

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**

São José do Rio Preto
2021

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^a. Dr^a. Andrea Carla da Silva Barretto

Coorientadora: Dr^a. 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^a. Dr^a. Andrea Carla da Silva Barretto
UNESP – Campus de São José do Rio Preto
Orientadora

Prof^a. Dr^a. 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

Table 1 – Simplex-centroid mixture design matrix to reduced fat- reduced salt fermented sausage.....	46
Table 2 – Chemical composition, pH and weight loss of reduced fat- reduced salt fermented sausage after ripening time.....	51
Table 3 – 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
Table 4 – Sensory acceptance in reduced fat- reduced salt fermented sausage.....	60
Supplementary table 1 – Supplementary data of water activity, LAB, hardness, chewiness and TBARS values of reduced fat – reduced salt fermented sausage (average).	63

LISTA DE FIGURAS

Figure 1 – Lightness (A), Redness (B) and Yellowness (C) parameter color of reduced fat- reduced salt fermented sausages after ripening time.	53
Figure 2 – 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

1. INTRODUÇÃO GERAL	12
2. OBJETIVOS	14
2.1. OBJETIVO GERAL	14
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
3. REFERÊNCIAS	14
4. CAPÍTULO I – USO DE FIBRAS ALIMENTARES NA REFORMULAÇÃO DE PRODUTOS CÁRNEOS FERMENTADOS REDUZIDO DE GORDURA E SAL	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
5. CAPÍTULO II – PERFORMANCE OF REDUCED FAT-REDUCED SALT FERMENTED SAUSAGE WITH ADDED MICROCRYSTALLINE CELLULOSE, RESISTANT STARCH AND OAT FIBER USING THE SIMPLEX DESIGN	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
4. CONCLUSION	62
5. REFERENCES	64
6. CONCLUSÃO GERAL	70
APÊNDICE A – Modelo de ficha utilizado no capítulo II para o teste de aceitação sensorial	71
ANEXO A – Direitos de uso de artigo em dissertação	72
ANEXO B – Parecer consubstanciado do Comitê de Ética em Pesquisa do Ibilce – Unesp – nº25066919.2.0000.5466.	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, α -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.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Avaliar a influência da adição das fibras alimentares celulose microcristalina, amido resistente e fibra de aveia em produto cárneo fermentado com redução simultânea de gordura e sal sobre as características tecnológicas e sensoriais, utilizando o planejamento design de misturas.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar a influência das três fibras - celulose microcristalina, amido resistente e fibra de aveia, em produto cárneo fermentado com reduzido teor de gordura e sal, sobre o perfil de textura, cor, oxidação lipídica, pH, atividade de água, contagem de bactérias produtoras de ácido lático e rendimento.

Avaliar a aceitação sensorial das diferentes formulações de embutidos fermentados com adição de diferentes proporções de fibras alimentares e reduzido teor de gordura e sal.

3. REFERÊNCIAS

ABURTO, N. J. et al. Effect of lower sodium intake on health: Systematic review and meta-analyses. **BMJ (Online)**, v. 346, n. 7903, p. 1–20, 2013.

BARBUT, S. **Reducing fats in processed meat products**. [s.l.] Woodhead Publishing Limited, 2011.

BARRETTO, A. C. DA S.; PACHECO, M. T. B.; POLLONIO, M. A. R. 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. **Food Science and Technology**, v. 35, n. 1, p. 100–107, 2015.

BIS-SOUZA, C. V.; HENCK, J. M. M.; BARRETTO, A. C. DA S. Performance of low-fat beef burger with added soluble and insoluble dietary fibers. **Food Science and Technology**, v. 38, n. 3, p. 522–529, 2018.

BIS-SOUZA, C. V. et al. New strategies for the development of innovative fermented meat products: a review regarding the incorporation of probiotics and dietary fibers. **Food Reviews International**, v. 35, n. 5, p. 467–484, 2019.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 22, de 31 de julho de 2000**. Aprovar os Regulamento Técnicos de Identidade e Qualidade de Copa, de Salame, de Salaminho, de Salaminho tipo Alemão, de Salame tipo Hamburguês, de Salame tipo Italiano, de Salame tipo Milano. Acesso em 18 de agosto de 2020.

CARBALLO, J.; COFRADES, S.; JIME, F. Healthier meat and meat products : their role as functional foods. **Meat Science**, v. 59, p. 5–13, 2001.

CHEN, J. et al. Effect of NaCl substitutes on the physical, microbial and sensory characteristics of Harbin dry sausage. **Meat Science**, v. 156, p. 205–213, 2019.

DECKER, E. A.; PARK, Y. Healthier meat products as functional foods. **Meat Science**, v. 86, n. 1, p. 49–55, 2010.

FERNÁNDEZ-GINÉS, J. M. et al. Lemon albedo as a new source of dietary fiber: Application to bologna sausages. **Meat Science**, v. 67, n. 1, p. 7–13, 2004.

GARCIA-SANTOS, M. DE S. L. et al. Effect of the addition of resistant starch in sausage with fat reduction on the physicochemical and sensory properties. **Food Science and Technology**, v. 39, p. 491–497, 2019.

INGUGLIA, E. S. et al. **Salts and salt replacers**. [s.l.] Elsevier, 2018.

KAUR, R.; SHARMA, M. Cereal polysaccharides as sources of functional ingredient for reformulation of meat products: A review. **Journal of Functional Foods**, v. 62, n. August, p. 103527, 2019.

LI, J. M.; NIE, S. P. The functional and nutritional aspects of hydrocolloids in foods. **Food Hydrocolloids**, v. 53, p. 46–61, 2016.

LORENZO, J. M. et al. Physicochemical and microbial changes during the manufacturing process of dry-cured lacón salted with potassium, calcium and magnesium chloride as a partial replacement for sodium chloride. **Food Control**, v. 50, p. 763–769, 2015.

