

## RESSALVA

Atendendo solicitação do autor, o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 06/05/2023.



João Marcos dos Santos

**EFEITO DA ADIÇÃO DE FIBRAS ALIMENTARES EM PRODUTO  
CÁRNEO FERMENTADO COM TEOR REDUZIDO DE GORDURA E  
SAL SOBRE AS PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS E SENSORIAIS**

João Marcos dos Santos

EFEITO DA ADIÇÃO DE FIBRAS ALIMENTARES EM PRODUTO  
CÁRNEO FERMENTADO COM TEOR REDUZIDO DE GORDURA E SAL  
SOBRE AS PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS E SENSORIAIS

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia e Ciências de Alimentos, junto ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciências de Alimentos, do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de São José do Rio Preto.

Financiadora: Capes-DS

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Andrea Carla da Silva Barretto

Coorientadora: Dr<sup>a</sup>. Camila Vespúcio Bis Souza

São José do Rio Preto  
2021

S237e

Santos, João Marcos dos

EFEITO DA ADIÇÃO DE FIBRAS ALIMENTARES EM PRODUTO CÁRNEO  
FERMENTADO COM TEOR REDUZIDO DE GORDURA E SAL SOBRE AS  
PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS E SENSORIAIS / João Marcos dos Santos. --  
São José do Rio Preto, 2021

76 p. : tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de  
Biociências Letras e Ciências Exatas, São José do Rio Preto

Orientador: Andrea Carla da Silva Barretto

Coorientador: Camila Vespúcio Bis-Souza

1. Celulose Microcristalina. 2. Bactérias Ácido Láticas. 3. Fibra de Aveia. 4.  
Embutido Fermentado. 5. Amido Resistente. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Biociências Letras e Ciências Exatas,  
São José do Rio Preto. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

João Marcos dos Santos

EFEITO DA ADIÇÃO DE FIBRAS ALIMENTARES EM PRODUTO  
CÁRNEO FERMENTADO COM TEOR REDUZIDO DE GORDURA E SAL  
SOBRE AS PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS E SENSORIAIS

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia e Ciências de Alimentos, junto ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciências de Alimentos, do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de São José do Rio Preto.

Financiadora: Capes-DS

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Andrea Carla da Silva Barretto  
UNESP – Campus de São José do Rio Preto  
Orientadora

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ana Carolina Conti e Silva  
UNESP – Campus de São José do Rio Preto

Prof. Dr. Tiago Luís Barretto  
IFSP – Campus de Barretos

São José do Rio Preto  
06 de maio de 2021

*Dedico este trabalho à minha família:*

*A minha mãe Antônia, por todo o apoio, dedicação, carinho que me deu e por todo o suporte necessário que me motivou na realização deste trabalho;*

*Meu pai José, que me ensinou que o trabalho e os esforços são grandes virtudes de um homem que luta por um dia melhor;*

*Ao meu irmão Evandro, que me deu suporte aconselhando para que eu sempre pudesse realizar minhas tarefas com garra e excelência;*

*A minha cunhada que sempre dobrou seu joelho quando precisei, por seu apoio incondicional e por me dar lindos sobrinhos que amo, Eduarda e Enrico;*

*Aos meus sobrinhos Eduarda e Enrico, que me deram grandes alegrias, revigorando minhas energias para que eu pudesse seguir em frente;*

*A minha namorada Amanda pelo companheirismo e por estar ao meu lado.*

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus, por me direcionar ao caminho que sigo hoje, por seu amor incondicional, força e por suas graças derramadas;

A minha orientadora, Profa. Dra. Andrea, que me proporcionou a oportunidade de aprender muito durante esta caminhada, por seus ensinamentos, sua motivação, seus puxões de orelha quando necessário, por me direcionar no que é correto por toda amizade e confiança;

A minha coorientadora, Dra. Camila, por todos os ensinamentos, paciência e direcionamentos que me fizeram ver que o trabalho árduo além de trazer bons frutos pode contribuir para o crescimento profissional e pessoal;

Aos meus pais, por toda força, carinho, compreensão e garra que me motivaram a levantar todos os dias e seguir adiante;

Ao meu irmão Evandro, por todos os conselhos que me ajudaram a perceber que tudo é possível quando se confia em si;

A minha cunhada Elizabete, por toda força, fé, esperança e conforto emocional que me ajudaram a trilhar esta jornada;

Aos meus sobrinhos Eduarda e Enrico, que sempre me trouxeram grandes alegrias;

Aos meus colegas de laboratório Elisa, Márcio, Eduardo, Carlos, Maria Fernanda, Larissa, Rodrigo e Gilmar, por toda amizade, apoio, risadas e ensinamentos que me ajudaram durante este período;

As alunas de iniciação científica do laboratório de Carnes, Peixes e Derivados Júlia, Isabela, Jéssica e Luise, por toda confiança e auxílio;

Aos meus amigos Marcello, Yara, Mariana Garcia, Tuany, Raísa, Daiane e Maria Júlia, que sempre me deram força, conselhos e que, tanto nos momentos de angústia e fraqueza como nos bons momentos que juntos passamos, estiveram ao meu lado, o meu sincero muito obrigado;

Aos técnicos Luiz, Alana e Tânia, que sempre se dispuseram a ajudar quando necessário, por repassarem às experiências e o cuidado desde o café até o apoio e carinho com todos os alunos;

E por fim, aos docentes e demais funcionários do Departamento de Engenharia e Ciência de Alimentos da Unesp de São José do Rio Preto/SP, por todo carinho, compreensão, confiança e ajuda durante estes dois anos.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 88887.482605/2020-00, à qual agradeço.

