

## DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO TOTAL E BIOACESSÍVEL DE Al, Fe, Mg e Zn EM SALSICHAS POR MIP OES

NICOLLE LIMA BANDEIRA<sup>1</sup>; JÉSSICA DA ROSA PORTO<sup>2</sup>, YASMIN RIBEIRO BLOEDORN<sup>3</sup>, DAISA HAKBART BONEMANN<sup>4</sup>; CHARLIE GUIMARÃES GOMES<sup>5</sup>, ANDERSON SHWINGEL RIBEIRO<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas – [niicolle.lima97@gmail.com](mailto:niicolle.lima97@gmail.com)

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pelotas, PPGQ – [jporto8.jp@gmail.com](mailto:jporto8.jp@gmail.com)

<sup>3</sup>Universidade Federal de Pelotas, PPGQ – [yasminbloedorn@gmail.com](mailto:yasminbloedorn@gmail.com)

<sup>4</sup>Universidade Federal de Pelotas, PPGQ – [daisa\\_bonemann@yahoo.com.br](mailto:daisa_bonemann@yahoo.com.br)

<sup>5</sup>Universidade Federal de Pelotas, PPGQ – [charlieggomesii@gmail.com](mailto:charlieggomesii@gmail.com)

<sup>6</sup>Universidade Federal de Pelotas, PPGQ – [andersonsch@hotmail.com](mailto:andersonsch@hotmail.com)

### 1. INTRODUÇÃO

Como fontes de proteínas, gorduras, minerais e vitaminas, as carnes fazem parte da alimentação humana e são definidas como tecidos que recobrem o esqueleto de um animal, mas podem, também serem descritas como qualquer tecido comestível de origem animal. Muito utilizadas na produção de embutidos, as carnes passam por processos de secagem, defumação ou cocção, variando com o produto desejado. Alguns embutidos que podem ser citados são as salsichas, mortadelas, bacons, presuntos, salames e linguiças. Durante o processo, são adicionados sal, corantes, açúcar, temperos ou condimentos artificiais, nitratos e nitritos com o objetivo de manter a coloração vermelha, conservantes, emulsificantes e estabilizantes. Vale-se ressaltar que muitos embutidos são compostos por partes de carne animal que possuem pouco valor nutricional. (PHILLIPPI, 2019).

Os processos realizados nas carnes objetivam facilitar seu estoque e aumentar seu tempo de vida, além de manter seu sabor e cor. Os embutidos eram originalmente usados como substitutos para carne, em períodos em que ela não estava disponível fresca. Atualmente são muito consumidos por sua praticidade e por possui um valor comercial mais acessível quando comparado com a carne animal *in natura* (ROHRMANN, 2015).

Devido ao alto consumo de embutidos pela população, faz-se necessário o estudo dos constituintes desses alimentos, entre eles a composição mineral, uma vez que trazem benefícios e malefícios dependendo do tipo e da quantidade bioacessível. Dessa forma, a escolha de um método de preparo de amostras compatível com a matriz rica em gorduras e proteínas é extremamente importante, uma vez que a matéria orgânica precisa ser digerida de forma eficiente para os metais serem determinados em equipamentos de análise instrumental. Com isso, o método de digestão por via úmida utilizando o bloco digestor acoplado ao um sistema de refluxo é adequado, uma vez que amostra é digerida com o auxílio de um ácido oxidante, na presença de aquecimento, evitando perdas de elementos voláteis e vapor ácido (ORESTES, 2013).

Não somente determinar a concentração total dos metais nos alimentos embutidos é importante, como também avaliar a fração biodisponível e não biodisponível dos mesmos, tendo em vista a ocorrência de variações entre os elementos determinados. O processo para a obtenção dessas frações consiste em uma simulação *in vitro* do sistema gastrointestinal humano, para poder compreender quais quantidades dos elementos são absorvidas e quais são excretadas. Basicamente, o processo simula as três etapas da digestão que começa na boca, passando pelo estômago e intestino, utilizando enzimas

digestivas, sais e substâncias para regulação do pH em cada procedimento (MINEKUS et al., 2014).

Já para a quantificação da concentração dos metais, algumas técnicas analíticas são utilizadas. Dentre elas, a Espectrometria de Emissão Óptica com Plasma Induzido por Micro-ondas (MIP OES) é uma excelente opção para determinar elementos devido sua sensibilidade e baixo custo operacional. Isso deve-se ao fato de o plasma utilizado ser gerado a partir do nitrogênio, no qual é capturado da atmosfera através de um gerador de N<sub>2</sub> conectado a um compressor de ar, o que resulta em uma redução significativa nos custos operacionais quando comparado a outras técnicas como a Espectrometria de Emissão Óptica com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP OES) que utiliza argônio para geração do plasma (BONEMANN et al., 2021).