MORA-GALLEGO, H. et al. Effect of reducing and replacing pork fat on the physicochemical, instrumental and sensory characteristics throughout storage time of small caliber non-acid fermented sausages with reduced sodium content. **Meat Science**, v. 97, n. 1, p. 62–68, 2014.

NSOR-ATINDANA, J. et al. Functionality and nutritional aspects of microcrystalline cellulose in food. **Carbohydrate Polymers**, v. 172, p. 159–174, 2017.

OLMEDILLA-ALONSO, B.; JIMÉNEZ-COLMENERO, F.; SÁNCHEZ-MUNIZ, F. J. Development and assessment of healthy properties of meat and meat products designed as functional foods. **Meat Science**, v. 95, n. 4, p. 919–930, 2013.

PINTON, M. B. et al. Green technologies as a strategy to reduce NaCl and phosphate in meat products: an overview. **Current Opinion in Food Science**, v. 40, p. 1–5, 2021.

SCHUH, V. et al. Impact of carboxymethyl cellulose (CMC) and microcrystalline cellulose (MCC) on functional characteristics of emulsified sausages. **Meat Science**, v. 93, n. 2, p. 240–247, 2013.

WILAILUX, C. et al. Texture and colour characteristics, and optimisation of sodium chloride, potassium chloride and glycine of reduced-sodium frankfurter. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 55, n. 5, p. 2232–2241, 2020.

YACKINOUS, C.; GUINARD, J. X. Flavor manipulation can enhance the impression of fat in some foods. **Journal of Food Science**, v. 65, n. 5, p. 909–914, 2000.

ZHENG, J. et al. 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, 2019.

4. CAPÍTULO I – USO DE FIBRAS ALIMENTARES NA REFORMULAÇÃO DE PRODUTOS CÁRNEOS FERMENTADOS REDUZIDO DE GORDURA E SAL

João Marcos dos Santos^a, Eduardo Oliveira Ignácio^a, Camila Vespúcio Bis-Souza^a,
Andrea Carla da Silva Barretto^{a*}

^a Department of Food Technology and Engineering, UNESP – São Paulo State
University, Street Cristóvão Colombo, 2265, Zip Code 15054-000, São José do Rio
Preto, SP, Brazil.

Artigo de revisão a ser submetido para a Revista Food Reviews International

RESUMO

Pesquisadores e indústria de alimentos buscam por ingredientes que possam auxiliar na reformulação de produtos cárneos fermentados visando torná-los mais saudáveis, com a redução dos teores de gordura e sal simultaneamente quem atualmente geram preocupações com consumo restrito pelos consumidores. As fibras alimentares celulose microcristalina, amido resistente e fibra de aveia têm se mostrando ingredientes promissores para a reformulação deste produto. O cloreto de potássio tem sido utilizado como uma alternativa, mesmo que parcial, para o cloreto de sódio em formulações de produtos cárneos fermentados devido a sua performance nas propriedades funcionais e sensoriais. O objetivo desta revisão é mostrar a importância da utilização das fibras alimentares em produtos cárneos fermentados como ingrediente que colabora na melhoria das propriedades físico-químicas e sensoriais de produtos cárneos fermentados, além da sua funcionalidade fisiológica reconhecida.

Palavras chave: Produto cárneo fermentado, celulose microcristalina, amido resistente, fibra de aveia, reformulação de produtos cárneos.

1. INTRODUÇÃO

A busca por produtos cárneos prontos para o consumo tem atraído a atenção tanto de consumidores quanto de indústrias e pesquisadores^[39,68] com foco em tornar tais produtos mais saudáveis e inovadores. Alguns produtos cárneos fermentados possuem restrição de consumo devido aos elevados níveis de gordura e sódio. Alguns autores^[2, 20] têm associado produtos cárneos com o desenvolvimento de doenças crônicas não transmissíveis (DCNT), como a hipertensão, elevados níveis de colesterol, alguns tipos de câncer. Associações como essas se justificam pelo elevado conteúdo de gordura e altas concentrações de cloreto de sódio, nitrito de sódio e outros conservantes artificiais^[3, 19, 47].

Tanto a gordura quanto o sódio proporcionam melhor aceitação de produtos cárneos fermentado, além de auxiliar na vida útil. A gordura incide em características importantes para produtos cárneos como características físico-químicas e sensoriais^[15, 90, 74, 10], o sódio está contido no cloreto de sódio e também em muitos aditivos como o eritorbato de sódio, fosfato de sódio, ascorbato de sódio e nitrito e nitrato de sódio. Qualquer redução pode implicar em alterações significativas para o produto^[3, 5, 89].

A reformulação de produtos cárneos fermentados visando a redução dos níveis de gordura e sódio em sua composição tem sido desejada e estudada^[49]. Algumas fibras alimentares têm auxiliado na reformulação de produtos cárneos fermentados reduzidos de gordura com efeito positivo nas propriedades físico-químicas e sensoriais. Ao investigar a redução parcial de gordura (29%) em *Salchichón* espanhol com incorporação de 2% de frutooligossacarídeo influenciou na melhoria do perfil de textura, cor instrumental e em atributos sensoriais como sabor, cor e aparência^[18].

Em estudo que visou investigar a adição de cinco diferentes tipos de fibras sendo elas fibra de maçã e laranja em concentrações de incorporação de 1,5% e incorporou em 3% de adição as fibras de trigo, aveia e pêssego em produto cárneo fermentado com redução de até 40% de gordura. Os resultados demonstraram que a adição de 2% no produto pronto ao final do processo de maturação e com redução de 35% de gordura obtiveram boa aceitação sensorial semelhantes ao produto convencional ^[42].