*“Eu acredito que às vezes são as pessoas que ninguém espera nada que fazem as coisas que ninguém consegue imaginar”.*

Alan Turing (1935)

## RESUMO

Produtos cárneos fermentados podem ter seu consumo reduzido devido a quantidade de gordura e sódio em sua composição, pois estes são associados com à incidência de doenças cardíacas, hipertensão e alguns tipos de cânceres. Sob esse aspecto, a reformulação destes produtos visando a redução de gordura através a incorporação de fibras alimentares e o uso de cloreto de potássio no auxílio à redução de sódio tem se mostrado uma estratégia eficiente e promissora para o mercado consumidor. O objetivo do presente estudo foi avaliar a influência de três diferentes fibras alimentares (celulose microcristalina, amido resistente e fibra de aveia no nível de 2% de incorporação) sobre os aspectos físico-químicos, tecnológicos e sensoriais de um embutido cárneo fermentado com redução de 25% de sódio e 25% de gordura através do design de misturas. Os modelos obtidos foram avaliados com base nas características físico-químicas (composição centesimal, atividade de água, pH, textura instrumental e TBARS) e microbiológicas (bactérias ácido lácticas) e análise sensorial (teste de aceitação). Os resultados mostraram que a celulose microcristalina favoreceu o crescimento de bactérias ácido lácticas e a fibra de aveia e celulose microcristalina juntas demonstraram capacidade antioxidante, no entanto, apresentaram um aumento nos valores de dureza e uma redução nos valores de contagem de bactérias produtoras de ácido láctico. As fibras alimentares reduziram a atividade de água e a fibra de aveia na adição de 2% reduziu o valor de pH. As fibras alimentares não afetaram a aceitação sensorial do produto final. Desta forma, o estudo demonstrou que a celulose microcristalina, amido resistente e fibra de aveia no nível de adição de 2%, juntamente com a adição de cloreto de potássio, colaboraram para o desenvolvimento de um produto cárneo fermentado com teores reduzidos de gordura e sódio.

**Palavras-chave:** Celulose microcristalina. Bactérias ácido lácticas. Fibra de aveia. Embutido fermentado. Amido resistente.

## ABSTRACT

Fermented meat products can have their consumption reduced due to the amount of fat and sodium present in its composition, because these are associated with the incidence of heart disease, hypertension and some types of cancers. In this regard, the reformulation of these products aiming at the reduction of fat through the incorporation of dietary fibers and the use of potassium chloride to aid in the reduction of sodium has been shown to be an efficient and promising strategy for the consumer market. The aim of this study was to evaluate the influence of three different dietary fibers (microcrystalline cellulose, resistant starch and oat fiber at the level of 2% of incorporation) on the physical-chemical, technological and sensory aspects of a fermented meat sausage with a reduction of 25% sodium and 25% fat through the design of mixtures. The models obtained were evaluated based on the physical-chemical characteristics (centesimal composition, water activity, pH, instrumental texture and TBARS), microbiological (lactic acid bacteria) and sensory analysis (acceptance test). The results showed that microcrystalline cellulose favored the growth of lactic acid bacteria while fiber of oats and microcrystalline cellulose together demonstrated antioxidant capacity. However, they increased hardness values and reduced the counting of lactic acid-producing bacteria. The dietary fibers reduced water activity and the oat fiber added by 2% reduced the pH value. Dietary fibers did not affect the sensory acceptance of the final product. Thus, the study demonstrated that microcrystalline cellulose, resistant starch and oat fiber added by 2%, together with the addition of potassium chloride, contributed to the development of a fermented meat product with reduced fat and sodium contents.

