

DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO BIOACESSÍVEL DE Ba, Fe, K e Mg EM CARNES VEGETAIS POR MIP OES

ADRYO NOBRE TAVARES¹; JÉSSICA DA ROSA PORTO², KAIANE DE
QUEVEDO RIBEIRO³, DAISA HAKBART BONEMANN⁴, CHARLIE GUIMARÃES
GOMES⁵, ANDERSON SCHWINGEL RIBEIRO⁶

¹*Universidade Federal de Pelotas, – adryo.nobre.tavares12@gmail.com*

²*Universidade Federal de Pelotas – jporto8.jp@gmail.com*

³*Universidade Federal de Pelotas – kaianeqr@gmail.com*

⁴*Universidade Federal de Pelotas – daisa_bonemann@yahoo.com.br*

⁵*Universidade Federal de Pelotas – charlieggomesii@gmail.com*

⁶*Universidade Federal de Pelotas – andersonsch@hotmail.com*

1. INTRODUÇÃO

Com a crescente conscientização e demanda da população por opções alimentares mais sustentáveis, as carnes à base de vegetais têm ganhado destaque, ao mesmo tempo em que grandes empresas de carne lançam suas próprias linhas de produtos à base de plantas. Essas alternativas vegetais não apenas respondem às preocupações ambientais, mas também oferecem benefícios nutricionais significativos, incluindo proteínas de alto valor biológico e a presença de minerais essenciais como ferro, zinco e vitaminas do complexo B, tornando-se assim uma opção nutricionalmente vantajosa em comparação com produtos de carne animal (Ishaq *et al.*, 2022).

Dessa forma, é importante a identificação e caracterização dos principais nutrientes presentes nestes alimentos (Nóbrega, 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).

O preparo adequado de amostras é crucial para análises químicas, com ênfase na escolha de métodos que minimizem o consumo de reagentes, simplifiquem o processo, evitem contaminação e reduzam a geração de resíduos. Para análises elementares, é crucial liberar os analitos da matriz orgânica, preferencialmente por meio de decomposição úmida usando ácidos como HNO₃, devido à eficiência, facilidade de manuseio e baixa interferência nas técnicas analíticas.

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, o que 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 Ba, Fe, K e Mg em amostras de carne vegetal cruas e cozidas em forno por MIP OES.

2. METODOLOGIA

Foram adquiridas amostras de carnes vegetais na forma de congelados, no comércio de Pelotas/RS. As amostras referentes a hambúrguer, empanado e quibe

foram mantidas em temperatura ambiente até seu descongelamento, em seguida foram trituradas e armazenadas em tubos de polipropileno (PP) e armazenadas sob refrigeração a -16 °C.

As amostras foram cozidas em forno elétrico doméstico, dentro de um recipiente de vidro a 200°C durante 30 minutos adaptado de Rodriguez-Estrada *et al.* (1997). Após o cozimento, as amostras foram mantidas em temperatura ambiente até esfriarem e foram trituradas com o auxílio de um mixer e armazenadas em tubos de PP sob refrigeração de -16 °C, para a determinação do teor de umidade foi utilizado o método gravimétrico adaptado e descrito por Adolf Lutz (IAL, 2008).

O método de digestão *in vitro* foi aplicado para estimar a fração elementar bioacessível e não-bioacessível, com base no modelo proposto por Minekus *et al.*, (2014). Para isso, foram pesadas 3 g de cada amostra crua e cozida separadamente em frascos de PP.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 mostra as concentrações bioacessíveis de Ba, Fe, K e Mg para as amostras cruas e cozidas.

Tabela 1 – Resultados da concentração total (CT), concentração bioacessível (CB) e fração bioacessível (FB). Valores em mg/kg.

Analito	Amostra crua			Amostra cozida		
	CT	CB	%FB	CT	CB	%FB
Hamburguer						
Ba	1,42 ± 0,08	<LQ	-	1,17 ± 0,04	<LQ	-
Fe	137 ± 4	65 ± 4	47	165 ± 7	83 ± 2	50
K	5439 ± 65	5313 ± 90	98	7855 ± 368	8043 ± 420	102
Mg	636 ± 20	429 ± 11	67	823 ± 9	676 ± 65	82
Empanado Frango						
Ba	1,17 ± 0,09	<LQ	-	1,14 ± 0,02	<LQ	-
Fe	140,08 ± 0,72	27,04 ± 1,53	19	137,03 ± 9,98	33,60 ± 0,57	24
K	2265 ± 75	2252 ± 85	99	2001 ± 141	1808 ± 104	90
Mg	339 ± 41	104 ± 7	30	341 ± 6	316 ± 8	93
Quibe						
Ba	1,42 ± 0,02	<LQ	-	1,33 ± 0,06	<LQ	-
Fe	58,71 ± 4,53	26,04 ± 0,67	44	71,03 ± 1,08	28,57 ± 0,48	40
K	2819 ± 65	2753 ± 111	98	2751 ± 236	2177 ± 128	79
Mg	668 ± 23	360 ± 29	54	582 ± 22	329 ± 16	56

Média ± desvio padrão

Os limites de quantificação do método foram de 0,130; 0,918; 0,981 e 0,101 mg kg⁻¹ para Ba, Fe, K e Mg, respectivamente.