No entanto, estudos que visam investigar a redução simultânea de gordura e sódio em produtos cárneos e em produtos cárneos fermentados ainda são escassos. ^[37] avaliaram a redução de gordura e sódio simultaneamente (50%) em formulações de hambúrguer bovino e incorporaram fibras alimentares (frutooligossacarídeo e frutooligossacarídeo de cadeia curta, composto por uma mistura de 1-kestose, nistose e 1-F-frutofuranosil nistose). Os hambúrgueres com reduzido teor de gordura e sódio obtiveram notas aceitáveis para a aceitação sensorial, para as análises físico-químicas os resultados foram semelhantes ao tratamento controle o que indicou que produtos cárneos reduzidos de gordura e sódio simultaneamente precisam de mais estudos para investigar tais características. Em estudo realizado por ^[74], em produto cárneo fermentado reduzido de gordura e sal (25% respectivamente), as fibras aumentaram a contagem das bactérias ácido lácticas, melhoraram o perfil de textura, promoveram uma característica antioxidante e não afetaram a aceitação do produto final.

Esta revisão pretende mostrar o uso das fibras alimentares em produtos cárneos fermentados como ingrediente que colabora na melhoria das propriedades físico-químicas e sensoriais.

2. REFORMULAÇÃO DE PRODUTOS CÁRNEOS FERMENTADOS

Produtos cárneos fermentados contemplam uma ampla variedade, de acordo com cada região, e são conhecidos por salame, e por seus diferentes tipos, como o salame tipo italiano, tipo alemão, tipo Milano, tipo hamburguês. Cada tipo de salame consiste em diferentes características sensoriais, que são atribuídos por seus métodos de produção ^[56].

Entende-se por salame o produto cárneo industrializado, obtido de carne suína e/ou carne suína, e carne bovina, adicionado de toucinho, ingredientes, embutido em envoltório seja natural e/ou artificial, fermentado, curado, maturado, defumado ou não e dessecado ^[21]. A fermentação ocorre pela adição de cultura *starter*, que contém microrganismos produtores de ácido lático, consequentemente reduzindo o pH do meio, o que confere complexas reações bioquímicas e auxilia na inibição do crescimento microbiano ^[8].

A cultura *starter* composta por *Staphylococcus xylosus* (grupo *Micrococcus*) e *Pediococcus pentosaceus* são incorporadas à formulação de salame, onde atuam na melhoria do aroma, coloração, na redução de nitrato a nitrito de sódio, o que contribui para as características do produto e o aumento da vida de prateleira, além da atuação metabólica que acontece durante a maturação na qual as reações como a hidrólise das proteínas e lipídios acontecem ^[90].

O processo de fermentação, cura e maturação pode ser dividido em duas etapas principais, a fermentação, onde a temperatura e umidade relativa variam de 22 a 27°C/ 90 – 95% durante um período de aproximadamente três dias, favorecendo o desenvolvimento dos microrganismos presentes na cultura *starter*, fermentação dos açúcares e consumo da reserva de glicogênio do tecido muscular, redução do pH, redução do nitrato a nitrito de sódio ^[42]. Após a fermentação, a temperatura/umidade diminui com

uma variação de 12 a 15°C/ 85 – 70% até se obter características como umidade e atividade de água adequadas para o tipo de salame que está sendo produzido. Nesta etapa, as bactérias ácido lácticas (LAB) reduzem a fermentação dos açúcares e intensificam as reações metabólicas que propiciam a proteólise e lipólise, proporcionando produção de aroma característico ^[90].

Em produtos cárneos fermentados, características como textura, cor, sabor, aroma e segurança microbiológica são essenciais no produto final, com isso pesquisas realizadas para reduzir ingredientes, tais como o cloreto de sódio utilizando outros tipos de cloretos (cloreto de potássio, de cálcio, de magnésio) podem contribuir com estas características ^[12, 35, 77].

As fibras alimentares, tanto as fibras solúveis quanto as insolúveis em água, são reconhecidas por suas propriedades funcionais fisiológicas e tecnológicas. Algumas pesquisas mostram que as fibras alimentares puderam colaborar na redução de gordura e ajudaram a melhorar a textura e propriedades sensoriais em produtos cárneos ^[14, 29, 43].

3. REDUÇÃO DE SÓDIO

Estudos buscam por ingredientes que possam contribuir com características similares às quais o cloreto de sódio propicia nos produtos cárneos. Outros tipos de cloretos têm sido estudados, sendo incorporados parcialmente em produtos cárneos, como o cloreto de cálcio (CaCl_2), cloreto de magnésio (MgCl_2) e o cloreto de potássio (KCl) ^[5, 12, 46, 53]. A adição do cloreto de cálcio em formulações de produtos cárneos reformulados pode apresentar alguns aspectos negativos como baixa efetividade na inibição microbiana e redução na capacidade de retenção de água ^[59]. O cloreto de magnésio em níveis elevados pode aumentar o risco de doenças cardiovasculares, dores

de cabeça, disfunção fisiológicas como diarreias e também pode aumentar o risco de diabetes mellitus ^[13].

O cloreto de potássio é um cloreto que se assemelha em força iônica ao cloreto de sódio o que proporciona uma melhor interação com as proteínas miofibrilares da carne, auxiliando sua ligação proteína-água, além dos aspectos positivos de inibição microbiológica ^[48, 89]. Entretanto, o cloreto de potássio em substituição superior a 40% da formulação pode apresentar gosto amargo e sabor metálico em produtos cárneos fermentados ^[38].

O cloreto de potássio é o mais comumente cloreto utilizado para a redução de cloreto de sódio em alimentos que buscam por reformulação e tem sido amplamente estudado como ingrediente que possa ser incorporado na reformulação de diversos produtos cárneos com reduzido teor de sódio ^[12, 25, 28, 37, 82, 87].

Em estudo que investigou a redução de 50% de cloreto de sódio por misturas de cloreto de potássio e lactato de potássio em salame, a proporção de 40:10 de cloreto de potássio e lactato potássio não alterou a aceitabilidade geral do salame ^[44].

Ao reduzir gordura e sódio em estudo que investigou a substituição de gordura suína por óleo de girassol e a redução de NaCl (35%) por cloreto de potássio e lactato de potássio, os tratamentos com maior redução de gordura (40%), o cloreto de potássio aumentou a percepção sensorial do gosto amargo ^[64], mostrando que o nível de gordura pode colaborar com o aparecimento do gosto amargo quando o KCl é utilizado.