**Keywords:** Microcrystalline cellulose. Acid lactic bacteria. Oat fiber. Fermented sausage. Resistant starch.

## LISTA DE TABELAS

|                                                                                                                                                                                                                                               |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Table 1</b> – Simplex-centroid mixture design matrix to reduced fat- reduced salt fermented sausage.....                                                                                                                                   | 46 |
| <b>Table 2</b> – Chemical composition, pH and weight loss of reduced fat- reduced salt fermented sausage after ripening time.....                                                                                                             | 51 |
| <b>Table 3</b> – Regression models to experimental data in mixtures design for technological properties, active water, lactic acid bacterial, textural parameters and TBARS values count in reduced fat- reduced salt fermented sausage. .... | 56 |
| <b>Table 4</b> – Sensory acceptance in reduced fat- reduced salt fermented sausage.....                                                                                                                                                       | 60 |
| <b>Supplementary table 1</b> – Supplementary data of water activity, LAB, hardness, chewiness and TBARS values of reduced fat – reduced salt fermented sausage (average). ....                                                                | 63 |

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                                                                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figure 1</b> – Lightness (A), Redness (B) and Yellowness (C) parameter color of reduced fat- reduced salt fermented sausages after ripening time. . ....                                                                  | 53 |
| <b>Figure 2</b> – Contour plots of Water activity (A), Lactic acid bacteria (B), Hardness (C), Chewiness (D), TBARS values (E) showing the effect of dietary fibers used in reduced fat- reduced salt fermented sausage..... | 55 |

## Sumário

|                                                                                                                                                                                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>1. INTRODUÇÃO GERAL</b> .....                                                                                                                                                       | 12 |
| <b>2. OBJETIVOS</b> .....                                                                                                                                                              | 14 |
| <b>2.1. OBJETIVO GERAL</b> .....                                                                                                                                                       | 14 |
| <b>2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> .....                                                                                                                                                | 14 |
| <b>3. REFERÊNCIAS</b> .....                                                                                                                                                            | 14 |
| <b>4. CAPÍTULO I – USO DE FIBRAS ALIMENTARES NA REFORMULAÇÃO DE PRODUTOS CÁRNEOS FERMENTADOS REDUZIDO DE GORDURA E SAL</b> .....                                                       | 17 |
| 1. INTRODUÇÃO .....                                                                                                                                                                    | 19 |
| 2. REFORMULAÇÃO DE PRODUTOS CÁRNEOS FERMENTADOS .....                                                                                                                                  | 21 |
| 3. REDUÇÃO DE SÓDIO .....                                                                                                                                                              | 22 |
| 4. REDUÇÃO DE GORDURA .....                                                                                                                                                            | 24 |
| 5. FIBRAS ALIMENTARES COMO INGREDIENTE EM PRODUTOS CÁRNEOS FERMENTADOS .....                                                                                                           | 24 |
| 6. APLICAÇÃO DE FIBRA DE AVEIA, AMIDO RESISTENTE E CELULOSE MICROCRISTALINA EM PRODUTOS CÁRNEOS .....                                                                                  | 28 |
| 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....                                                                                                                                                          | 32 |
| 8. REFERÊNCIAS .....                                                                                                                                                                   | 32 |
| <b>5. CAPÍTULO II – PERFORMANCE OF REDUCED FAT-REDUCED SALT FERMENTED SAUSAGE WITH ADDED MICROCRYSTALLINE CELLULOSE, RESISTANT STARCH AND OAT FIBER USING THE SIMPLEX DESIGN</b> ..... | 40 |
| 1. INTRODUCTION .....                                                                                                                                                                  | 42 |
| 2. MATERIAL AND METHODS .....                                                                                                                                                          | 45 |
| 2.1. <i>Material</i> .....                                                                                                                                                             | 45 |
| 2.2. <i>Experimental design: simplex-centroid mixture design</i> .....                                                                                                                 | 45 |
| 2.3. <i>Manufacture of fermented sausage</i> .....                                                                                                                                     | 46 |
| 2.4. <i>Proximate composition and weight loss of reduced fat – reduced salt fermented sausage</i> .....                                                                                | 47 |
| 2.5. <i>Color parameters determination</i> .....                                                                                                                                       | 47 |
| 2.6. <i>pH and water activity</i> .....                                                                                                                                                | 47 |
| 2.7. <i>Texture profile analysis</i> .....                                                                                                                                             | 48 |
| 2.8. <i>Microbiological analysis</i> .....                                                                                                                                             | 48 |
| 2.9. <i>TBARS value</i> .....                                                                                                                                                          | 48 |
| 2.10. <i>Sensorial evaluation</i> .....                                                                                                                                                | 48 |
| 2.11. <i>Statistical Analysis</i> .....                                                                                                                                                | 49 |
| 3. RESULTS AND DISCUSSION .....                                                                                                                                                        | 50 |
| 3.1. <i>Proximate composition</i> .....                                                                                                                                                | 50 |

|                                                                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.2. <i>pH values and weight loss</i> .....                                                                               | 52 |
| 3.3. <i>Color parameters</i> .....                                                                                        | 52 |
| 3.4. <i>Water activity</i> .....                                                                                          | 54 |
| 3.5. <i>Texture profile analysis</i> .....                                                                                | 57 |
| 3.6. <i>Microbiological analysis</i> .....                                                                                | 57 |
| 3.7. <i>Results for lactic acid bacteria</i> .....                                                                        | 58 |
| 3.8. <i>Lipid oxidation</i> .....                                                                                         | 58 |
| 3.9. <i>Sensory acceptance</i> .....                                                                                      | 59 |
| <b>4. CONCLUSION</b> .....                                                                                                | 62 |
| <b>5. REFERENCES</b> .....                                                                                                | 64 |
| <b>6. CONCLUSÃO GERAL</b> .....                                                                                           | 70 |
| <b>APÊNDICE A – Modelo de ficha utilizado no capítulo II para o teste de aceitação sensorial</b> .....                    | 71 |
| <b>ANEXO A – Direitos de uso de artigo em dissertação</b> .....                                                           | 72 |
| <b>ANEXO B – Parecer consubstanciado do Comitê de Ética em Pesquisa do Ibilce – Unesp – nº25066919.2.0000.5466.</b> ..... | 73 |