O Ba ficou abaixo do LQ em todas as amostras, as maiores concentrações bioacessíveis de Fe, K e Mg foram nas amostras de hambúrguer cozido.

A diferença de concentração bioacessível entre as amostras cruas e cozidas se deve pelo tratamento térmico, o que pode estar associado a perda de água durante o processo, como pode ser observado na Tabela 2. Onde as amostras cozidas apresentam menor teor de umidade que as amostras cruas.

Tabela 2 – Umidade das amostras cruas e cozidas.

Amostra	Umidade amostra crua (%)	Umidade amostra cozida (%)
Hamburguer	61,07 ± 0,44 (0,7)	46,42 ± 1,58 (3,39)
Empanado	45,55 ± 0,29 (0,6)	39,95 ± 0,18 (0,45)
Quibe	59,31 ± 2,18 (3,7)	50,83 ± 1,05 (2,1)
Média ± desvio padrão (RSD)		

A ingestão diária recomendada (IDR) para adultos (homens e mulheres) é de 7,1 e 10,5 mg para Fe, 79 e 348 mg para Mg, e K 2000 e 4700 mg/dia, já para o Ba é de 0,14 mg/massa corpórea para, respectivamente. Assim, para que pudéssemos correlacionar a concentração obtida para os analitos com a ingestão diária recomendada, levamos em consideração a recomendação do Ministério da Saúde para o consumo de carne por pessoa, que é de 100 g por dia (ANVISA, 2005). Dessa forma, comparando os valores de ingestão diária com os valores da concentração total e com os valores da fração bioacessível (Tabela 1), podemos observar que os valores de K possui as maiores concentrações para ambos e está dentro da IDR, para o Fe apresentaram valores bem altos em relação aos recomendados e para Mg está próximo ao recomendado.

4. CONCLUSÕES

Através dos estudos de bioacessibilidade foi possível constatar que ocorre a liberação dos elementos presentes na matriz da amostra para o trato gastrointestinal. O método utilizado se mostrou eficiente para a determinação de Ba, Fe, K e Mg em amostras de carne vegetal, uma vez que, apresentou boa exatidão através da soma e balanço de massas das concentrações bioacessíveis e das não bioacessíveis, comprovando a autenticidade dos resultados. Com isso, a carne vegetal é considerada uma excelente fonte de elementos essenciais, sendo necessária outras fontes de alimentos para suprir as necessidades diárias dos elementos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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.
- ISHAQ, A.; IRFAN S.; SAMEEN A.; KHALID N. Plant-based meat analogs: A review with reference to formulation and gastrointestinal fate. *Current Research in Food Science*, v. 5, p. 973-983, 2022.
- KRUG, F. J.; **Métodos de Preparo de Amostras: Fundamentos sobre preparo de amostras orgânicas e inorgânicas para análise elementar.** 1^a ed., Piracicaba, 2010, 340 p.
- MINEKUS, M.; ALMINGER, M.; ALVITO, P.; BALLANCE, S.; BOHN, T.; BOURLIE, C.; CARRRIÈRE, F.; BOUTROU, R.; CORREDIG, M.; DUPONT, D.; DUFOUR, C.; EGGER, L.; GOLDING, M.; KARAKAYA, S.; KIRKHUS, B.; LE FEUNTEUN, S.;

LESMES, U.; MARCIERZANKA, A.; MACKIE, A.; MARZE, S.; MCCLEMENTS, D. J.; MÉNARD, O.; RECIO, I.; SANTOS, C. N.; SINGH, R. P.; VEGARUD, G. E.; WICKHAM, M. S. J.; WEITSCHIES, W.; BRODKORB, A.; A standardized static in vitro digestion method suitable for food – an international consensus. *Food Function*, v. 5, p. 1113-1124, 2014.

NÓBREGA, P. S. **Análise do comportamento do consumidor de carne bovina frente a carnes vegetais.** Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade de Brasília, 2021.

RODRIGUEZ-ESTRADA, M.T; PENAZZI, G.; CABONI, M. F.; BERTACCO, G.; LERCKER, G. Effect of Different Cooking Methods on Some Lipid and Protein Components of Hamburgers, v.3, p. 365-375, 1997.

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.