Ao substituir 16% de cloreto de sódio por cloreto de potássio em embutido fermentado, a qualidade do embutido fermentado foi afetada, reduzindo a aceitação do aroma, sabor, suculência e qualidade global. O embutido fermentado com redução de sódio (16%) não se diferenciou do tratamento controle (2,7% de cloreto de sódio),

apresentando ser possível a redução de 16% de cloreto de sódio com substituição por cloreto de potássio em embutido fermentado ^[32].

4. REDUÇÃO DE GORDURA

A gordura de origem animal é rica em ácidos graxos saturados em comparação a óleos e gorduras de origem vegetal ^[9]. Levando em conta os altos níveis de gordura, alguns riscos têm sido associado ao elevado consumo de produtos.

Além da utilização de fibras alimentares na reformulação de produtos cárneos fermentados outras linhas de pesquisas estão sendo investigadas para reduzir gordura em produtos cárneos, tornando-os mais saudáveis ^[15]. Ingredientes como fibras alimentares ^[10, 14, 17], óleo de peixe micro encapsulado ^[51], óleo de origem vegetal ^[4, 40, 62,64], alguns tipos de gomas ^[1, 69, 71] estão sendo estudados com a incorporação e avaliação destes ingredientes em produtos cárneos.

Características tecnológicas e sensoriais incidem em importantes aspectos para o desenvolvimento de produtos cárneos fermentados mais saudáveis como textura, sabor, aroma, aparência e viscosidade, esses aspectos estão estritamente relacionados com a concentração de gordura, uma vez que a gordura promove características estritamente impactantes nestes aspectos em produtos cárneos ^[52, 60]. Preservar estes aspectos é um dos desafios na utilização de alternativas de ingredientes ^[86].

5. FIBRAS ALIMENTARES COMO INGREDIENTE EM PRODUTOS CÁRNEOS FERMENTADOS

Fibras alimentares têm se mostrado uma linha promissora na redução de gordura de origem animal em produtos cárneos. As fibras alimentares, são consideradas

ingredientes funcionais, por promoverem aspectos benéficos para aqueles que as consomem ^[57], como proteger a microflora intestinal, reduzir os riscos de diabetes, cânceres de cólon, além de reduzir inflamações gastrointestinais ^[36, 61, 72]. Além de promover aspectos funcionais, as fibras alimentares podem auxiliar na redução de gordura e/ou redução de sódio, devido suas propriedades como a capacidade de retenção de água, a formação de gel, promoção da viscosidade, ligação fibra-gordura, melhora da textura e também pela capacidade fermentativa ^[26, 49,50].

As fibras alimentares são compostas por polímeros com três ou mais unidades monoméricas, que não são hidrolisadas por enzimas endógenas do trato gastrointestinal humano, ou seja, são resistentes à hidrólise por enzimas do trato gastrointestinal ^[30, 31]. São derivados de plantas, constituídos por polissacarídeos, oligossacarídeos, lignina e substâncias vegetais associadas ^[7], são polímeros comestíveis de carboidratos que podem estar presentes em alimentos de forma natural, ou obtidos por meio de matérias primas vegetais e/ou sintéticos, onde são submetidos a processo de extração por método físicos, químicos e/ou enzimáticos. Também podem ser de origem animal, como é o caso da quitosana, constituinte do exoesqueleto de crustáceos ^[26].

Dentre as diferentes constituições dos componentes das fibras alimentares, estão os oligossacarídeos resistentes, amido resistente, lignina associada aos polissacarídeos, celulose, hemicelulose, pectinas, fibra de aveia, fibra de trigo, hidrocolóides como, frutooligossacarídeos, galactooligossacarídeos, celulose microcristalina ^[33,41]. Porém, as fibras alimentares são classificadas entre fibras em que são solúveis em água e fibras que são insolúveis em água ^[58].

Constitui fibras insolúveis, a fibra de celulose microcristalina, fibra de aveia (parte insolúvel), fibra de trigo, celulose, hemicelulose ^[26,41]. Possuem características benéficas à saúde, como o aumento do bolo fecal, auxiliando na redução da constipação,

redução do colesterol no sangue, combate ao diabetes tipo 2 e alguns tipos de cânceres como o de cólon ^[58, 78], além da funcionalidade tecnológica, como a capacidade de retenção de água ^[14].

Entre as fibras solúveis estão o amido resistente, frutooligossacarídeo, inulina conhecidas por aspectos hidrocoloidais, pectinas, gomas, β -glucanas, soja, carboximetilcelulose, resultando em aumento de viscosidade, formação de gel, elevação da afinidade de ligação com a água ^[26, 41, 57].

As fibras solúveis podem ser fermentadas por bactérias presentes no trato gastrointestinal, configurando aspectos prebióticos e dentre seus subprodutos metabólicos estão os ácidos graxos de cadeia curta ^[82]. Outros aspectos benéficos envolvem inflamações, doenças cardíacas e obesidade ^[54, 73].

A regulamentação pela legislação brasileira classifica as fibras alimentares, por qualquer material comestível que não seja hidrolisado por enzimas endógenas do trato digestivo do ser humano ^[22]. Produtos que possuem o mínimo de 2,5 gramas de conteúdo de fibras por porção, dispõem da fonte fibras alimentares em seu rótulo, para o conteúdo de no mínimo 5 gramas por porção, consiste em um produto com alto teor de fibras, e pode vir a ser rotulado como produto com alto conteúdo de fibra alimentar ^[23].

Agências Internacionais como a americana Food and Drug Association (FDA) e Organização Mundial da Saúde (OMS) recomendam a ingestão diária de fibras alimentares entre 20 e 35 g ^[84]. Entretanto, o consumo de fibras alimentares diária é deficitário pela população brasileira ^[66]. Produtos cárneos com adição de fibras alimentares podem representar uma alternativa para proporcionar produtos cárneos mais saudáveis para o consumidor ^[67].