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

O consumo de alguns produtos cárneos industrializados tem sido associado a possíveis riscos à saúde. A causa se deve a alta concentração de ingredientes com alto teor de sódio, alto teor de gordura, os quais podem estar presentes nestes produtos. Doenças crônicas não transmissíveis como hipertensão, obesidade, colesterol e alguns tipos de câncer têm sido associada ao consumo de elevado conteúdo de gordura e sal presentes nestes produtos (ABURTO et al, 2013; DECKER, & PARK, 2010).

A busca por hábitos de vida mais saudáveis e o consumo de alimentos que possam, além de nutrir, promover atributos sensoriais e aspectos funcionais ao consumidor, é desejado. No entanto, há algumas dificuldades em reduzir gordura e sal em produtos cárneos, dada a importância que esses ingredientes influenciam no produto final, como aspectos sensoriais, físico-químicos e microbiológicos (JIMÉNEZ-COLMENERO, CARBALLO, & COFRADES, 2001; OLMEDILLA-ALONSO, JIMÉNEZ-COLMENERO, & SÁNCHEZ-MUNIZ, 2013).

Em produtos cárneos a redução de gordura de origem animal é desejada. No entanto, a gordura emprega importantes propriedades sensoriais, como promover sabor e aroma característico, além disso outros aspectos físico-químicos como o perfil de textura e suculência são propriedades determinantes (BARBUT, 2011; KAUR, & SHARMA, 2019). O cloreto de sódio pode estar presente em quantidades elevada em algumas formulações de produtos cárneos, tornando desafiante a sua redução, pois dependendo do teor a ser reduzido, pode impactar em parâmetros tecnológicos, sensoriais e microbiológicos, como capacidade de retenção de água, solubilização de proteínas miofibrilares e na atuação como agente antimicrobiano (CHEN et al., 2019; PINTON et al., 2020).

Dentre diversos produtos cárneos, o salame é um produto muito apreciado e de alto valor agregado. Este embutido pode conter elevado conteúdo de gordura, que segundo a legislação brasileira não deve exceder o nível de 32% (BRASIL, 2000). O sódio também pode estar presente em elevada concentração em formulações de embutidos fermentados (MORA-GALLEGO et al., 2014). Portanto, faz-se necessária a redução destes ingredientes que são indesejáveis em níveis elevados, para não haver consumo restritivo pelos consumidores. Para isso, ingredientes que possam colaborar com

a redução do conteúdo de gordura e sódio vêm sendo amplamente estudados em produtos cárneos (BIS-SOUZA et al., 2019; YACKINOUS, & GUINARD, 2000).

A busca pela redução do teor de cloreto de sódio em produtos cárneos está sendo conduzida. A incorporação de outros tipos de cloretos, como os cloretos de potássio (KCl), de magnésio (MgCl) e de cálcio (CaCl) tem sido amplamente estudada com bons resultados (LORENZO et al., 2015; INGULGIA et al., 2019; WILAILUX et al., 2019). Dentre eles, o KCl se destaca pela similaridade química, cátions monovalentes e força iônica semelhante ao cloreto de sódio (ZHENG et al., 2019).

Diante disso, diversos estudos estão sendo conduzidos, utilizando diferentes ingredientes que propiciam características importantes para a redução de gordura, bem como a incorporação de fibras alimentares, como fibra de aveia, frutooligossacarídeo,  $\alpha$ -ciclodextrina, inulina, amido resistente, celulose microcristalina e carboximetil celulose (BARRETTO, PACHECO, & POLLONIO, 2015; BIS-SOUZA, HENCK, & BARRETTO, 2018; GARCIA-SANTOS et al., 2019; SHUH et al., 2013).

A incorporação das fibras alimentares em produtos cárneos é devida às suas propriedades fisiológicas e tecnológicas, como agente espessante, emulsificante, capacidade de formação de gel e por ter baixo valor calórico (NSOR-ATINDANA et al., 2017; SHUH et al., 2013). As fibras são classificadas por dois grupos, solúveis e insolúveis, caracterizadas por solubilização em água, além disso, tem-se as hidrocoloides, que promovem a capacidade de formação de uma rede de gel, com isso desempenham papel no perfil de textura, capacidade de retenção de água, sensação de cremosidade na boca (CIUDAD-MULERO et al., 2019; FERNÁNDEZ-GINÉZ et al., 2004; LI & NIE, 2016).