Diante do exposto, o presente trabalho objetivou determinar a concentração total e a fração bioacessível de Al, Fe, Mg e Zn em amostras de salsicha adquiridas na cidade de Pelotas por MIP OES.

## 2. METODOLOGIA

As amostras de salsicha foram adquiridas em diferentes mercados do município de Pelotas/RS. Primeiramente, foram moídas com o auxílio de um mixer (Philips Walita), colocadas em frascos de polipropileno (PP) e armazenadas em freezer até o momento das análises. Para a determinação da concentração total, foram pesadas 1 g de amostra diretamente nos tubos de decomposição e logo em seguida foram adicionados 5,0 mL de HNO<sub>3</sub>. Logo após, acoplou-se os tubos ao sistema de refluxo e o sistema foi colocado no bloco digestor a temperatura de 140 °C por 187 min. Ao final do processo, as soluções foram retiradas do bloco para resfriamento até temperatura ambiente. Então, foram adicionados 1,8 mL de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> nos tubos, os quais foram retornados ao sistema de decomposição por mais 1 h na mesma temperatura. Após isso, as amostras foram avolumadas a 20 mL com água desionizada, filtradas em filtros e diluídas para posteriormente serem analisadas.

Para determinação da fração bioacessível, utilizou-se o método da digestão *in vitro* que é consistido em 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 salsicha diretamente em frascos de PP. Na primeira etapa, para simular o início da digestão que ocorre na boca, foram adicionados 4,0 mL de saliva sintética e 1,0 mL de CaCl<sub>2</sub> 7,5 mM diretamente nos tubos de PP. O ajuste do pH da mistura para 7,0 foi realizado com adição NaOH 1,0 mol L<sup>-1</sup> e a mistura foi levada ao banho Dubnoff por 10 min a 37°C. Na segunda etapa, foram adicionados 9,1 mL de suco gástrico, 700 µL de CaCl<sub>2</sub> 2,0 mM e o pH foi ajustado para 3,0 com adição de HCl 1,0 mol L<sup>-1</sup>. Em seguida, os frascos foram levados novamente ao banho Dubnoff por 2h a 37°C. Por fim, a última etapa que simula a digestão no intestino, consistiu na adição de 18,5 mL de suco intestinal, 1,35 mL de CaCl<sub>2</sub> 9 mM e ajustou-se o pH para 7 adicionando NaOH 1,0 mol L<sup>-1</sup>. Logo após, a mistura foi mantida em banho Dubnoff por 2h a 37°C. Ao final de todo o processo, as amostras foram centrifugadas por 10 min a 10.000 rpm para separar a fração bioacessível (sobrenadante) da fração não bioacessível (sólido). A fração bioacessível foi filtrada para posteriormente ser analisada, já a não bioacessível (fração sólida) foi submetida ao processo de decomposição ácida com sistema de refluxo acoplado utilizando a metodologia mencionada anteriormente para também poder ser determinada.

Todo procedimento foi realizado em triplicata e os brancos analíticos foram preparados empregando as mesmas condições dos experimentos das amostras.

As concentrações totais, fração bioacessível e não bioacessível foram determinadas por MIP OES. A exatidão do método da bioacessibilidade foi avaliada através do estudo de balanço de massas.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a finalização do método da bioacessibilidade, foi possível separar a fração bioacessível e a não bioacessível. Como mencionado anteriormente, a fração bioacessível filtrada foi determinada e a não bioacessível foi digerida para também poder ser determinada posteriormente para realização dos cálculos. A soma de ambas as frações, a bioacessível e a não bioacessível tiveram resultados de recuperação entre 106 e 117% para o Al, 104 a 108% para o Fe, 105 a 112% para o Mg e 82 a 113% para o Zn, dentro da faixa permitida pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO 2020), evidenciando a exatidão do método.