Fibras alimentares estão sendo estudadas em reformulação de produtos cárneos com desafios de torná-los mais saudáveis.^[10] investigaram a adição de três diferentes

fibras alimentares em formulações de mortadela com reduzido teor de gordura (25%) sendo elas inulina, fibra de trigo e fibra de aveia em incorporação de até 5%. As fibras melhoraram o perfil de textura aumentando a dureza e coesividade e obtiveram notas semelhantes ao tratamento controle. Em estudo que objetivou a redução do conteúdo parcial de gordura (50%) pela adição de até 4% de amido resistente em formulações de salsicha tipo Frankfurt ^[43] observou-se que a adição do amido resistente não influenciou a aceitação sensorial, o perfil de textura e no teor proteico do produto. Ao reduzir o conteúdo de gordura em até 45% de gordura pela adição de fibra de trigo ($\frac{3}{4}$ de fibra) em formulações de hambúrgueres, os tratamentos com adição de 3,75g de fibra por porção obtiveram notas para aceitação sensorial e saciedade semelhantes ao tratamento controle ^[24].

Estudo relata que as fibras alimentares promoveram melhoria em características nutricionais de produtos alimentícios, devido ao aumento da quantidade de fibra alimentar proporcionando a redução do conteúdo calórico do produto ^[65].

Diversos estudos investigam a incorporação de fibras alimentares em uma ampla gama de produtos à base de carne, dentre elas estão a inulina, o frutooligossacarídeo, amido resistente, fibra de aveia, trigo, abacaxi, carboximetil celulose, celulose microcristalina ^[10, 14, 45, 70, 88].

Ao investigar a adição de três fibras alimentares (inulina, frutooligossacarídeo e α -ciclodextrina) em salame tipo italiano com redução de gordura sobre os parâmetros tecnológicos e sensoriais utilizando o delineamento de misturas, observou-se a melhoria nos parâmetros de textura, coloração e aceitação sensorial, em adição de até 2% de inulina e/ou frutooligossacarídeo ^[16].

Ao adicionar fibra cítrica, inulina e fibra de acácia em salame com adição de até 2%, ^[70] observaram *in vitro* a melhora na capacidade antioxidante e na quantidade de

ácidos graxos de cadeia curta, além de promover uma microbiota diferente no trato gastrointestinal humano, realçando os benefícios que a adição de fibras alimentares promove no enriquecimento nutricional e na promoção de características fisiológicas benéficas ao humano.

Segundo estudo ^[34], a incorporação de fibras alimentares em produtos cárneos tem intuito de auxiliar no enriquecimento nutricional, melhorar propriedades sensoriais e promover melhores aspectos em propriedades físico-químicas de produtos cárneos, porém também pode auxiliar na duração da vida útil do produto inibindo a oxidação e crescimento microbiano durante seu armazenamento. As fibras alimentares não só corroboram com propriedades nutricionais, físico-químicas como capacidade de retenção de água, estabilidade oxidativa, mas também promovem atividade antimicrobiana e anti-inflamatória ^[75].

Portanto, a adição de fibras em produtos cárneos é uma alternativa não apenas para promover a melhora de propriedades físico-químicas como coloração, perfil de textura, estabilidade oxidativa e sensoriais, mas também para o enriquecimento nutricional destes produtos, haja visto, que ainda a investigação da incorporação de fibras alimentares tende a ser amplamente estudada, devido características sensoriais de cada produto, os tornando mais saudáveis e funcionais ao seu consumo ^[50].

6. APLICAÇÃO DE FIBRA DE AVEIA, AMIDO RESISTENTE E CELULOSE MICROCRISTALINA EM PRODUTOS CÁRNEOS

Diferentes fibras alimentares são investigadas na reformulação de produtos cárneos e vem se mostrando aplicações promissoras, dentre estas fibras estão a fibra de aveia, amido resistente e a celulose microcristalina ^[10, 43, 74]. A fibra de aveia contém

conteúdo de fibras insolúveis em água. É constituída por celulose, hemicelulose, lignina, o que confere elevado potencial de ligação com a água. Por possuir características tecnológicas, como capacidade de retenção de água, ligação fibra gordura ^[26,80] pode representar um ingrediente importante para a indústria da carne.

Em estudo que incorporou fibra de aveia em hambúrgueres de carne bovina contendo carne mecanicamente separada de frango, cozidos e congelados, na proporção de 3 e 6%, com redução de gordura e sal. A adição de 6% de fibra de aveia aumentou o rendimento, diminuiu a perda de peso durante o aquecimento por micro-ondas e melhorou a estabilidade da cor durante a estocagem. Os autores destacam que a fibra de aveia pode ser considerada um ingrediente promissor para auxiliar formulações de produtos cárneos com redução de sal e gordura ^[81].

Em estudo realizado por ^[74], em salame reduzido de gordura e sal (25% respectivamente), a fibra de aveia em conjunto com a celulose microcristalina resultaram em uma característica antioxidante pelo design simplex-centroid.

O amido resistente consiste em um polissacarídeo α -D-glucano organizadas em cadeias lineares, essencialmente derivado de fração de amilose retrógrada e possui um peso molecular relativamente baixo (1.2×10^5 Da) ^[62]. É comumente obtido de arroz, batata, mandioca, milho, trigo. Dentre os principais componentes do amido estão a amilose e a amilopectina, diferenciando as quantidades de amilose e amilopectina para cada variação de amido. As fibras de amido resistente são classificadas em cinco diferentes grupos, considerando sua resistência a digestão enzimática, grupo 1, amido encapsulado e fisicamente inacessível; grupo 2, grânulos resistentes; grupo 3, amilose retrógrada; grupo 4, amido quimicamente modificado; grupo 5, complexo amilose-lipídio ^[26].