Diante disso, estudos que objetivam reformular produtos cárneos pela incorporação de ingredientes que possam contribuir com o potencial de propiciar maior saudabilidade são desejados pelos consumidores (DECKER, & PARK, 2010; OLMEDILLA-ALONSO, JIMÉNEZ-COLMENERO, & SÁNCHEZ-MUNIZ, 2013), como a melhora em aspectos tecnológicos e fisiológicos pela incorporação de fibras alimentares e redução de sódio.

## ACKNOWLEDGMENTS

The authors would like to thank the National Council for the Improvement of Higher Education (CAPES - *Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior*) for their financial support. Andrea Carla da Silva Barretto is member of the HealthyMeat network, funded by CYTED (ref. 119RT0568).

## 5. REFERENCES

- Afshari, R., Hosseini, H., Khaksar, R., Mohammadifar, M. A., Amiri, Z. (2015). Investigation of the Effects of Inulin and  $\beta$ -glucan on the Physical and Sensory Properties of Low-Fat Beef Burgers Containing Vegetable Oils: Optimization of Formulation Using D-optimal Mixture Design. *Food Technology and Biotechnology*, 53 (4) 436–445.
- Arihara, K. (2006). Strategies for designing novel functional meat products. *Meat Science*, 74 (1), 219–229.
- Association of official analytical chemists. (2007). Official Methods of Analysis. 18 ed. Horwits, W. (Ed.). Washington, DC, revision 2.
- Barretto, A. C. S., Pacheco, M. T., Pollonio, M. A. R. (2015). Effect of the addition of wheat fiber and partial pork back fat on the chemical composition, texture and sensory property of low-fat bologna sausage containing inulin and oat fiber. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 35, 100-107.
- Barretto, T. L., Pollonio, J., Telis-Romero, J., Barretto, A. C. S. (2018). Improving sensory acceptance and physicochemical properties by ultrasound application to restructured cooked ham with salt (NaCl) reduction. *Meat Science*. 145, 55 – 62.
- Baugreet, S., Kerry, J. P., Allen, P., & Hamill, R. M. (2017). Optimisation of protein-fortified beef patties targeted to the needs of older adults: a mixture design approach. *Meat Science*, 134, 111–118.
- Bedia, M., Méndez, L., & BAÑÓN, S. (2011). Evaluation of different starter cultures (*Staphylococci* plus Lactic Acid Bacteria) in semi-ripened Salami stuffed in swine gut. *Meat Science*, 87 (1) 381-386.
- Ben Slima, S., Trabelsi, I., Ktari, N., Kriaa, M., Abdeslam, A., Herrero, A. M., Ben Salah, R. (2020). Modeling the influence of functional additives in beef sausages using a Box-Benkhen design: Effects on quality characteristics. *Food Bioscience*, 35, 100572.

- Bezerra, M. A., Lemos, V. A., Novaes, C. G., De Jesus, R. M., Filho, H. R. S., Araújo, S. A., & Alves, J. P. S. (2020). Application of mixture design in analytical chemistry. *Microchemical Journal*, 152, 1 – 13.
- Bis-Souza, C. V., Henck, J. M. M., & Barretto, A. C. S. (2018). Performance of low-fat beef burger with added soluble and insoluble dietary fibers. *Food Science and Technology*, v. 38, n. 3, p. 522–529.
- Bis-Souza, C. V., Barba, F. J., Lorenzo, J. M., Penna, A. L. B., Barretto, A. C. S. (2019a) New strategies for the development of innovative fermented meat products: a review regarding the incorporation of probiotics and dietary fibers. *Food Reviews International*. 35, 467-484.
- Bis-Souza, C. V., Ozaki, M. M., Vidal, V. A. S., Pollonio, M. A. R. Penna, A. L. B., Barretto, A. C. S. (2019b). Can dietary fiber improve the technological characteristics and sensory acceptance of low-fat Italian type salami? *Journal of food science and technology-Mysore*, 57, 1003-1012.
- Bis-Souza, C. V., Penna, A. L. B., & da Silva Barretto, A. C. (2020). Applicability of potentially probiotic *Lactobacillus casei* in low-fat Italian type salami with added fructooligosaccharides: in vitro screening and technological evaluation. *Meat Science*, 108186.
- Bligh, E. G., Dyer, W. J. (1959). A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, 37 (8) 911-917.
- Bourne, M. C. (1978). Texture profile analysis. *Food Technology*, 32 (1)62–67.
- Brazil (2001). Ministry of Health. Resolução RDC n.12 de 02 de janeiro de 2001.Regulamento Técnico sobre padrões para alimentos. (Available)[http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/RDC\\_12\\_2001.pdf/15ffddf6-3767-4527-bfac-740a0400829b](http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/RDC_12_2001.pdf/15ffddf6-3767-4527-bfac-740a0400829b)>, Accessed date: 13 July 2019.
- Campagnol, P. C. B., dos Santos, B. A., Wagner, R., Terra, N. N., & Pollonio, M. A. R. (2012). Amorphous cellulose gel as a fat substitute in fermented sausages. *Meat Science*, 90(1), 36–42.
- Ciudad-Mulero, M., Fernández-Ruiz, V., Matallana-González, M. C., & Morales, P. (2019). Dietary fiber sources and human benefits: The case study of cereal and pseudocereals. *Advances in Food and Nutrition Research*, 90, 83–124.
- Choe, J.-H., Kim, H.-Y., Lee, J.-M., Kim, Y.-J., & Kim, C.-J. (2013). Quality of frankfurter-type sausages with added pig skin and wheat fiber mixture as fat replacers. *Meat Science*, 93, (4) 849–854.
- Colmenero, F.J., Ayo, M.J., & Carballo, J. (2005). Physicochemical properties of low sodium frankfurter with added walnut: effect of transglutaminase combined with caseinate, KCl and dietary fibre as salt replacers. *Meat Science*, 69(4), 781-788.
- Da Silva, S. L., Lorenzo, J. M., Machado, J. M., Manfio, M., Cichoski, A. J., Fries, L. L. M., Campagnol, P. C. B. (2020). Application of arginine and histidine to improve the technological and sensory properties of low-fat and low-sodium bologna-type sausages produced with high levels of KCl. *Meat Science*, 107939.