**Tabela 1.** Resultados da concentração total (CT), concentração bioacessível (CB) e fração bioacessível (FB) nas amostras de salsicha. Valores em mg/kg. Concentração expressa em média  $\pm$  desvio-padrão.

| SALSICHA A |                    |                    |     |
|------------|--------------------|--------------------|-----|
| Analito    | CT                 | CB                 | %FB |
| Al         | 5,43 $\pm$ 0,75    | 1,19 $\pm$ 0,001   | 22  |
| Fe         | 12,27 $\pm$ 0,45   | 6,83 $\pm$ 0,38    | 56  |
| Mg         | 174,47 $\pm$ 3,77  | 100,41 $\pm$ 5,67  | 58  |
| Zn         | 15,98 $\pm$ 1,38   | 2,98 $\pm$ 0,004   | 19  |
| SALSICHA B |                    |                    |     |
| Al         | 4,62 $\pm$ 1,31    | 0,54 $\pm$ 0,04    | 12  |
| Fe         | 21,63 $\pm$ 1,31   | 9,51 $\pm$ 0,11    | 44  |
| Mg         | 177,69 $\pm$ 36,34 | 91,34 $\pm$ 2,03   | 51  |
| Zn         | 15,21 $\pm$ 1,24   | 2,38 $\pm$ 0,02    | 16  |
| SALSICHA C |                    |                    |     |
| Al         | 3,94 $\pm$ 0,05    | 0,33 $\pm$ 0,13    | 8   |
| Fe         | 17,20 $\pm$ 1,36   | 8,31 $\pm$ 0,61    | 48  |
| Mg         | 164,67 $\pm$ 5,48  | 169,64 $\pm$ 30,81 | 101 |
| Zn         | 11,86 $\pm$ 0,07   | 4,44 $\pm$ 0,39    | 37  |

A partir da Tabela 1, pôde-se observar que as amostras de salsicha A e B apresentaram concentrações totais de Zn próximas, assim como as frações bioacessíveis que variaram entre 16 e 19%, indicando uma baixa biodisponibilidade desse metal no organismo. Já na amostra C, a fração biodisponível do Zn resultou em 37%, quase o dobro das outras amostras, mesmo possuindo menor concentração total. As três amostras apresentaram concentrações totais de Fe próximas, sendo a concentração total da amostra A foi de 12,27 mg/kg, e de 21,63 mg/kg para a B e de 17,20 mg/kg para a C. Já as frações bioacessíveis desse elemento nas amostras foram relativamente altas, indicando uma maior disponibilidade deste metal para o organismo. Entretanto, a amostra B que possuiu maior concentração total de Fe (21,63 mg/kg), resultou em uma menor fração bioacessível (44%).

A amostra A apresentou a maior concentração total de Al (5,43 mg/kg) e maior fração bioacessível (22%), seguido da amostra B e C. Contudo, nas três

amostras o Al foi encontrado em pequenas quantidades, possuindo também baixa biodisponibilidade, o que é relevante considerando que o excesso do metal no sangue pode acarretar problemas neurológicos. Por outro lado, as amostras A, B e C apresentaram uma grande quantidade de magnésio na sua composição, cerca de 164,67, 174,47 e 177,69 mg/kg respectivamente, como também resultaram em uma maior liberação do metal no organismo. A amostra C apresentou maior biodisponibilidade de Mg (101%), seguido da amostra A (58%) e B (51%). Considerando que a ingestão diária recomendada (IDR) para Al é no máximo de 2 mg/peso corporal, para adultos homens e mulheres é 7,1 e 10,5 mg para Fe, 79 e 348 mg para Mg e 3,0 a 9,0 mg para Zn, a ingestão diária de 100 g (aproximadamente duas unidades de salsicha) não apresenta riscos em relação a ingestão dos metais determinados.

#### 4. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos pôde-se concluir que o método utilizado apresentou uma boa exatidão na determinação da fração bioacessível de Al, Fe, Mg e Zn em amostras de salsicha. O parâmetro de exatidão pôde ser avaliado utilizando a soma e balanço de massas das concentrações bioacessíveis e das não bioacessíveis, resultando em recuperações que variaram de 82 a 117%, dependendo do metal determinado.

#### 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.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA (INMETRO). Coordenação Geral de Acreditação. DOQ-CGCRE-008. **ORIENTAÇÃO SOBRE VALIDAÇÃO DE MÉTODOS ANALÍTICOS**: Documento de caráter informativo, [S. l.], JUN 2020.

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.

ORESTE, E. Q.; JESUS, A., OLIVEIRA, R. M., SILVA, M. M., VIEIRA, M. A., RIBEIRO, A. S. New design of cold finger for sample preparation in open system: Determination of Hg in biological samples by CV-AAS. **Microchemical Journal**, v. 109, p. 5-9, 2013.

PHILLIPPI, Sonia T. **Nutrição e técnica dietética**. Barueri, São Paulo: Editora Manole, 2019. *E-book*. ISBN 9788520454312. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788520454312/>. Acessado em 30 agosto de 2023.

ROHRMANN, Sabine. **Processed meat: The real villain?** Proceedings of the Nutrition Society, Publicada online por Cambridge University Press, 75, 4, p. 233–241, Abril, 2016.