Portanto, o amido resistente corresponde a uma porção do amido que não é hidrolisada por enzimas endógenas do trato gastrointestinal humano, sendo não possível sua absorção pelo intestino delgado. Desse modo, o amido resistente é disponibilizado no colón, como substrato energético para que as bactérias existentes na microflora possam se desenvolver e fermentar, produzindo ácidos graxos de cadeia curta e com isso atuando como agente prebiótico ^[26,27].

Em estudo que investigou a adição de amido resistente em salsichas tipo Frankfurt com adição de até 4% e redução de gordura de até 50%, onde a fibra prebiótica influenciou positivamente o perfil de textura e aceitação sensorial, se mostrando um ingrediente promissor ^[43].

Em estudo realizado ^[76], o qual avaliou o efeito de β -glucana, amido resistente e amido em otimização de formulações de salsichas, a formulação com adição das três fibras apresentou melhor desempenho para propriedades de rendimento de cozimento e aceitação global, apresentando ser viável para a produção de salsichas com adição de fibras prebióticas.

A celulose microcristalina é uma forma purificada da celulose, que é o polissacarídeo natural mais abundante encontrado na natureza. A celulose é um polissacarídeo constituído de duas unidades de anidrido de glicose consecutivas denominado de celobiose, a estrutura de sua cadeia a faz insolúvel em água. Suas ligações glicosídicas 1 – 4 glicosídica de unidade de glicose são responsáveis por sua natureza não digestiva do polímero, ligações β possibilitam a extensão da cadeia molecular, e com isso se origina em arranjos lineares estreitos entre polímeros individuais ^[55].

Para se obter a celulose microcristalina, o processo de extração é realizado por hidrólise ácida, onde todas as partes de celulose amorfa é retirada da fibra. O produto hidrolisado consiste em uma massa de celulose cristalina, processadas fora do grau de

polimerização. Ao passo que as fases de neutralização, lavagem e filtração, ao final o produto celulítico é diluído em água e dessecado pelo processo de secagem utilizando o *spray dry*, fornecendo partículas robustas [55].

A celulose microcristalina é obtida em pó cristalino e poroso, branco, inodoro e livre de impurezas. É caracterizada pelo seu menor grau de polimerização comparado com sua matéria prima de origem. Sua aplicação é amplamente conhecida por suas características tecnológicas, por ser um hidrocoloide, sua capacidade de formação de gel, aumento de volume, sensação de cremosidade na boca, capacidade de retenção de água e por ser uma fibra que não é hidrolisada no trato gastrointestinal, se caracterizando prebiótica. O teor de fibras insolúveis se refere entre 93 a 98g por porção de 100g [66]. As áreas de aplicabilidade da celulose microcristalina são amplas, abrangendo muitos setores industriais, como em produtos fármacos, indústria de cosméticos, de plásticos e muito utilizada na indústria de alimentos [65].

Em estudo que adicionou carboximetil celulose (CMC) e celulose microcristalina (MCC) em embutidos cárneos com reduzido teor de gordura, , onde a CMC mostrou reduzir a firmeza quando foi adicionado 2%, já a MCC contribuiu para a melhora na rede formadora de gel das proteínas, contribuindo com compostos funcionais benéficos ao trato gastrointestinal [79].

A celulose microcristalina em estudo que investigou a adição de até 2% da fibra em salame com reduzido teor de gordura e sal, auxiliou no aumento da contagem de bactérias ácido lácticas, atividade antioxidante e não afetou a aceitação sensorial do produto final [74].

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de fibras alimentares em produtos cárneos fermentados com reduzido teor de gordura e sódio representa uma alternativa de ingredientes que colaboram com a melhoria das propriedades físico-químicas e sensoriais, além de tornar o produto final mais atrativo para o consumidor, do ponto de vista nutricional, por conter ingredientes reconhecidos pelo efeito fisiológico no organismo.

8. REFERÊNCIAS

- [1] Abbasi, E., Sarteshnizi, R. A., Gavlighi, H. A., Nikoo, M., Azizi, M. H., & Sadeghinejad, N. Effect of partial replacement of fat with added water and tragacanth gum (*Astragalus gossypinus* and *Astragalus compactus*) on the physicochemical, texture, oxidative stability, and sensory property of reduced fat emulsion type sausage. *Meat Science*, 2018, 147, 135–143.
- [2] Abete, I; Romaguera, D; Vieira, A R; Lopez M, A; Norat, T. Association between total, processed, red and white meat consumption and all-cause, CVD and IHD mortality: a meta-analysis of cohort studies. *British Journal of Nutrition*, 2014, 112, 762–775.
- [3] Aburto, N. J., Ziolkovska, A., Hooper, L., Elliot, P., Cappuccio, F. P., & Meerpohl, J. J. Effect of lower sodium intake on health: systematic review and meta-analyses. *BMJ*, 2013, 346, f1326–f1326.
- [4] Afshari, R., Hosseini, H., Mousavi Khaneghah, A., & Khaksar, R. Physico-chemical properties of functional low-fat beef burgers: Fatty acid profile modification. *LWT - Food Science and Technology*, 2017, 78, 325–331.
- [5] Aliño, M., Grau, R., Toldrá, F., Barat, J. M. Physicochemical changes in dry-cured hams salted with potassium, calcium and magnesium chloride as a partial replacement for sodium chloride. *Meat Science*, 2010, 86, 331–336.
- [6] Aliño, M., Grau, R., Toldrá, F., Blesa, E., Pagán, M. J., & Barat, J. M. Physicochemical properties and microbiology of dry-cured loins obtained by partial sodium replacement with potassium, calcium and magnesium. *Meat Science*, 2010, 85, 580–588, 2010.
- [7] American Association of Cereal Chemists (AACC). The definition of dietary fiber. *AACC Report*, 2011, 46, 112-126, 2001.

