.
- IKEM, A.; SHANKS, B.; CALDWELL, J.; GARTH, J.; AHUJA, S. Estimating the daily intake of essential and nonessential elements from lamb m. longissimus thoracis et lumborum consumed by the population in Missouri (United States). **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 40, p. 126-135, 2015.
- M. MINEKUS, M.; ALMINGER, P.; ALVITO, S.; BALLANCE, T.; BOHN, C.; BOURLIEU, F.; CARRIÈRE, R.; SANTOS, R.P.; SINGH, G.E.; VEGARUD, M.S.J.; WICKHAM, W.; WEITSCHIES, A.; BRODKORB. A standardised static in vitro digestion method suitable for food—an international consensus. **Food & function**, v. 5, n. 6, p. 1113-1124, 2014.
- MENEZES, E. A.; OLIVEIRA, A. F.; FRANÇA, C. J.; SOUZA, G. B.; NOGUEIRA, A. R. A. Bioaccessibility of Ca, Cu, Fe, Mg, Zn, and crude protein in beef, pork and chicken after thermal processing. **Food Chemistry**, v. 240, p. 75-83, 2018.
- PEREIRA, V.; MIRANDA, M.; SIERRA, J.; BENEDITO, J. L.; LÓPEZ-ALONSO, M. Toxic and essential trace element concentrations in different tissues of extensively reared sheep in northern Spain. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 96, p. 103709, 2021.
- WANG, Q.; LIU, H.; ZHAO, S.; QIE, M.; BAI, Y.; ZHANG, J.; GUO, J.; ZHAO, Y. Discrimination of mutton from different sources (regions, feeding patterns and species) by mineral elements in Inner Mongolia, China. **Meat Science**, v. 174, p. 108415, 2021.