- De Barros, J. M. S., Lechner, T., Charalampopoulos, D., Khutoryanskiy, V. V., & Edwards, A. D. (2015). Enteric coated spheres produced by extrusion/spheronization provide effective gastric protection and efficient release of live therapeutic bacteria. *International Journal of Pharmaceutics*, 493 (1-2), 483–494.
- Delgado-Pando, G., Allen, P., Kerry, J. P., O’Sullivan, M. G., & Hamill, R. M. (2018). Interaction of salt content and processing conditions drives the quality response in streaky rashers. *LWT*, 97, 632–639.
- Delgado-Pando, G., Allen, P., Kerry, J. P., O’Sullivan, M. G., Hamill, R. M. (2019). Optimising the acceptability of reduced-salt ham with flavourings using a mixture design. *Meat Science*, 156, 1 – 10.
- De Lima Alves, L., Stefanello da Silva, M., Martins Flores, D. R., Rodrigues Athayde, D., Roggia Ruviero, A., da Silva Brum, D., Cichoski, A. J. (2018). Effect of ultrasound on the physicochemical and microbiological characteristics of Italian salami. *Food Research International*, 106, 363–373.
- Eim, V. S., Simal, S., Rosselló, C., & Femenia, A. (2008). Effects of addition of carrot dietary fibre on the ripening process of a dry fermented sausage (sobrassada). *Meat Science*, 80 (2) 173–182.
- García, M; Dominguez, R; Galvez, M., Casas, C., & Selgas, M. (2002). Utilization of cereal and fruit fibres in low fat dry fermented sausages. *Meat Science*, 60 (3) 227–236.
- De Garcia-Santos, M. de S. L., Conceição, F. S., Villas Boas, F., Salotti de Souza, B. M., & Barretto, A. C. S. (2019). Effect of the addition of resistant starch in sausage with fat reduction on the physicochemical and sensory properties. *Food Science and Technology*.
- Gibis, M., Schuh, V., & Weiss, J. (2015). Effects of carboxymethyl cellulose (CMC) and microcrystalline cellulose (MCC) as fat replacers on the microstructure and sensory characteristics of fried beef patties. *Food Hydrocolloids*, 45, 236–246.
- Glisic, M., Baltic, M., Glisic, M., Trbovic, D., Jokanovic, M., Parunovic, N., Dimitrijevic, M., Suvajdzic, B., Boskovic, M., & Vasilev, D. (2019). Inulin-based emulsion-filled gel as a fat replacer in prebiotic- and PUFA-enriched dry fermented sausage. *International Journal of Food Science and Technology*, 54, 787-797.
- Greene, B. E., & Cumuze, T. H. (1982). Relationship between TBA numbers and inexperienced panelists’ assessments of oxidized flavor in cooked beef. *Journal of Food Science*, 47, 52–54.
- Ham, Y.K., Hwang, K.E., Kim, H.W., Song, D.H., Kim, Y.J., Choi, Y.S., Kim, C.J. (2015). Effects of fat replacement with a mixture of collagen and dietary fiber on small caliber fermented sausages. *International Journal of Food Science and Technology*, 51, 96-104.
- Han, M., & Bertram, H. C. (2017). Designing healthier comminuted meat products: Effect of dietary fibers on water distribution and texture of a fat-reduced meat model system. *Meat Science*, 133, 159–165.