- [8] Aspri, M., & Tsaltas, D. Microbes and the environment. *The Interaction of Food Industry and Environment*, 2021, 119–154.
- [9] Barbut, S. Reducing fats in processed meat products. *Processed Meats*, 2011. 346–371.
- [10] Barretto, A. C. S., Pacheco, M. T., Pollonio, M. A. R. 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*, 2015, 35, 100-107.
- [11] Barretto, T. L., Pollonio, M. A. R., Telis-Romero, J., & Barretto, A. C. S. Improving sensory acceptance and physicochemical properties by ultrasound application to restructured cooked ham with salt (NaCl) reduction. *Meat Science*, 2018, 145, 55–62.
- [12] Barretto, T. L., Bellucci, E. R. B., Barbosa, R. D., Pollonio, M. A. R., Romero, J. T., & Barretto, A. C. S. Impact of ultrasound and potassium chloride on the physicochemical and sensory properties in low sodium restructured cooked ham. *Meat Science*, 2020, 165, 108130.
- [13] Barat, J.-M., Pérez-Esteve, E., Aristoy, M.-C., & Toldrá, F. Partial replacement of sodium in meat and fish products by using magnesium salts. A review. *Plant and Soil*, 2012, 368, 179–188.
- [14] Bis-Souza, C. V., Henck, J. M. M., & Barretto, A. C. S. Performance of low-fat beef burger with added soluble and insoluble dietary fibers. *Food Science and Technology*, 2018, 38, 522–529.
- [15] Bis-Souza, C. V., Barba, F. J., Lorenzo, J. M., Penna, A. L. B., Barretto, A. C. S. New strategies for the development of innovative fermented meat products: a review regarding the incorporation of probiotics and dietary fibers. *Food Reviews International*. 2019 (a), 35, 467-484.
- [16] Bis-Souza, C. V., Ozaki, M. M., Vidal, V. A. S., Pollonio, M. A. R. Penna, A. L. B., Barretto, A. C. S. Can dietary fiber improve the technological characteristics and sensory acceptance of low-fat Italian type salami? *Journal of food science and technology-Mysore*, 2019 (b), 57, 1003-1012.
- [17] Bis-Souza, C. V., Penna, A. L. B., & da Silva Barretto, A. C. Applicability of potentially probiotic *Lactobacillus casei* in low-fat Italian type salami with added fructooligosaccharides: in vitro screening and technological evaluation. *Meat Science*, 2020, 108186.
- [18] Bis-Souza, Camila V.; Pateiro, Mirian; Domínguez, Rubén; Penna, Ana L.B.; Lorenzo, José M.; Silva Barretto, Andrea C. (2020). Impact of fructooligosaccharides and probiotic strains on the quality parameters of low-fat Spanish Salchichón. *Meat Science*, 159(), 107936.
- [19] Bonnet, C., Bouamra-Mechemache, Z., Réquillart, V., & Treich, N. Viewpoint: Regulating meat consumption to improve health, the environment and animal welfare. *Food Policy*, 2020, 21, 101847.

- [20] Boyle, P.; Boffetta, P.; Autier, P. Diet, nutrition and cancer: public, media and scientific confusion. *Annals of Oncology*, 2008, 19, 1665–1667.
- [21] Brazil. Ministry of Agriculture, Cattle and Supplying. Instrução Normativa nº 22, de 31 de julho de 2000. Aprovar os Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Copa, de Salame, de Salaminho, de Salaminho tipo Alemão, de Salame tipo Hamburguês, de Salame tipo Italiano, de Salame tipo Milano. (Available), 2000.
- [22] Brazil. Ministry of Health. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC 360 de 23 de dezembro de 2003. Regulamento Técnico Sobre Rotulagem Nutricional de Alimentos Embalados. (Available).
- [23] Brazil. Brazilian Health Regulatory Agency (Anvisa). RDC nº 27, de 12 de novembro de 2012. Regulamento Técnico Mercosul sobre informação nutricional complementar (declarações de propriedades nutricionais). (Available) <http://portal.anvisa.gov.br>.
- [24] Carvalho, Larissa Tátero; Pires, Manoela Alves; Baldin, Juliana Cristina; Munekata, Paulo Eduardo Sichetti; de Carvalho, Francisco Allan Leandro; Rodrigues, Isabela; Polizer, Yana Jorge; de Mello, Juliana Lolli Malagoli; Lapa-Guimarães, Judite; Trindade, Marco Antonio. Partial replacement of meat and fat with hydrated wheat fiber in beef burgers decreases caloric value without reducing the feeling of satiety after consumption. *Meat Science*, 2018, S0309174018301785.
- [25] Cittadini, A., Domínguez, R., Gómez, B., Pateiro, M., Pérez-Santaescolástica, C., López-Fernández, O., Lorenzo, J. M. Effect of NaCl replacement by other chloride salts on physicochemical parameters, proteolysis and lipolysis of dry-cured foal “cecina.” *Journal of Food Science and Technology*, v 57, p 1628-1635, 2019.
- [26] Ciudad-Mulero, M., Fernández-Ruiz, V., Matallana-González, M. C., & Morales, P. Dietary fiber sources and human benefits: The case study of cereal and pseudocereals. *Advances in Food and Nutrition Research*, 2019, 90, 83-134.
- [27] Champ, M. Resistant starch. In: ELIASSON, A.-C. (Ed.). *Starch in food - structure, function and applications*. França: Woodhead Publishing Limited, 2004, 61, 383-384.
- [28] Chen, J; Hu, Y; Wen, R; Liu, Q; Chen, Q; Kong, B. Effect of NaCl substitutes on the physical, microbial and sensory characteristics of Harbin dry sausage. *Meat Science*, 2019, 156, 205 – 213.
- [29] Choe, J., & Kim, H.-Y. Quality characteristics of reduced fat emulsion-type chicken sausages using chicken skin and wheat fiber mixture as fat replacer. *Poultry Science*, 2019, 98, 2662 - 2669.
- [30] Codex Alimentarius. Report of the 30th Session of the Codex Committee on Nutrition and Foods for Special Dietary Uses, Cape Town, South Africa, 3–7 November, 2008.