- Henning, S. S. C., Tshalibe, P., & Hoffman, L. C. (2016). Physico-chemical properties of reduced-fat beef species sausage with pork back fat replaced by pineapple dietary fibres and water. *LWT - Food Science and Technology*, 74, 92–98.
- Hu, H., Pereira, J., Xing, L., Hu, Y., Qiao, C.-L., Zhou, G., & Zhang, W. (2016). Effects of regenerated cellulose emulsion on the quality of emulsified sausage. *LWT - Food Science and Technology*, 70, 315–321.
- Inguglia, E. S., Zhang, Z., Tiwari, B. K., Kerry, J. P., & Burgess, C. M. (2017). Salt reduction strategies in processed meat products – A review. *Trends in Food Science & Technology*, 59, 70–78.
- Ktari, N; Smaoui, S., Trabelsi, I., Nasri, M., & Ben Salah, R. (2014). Chemical composition, techno-functional and sensory properties and effects of three dietary fibers on the quality characteristics of Tunisian beef sausage. *Meat Science*, 96 (1) 521–525.
- Li, J.-M., Nie, S. P. (2016). The functional and nutritional aspects of hydrocolloids in foods. *Food Hydrocolloids*, 53, 46–61.
- Marchetti, L., Argel, N., Andrés, S. C., & Califano, A. N. (2015). Sodium-reduced lean sausages with fish oil optimized by a mixture design approach. *Meat Science*, 104, 67–77.
- Meilgaard, M., Civille, G.V., & Carr, B.T. *Sensory evaluation techniques*. 3ed. CRC, 281 p., 1999.
- Mendes, A. C. G., Rettore, D. M., Ramos, A. de L. S., Cunha, S. de F. V, Oliveira, L. C. de, & Ramos, E. M. (2014). Salames tipo Milano elaborados com fibras de subprodutos da produção de vinho tinto. *Ciência Rural*, 44 (7), 1291–1296.
- Mohebbi, Z., Homayouni, A., Azizi, M. H., & Hosseini, S. J. (2017). Effects of beta-glucan and resistant starch on wheat dough and prebiotic bread properties. *Journal of Food Science and Technology*, 55(1), 101–110.
- Montanari, C., Gatto, V., Torriani, S., Barbieri, F., Bargossi, E., Lanciotti, R., Gardini, F. (2018). Effects of the diameter on physico-chemical, microbiological and volatile profile in dry fermented sausages produced with two different starter cultures. *Food Bioscience*, 22, 9–18.
- Mora-Gallego, H., Guàrdia, M. D., Serra, X., Gou, P., & Arnau, J. (2016). Sensory characterisation and consumer acceptability of potassium chloride and sunflower oil addition in small-caliber non-acid fermented sausages with a reduced content of sodium chloride and fat. *Meat Science*, 112, 9–15.
- Morin, L., Temelli, F., & McMullen, L. (2004). Interactions between meat proteins and barley (*Hordeum* spp.)  $\beta$ -glucan within a reduced-fat breakfast sausage system. *Meat Science*, 68 (3) 419–430.
- Nsor-Atindana, J., Chen, M., Goff, H. D., Zhong, F., Sharif, H. R., & Li, Y. (2017). Functionality and nutritional aspects of microcrystalline cellulose in food. *Carbohydrate Polymers*, 172, 159–174.

- Olivares, A., Navarro, J. L., Salvador, A., & Flores, M. (2009). Sensory acceptability of slow fermented sausages based on fat content and ripening time. *Meat Science*, 86 (2) 251–257.
- Olivares, A., Navarro, J. L., & Flores, M. (2010). Establishment of the contribution of volatile compounds to the aroma of fermented sausages at different stages of processing and storage. *Food Chemistry*, 115(4), 1464–1472.
- Özer, C. O., & Kiliç, B. (2020). Utilization of optimized processing conditions for high yield synthesis of conjugated linoleic acid by *L. plantarum* AB20–961 and *L. plantarum* DSM2601 in semi-dry fermented sausage. *Meat Science*, 108208.
- Pérez-Burillo, S., Pastoriza, S., Gironés, A., Avellaneda, A., Pilar Francino, M., Rufian-Henares, J. A. (2020). Potential probiotic salami with dietary fiber modulates metabolism and gut microbiota in a human intervention study. *Journal of Functional Foods*, 66, 103790.
- Pietrasik, Z., Sigvaldson, M., Soladoye, O. P., & Gaudette, N. J. (2020). Utilization of pea starch and fibre fractions for replacement of wheat crumb in beef burgers. *Meat Science*, 161, 107974.
- Piñero, M. P., Parra, K., Huerta-Leidenz, N., Arenas de Moreno, L., Ferrer, M., Araujo, S., & Barboza, Y. (2008). Effect of oat's soluble fibre ( $\beta$ -glucan) as a fat replacer on physical, chemical, microbiological and sensory properties of low-fat beef patties. *Meat Science*, 80 (3) 675-680.
- Pinton, M. B., dos Santos, B. A., Lorenzo, J. M., Cichoski, A. J., Boeira, C. P., & Campagnol, P. C. B. (2021). Green technologies as a strategy to reduce NaCl and phosphate in meat products: an overview. *Current Opinion in Food Science*, 40, 1-5.
- Rios-Mera, J. D., Saldaña, E; Cruzado-Bravo, M, L, M., Patinho, I; Selani, M, M., Valentin, D., Contreras-Castillo, C, J. (2019). Reducing the sodium content without modifying the quality of beef burgers by adding micronized salt. *Food Research International*. 121, 288 – 295.
- Saldaña, E; Merlo, T., C; Patinho, I; Rios-Mera, J., D; Contreras-Castillo, C., J; Selani, M., M. (2020). Use of sensory science for the development of healthier processed meat products: A critical opinion. *Current Opinion in Food Science*.
- Salotti de Souza, B. M. S., Borgonovi, T. F., Casarotti, S. N., Todorov, S. D., & Penna, A. L. B. (2018). *Lactobacillus casei* and *Lactobacillus fermentum* Strains Isolated from Mozzarella Cheese: Probiotic Potential, Safety, Acidifying Kinetic Parameters and Viability under Gastrointestinal Tract Conditions. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*.
- Sarteshnizia, R, A., Hosseinia, H., Bondarianzadeh, D., Colmenero, F, J., Khaksar, R. (2015). Optimization of prebiotic sausage formulation: Effect of using-glucan and resistant starch by D-optimal mixture design approach. *Food Science and Technology*, 62 (1) 704 – 710.

- Schuh, V.; Allard, K., Herman, K., Gibis, M., Kohlus, R., & Weiss, J. (2013). Impact of carboxymethyl cellulose (CMC) and microcrystalline cellulose (MCC) on functional characteristics of emulsified sausages. *Meat Science*, 93 (2) 240–247.
- Souza, A.M.B., Alves, R.A., Madeira, D.S.S., Santos, R.M., Pereira, A.L.F., Lemos, T.O., & Abreu, V.K.G. (2020). Storage of beef burgers containing fructooligosaccharides as fat replacer and potassium chloride as replacing sodium chloride. *Journal of Food Science and Technology*, 57, 3232-3243.
- Szpicer, A., Onopiuk, A., Półtorak, A., & Wierzbicka, A. (2020). The influence of oat  $\beta$ -glucan content on the physicochemical and sensory properties of low-fat beef burgers. *CyTA - Journal of Food*, 18 (1) 315–327.
- Trevisan, Y. C., Bis-souza, C. V., Henck, J. M. M., Barretto, A. C. S. (2016). Efeito da adição de fibra de aveia sobre as propriedades físico-químicas de hambúrguer cozido e congelado com redução de gordura e sal. *Brazilian Journal of Food Technology*, 19, 2015079.
- Vasquez Mejia, S. M., de Francisco, A., Manique Barreto, P. L., Damian, C., Zibetti, A. W., Mahecha, H. S., & Bohrer, B. M. (2018). Incorporation of  $\beta$ -glucans in meat emulsions through an optimal mixture modeling systems. *Meat Science*, 143, 210–218.
- Vyncke, W. (1970). Direct Determination of the thiobarbituric acid value in trichloroacetic acid extracts of fish as a measure of oxidative rancidity. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 72 (12) 1084-1087.
- Wang, C., Song, R., Wei, S., Wang, W., Li, F., Tang, X., & Li, N. (2020). Modification of insoluble dietary fiber from ginger residue through enzymatic treatments to improve its bioactive properties. *LWT - Food Science and Technology*, 125, 109220.
- Zhao, Y., Hou, Q., Zhuang, X., Wang, Y., Zhou, G., & Zhang, W. (2018). Effect of regenerated cellulose fiber on the physicochemical properties and sensory characteristics of fat-reduced emulsified sausage. *LWT*, 97, 157–163.
- Zanardi, E., Ghidini, S., Conter, M., & Ianieri, A. (2010). Mineral composition of Italian salami and effect of NaCl partial replacement on compositional, physico-chemical and sensory parameters. *Meat Science*, 86 (3) 742–747.
- Zheng, J., Han, Y., Ge, G., Zhao, M., Sun, W. (2019). Partial substitution of NaCl with chloride salt mixtures: Impact on oxidative characteristics of meat myofibrillar protein and their rheological properties. *Food Hydrocolloids*. v 96, p 36 – 42.

## **6. CONCLUSÃO GERAL**

Produtos cárneos fermentados podem ter consumo restritivo dependendo da quantidade de gordura e sódio em sua composição. Tanto a gordura quanto o sal e os aditivos que contém sódio, desempenham função importante do ponto de vista funcional. Assim, as fibras alimentares puderam contribuir com a melhoria das características físico-químicas e sensoriais de produto cárneo fermentado com estes desafios. As fibras alimentares utilizadas neste estudo – fibra de aveia, celulose microcristalina e amido resistente, demonstraram contribuir com os aspectos tecnológicos, além de influenciar positivamente no desenvolvimento de bactérias lácticas e característica antioxidante. Estas fibras alimentares juntamente com a adição de cloreto de potássio contribuíram para o desenvolvimento de produto cárneo fermentado com simultânea redução de sal e gordura.