- [31] Codex Alimentarius. Report of the 31st Session of the Codex Committee on Nutrition and Foods for Special Dietary Uses, Düsseldorf, Germany, 2–6 November, 2009.
- [32] Corral, S., Salvador, A., & Flores, M. Salt reduction in slow fermented sausages affects the generation of aroma active compounds. *Meat Science*, 2013, 93, 776–785.
- [33] Dai, F.-J., & Chau, C.-F. Classification and regulatory perspectives of dietary fiber. *Journal of Food and Drug Analysis*, 2017, 25, 37–42.
- [34] Das, A. K., Nanda, P. K., Madane, P., Biswas, S., Das, A., Zhang, W., & Lorenzo, J. M. A comprehensive review on antioxidant dietary fibre enriched meat-based functional foods. *Trends in Food Science & Technology*, 2020, 99, 323–336.
- [35] Delgado-Pando, G., Allen, P., Kerry, J. P., O’Sullivan, M. G., Hamill, R. M. Optimising the acceptability of reduced-salt ham with flavourings using a mixture design. *Meat Science*, 2019, 156, 1 – 10.
- [36] Delzenne, N. M., Olivarez, M., Neyrinck, A. M., Beaumont, M., Kjolbaek, L., Larsen, T. M., Kamp, J.-W. Van Der. Nutritional interest of dietary fiber and prebiotics in obesity: lessons from the MyNewGut consortium. *Clinical Nutrition*, 2019, 39, 414–424.
- [37] De Souza, A. M. B., Araujo Alves, R., Madeira, D. S. S., Santos, R. M., Pereira, A. L. F., Oliveira Lemos, T., & Abreu, V. K. G. Storage of beef burgers containing fructooligosaccharides as fat replacer and potassium chloride as replacing sodium chloride. *Journal of Food Science and Technology*, 2020, 57, 3232 – 3243.
- [38] Desmond, E. Reducing salt: A challenge for the meat industry. *Meat Science*, 2006, 74, 188–196.
- [39] Decker, E. A.; Park, Y. Healthier meat products as functional foods. *Meat Science*, 2010, 86, 49–55.
- [40] Dzudie, T., Kouebou, C. P., Essia-Ngang, J. J., & Mboufung, C. M. F. Lipid sources and essential oils effects on quality and stability of beef patties. *Journal of Food Engineering*, 2004, 65, 67–72.
- [41] EFSA. Scientific Opinion on the substantiation of a health claim related to barley beta-glucans and lowering of blood cholesterol and reduced risk of (coronary) heart disease pursuant to Article 14 of Regulation (EC) No 1924/2006. *EFSA Journal*, 2011, 9, 2470.
- [42] García, M. L., Dominguez, R., Galvez, M. D., Casas, C., & Selgas, M. D. Utilization of cereal and fruit fibres in low fat dry fermented sausages. *Meat Science*, 2002, 60, 227.
- [43] Garcia-Santos, M. de S. L., Conceição, F. S., Villas Boas, F., Salotti de Souza, B. M., & Barretto, A. C. S. Effect of the addition of resistant starch in sausage with fat reduction on the physicochemical and sensory properties. *Food Science and Technology*, 2019, 39, 491–497.

- [44] Guàrdia, M. D., Guerrero, L., Gelabert, J., Gou, P., & Arnau, J. Sensory characterisation and consumer acceptability of small caliber fermented sausages with 50% substitution of NaCl by mixtures of KCl and potassium lactate. *Meat Science*, 2008, 80, 1225-1230.
- [45] Henning, S. S. C., Tshalibe, P., & Hoffman, L. C. 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*, 2016, 74, 92–98.
- [46] Horita, C. N., Morgano, M. A., Celeghini, R. M. S., & Pollonio, M. A. R. Physico-chemical and sensory properties of reduced-fat mortadella prepared with blends of calcium, magnesium and potassium chloride as partial substitutes for sodium chloride. *Meat Science*, 2011, 89, 426–433.
- [47] IARC, 2015. IARC Monographs evaluate consumption of red meat and processed meat, Press Release N°240, 25 October 2015.
- [48] Inguglia, E. S., Kerry, J. P., Burgess, C. M., & Tiwari, B. K. Salts and Salt Replacers. *Reference Module in Food Science*, 2019, 235-239.
- [49] Jiménez-Colmenero, F., Carballo, J., & Cofrades, S. Healthier meat and meat products: their role as functional foods. *Meat Science*, 2001, 59, 5–13.
- [50] Kaur, R., & Sharma, M. Cereal polysaccharides as sources of functional ingredient for reformulation of meat products: A review. *Journal of Functional Foods*, 2019, 62, 103527.
- [51] Keenan, D. F., Resconi, V. C., Smyth, T. J., Botinestean, C., Lefranc, C., Kerry, J. P., & Hamill, R. M. The effect of partial-fat substitutions with encapsulated and unencapsulated fish oils on the technological and eating quality of beef burgers over storage. *Meat Science*, 2015, 107, 75–85.
- [52] Kerry, J. F., & Kerry, J. P. Producing low-fat meat products. *Improving the Fat Content of Foods*, 2006, 336–379.
- [53] Kim, G.-D., Hur, S. J., Park, T. S., & Jin, S.-K. Quality characteristics of fat-reduced emulsion-type pork sausage by partial substitution of sodium chloride with calcium chloride, potassium chloride and magnesium chloride. *LWT- Food Science and Technology*, 2018, 89, 140–147.
- [54] Kim, C. H., Park, J., & Kim, M. Gut Microbiota-Derived Short-Chain Fatty Acids, T Cells, and Inflammation. *Immune Network*, 2014, 14, 277.
- [55] Krawczyk, G., Venables, A., & Tuason, D. Microcrystalline cellulose. *Handbook of Hydrocolloids*, 2009, 740–759.
- [56] Leroy, F., & De Vuyst, L. Fermented Foods: Fermented Meat Products. *Encyclopedia of Food and Health*, 2016, 656–660.
- [57] Li, J.-M., Nie, S. P. The functional and nutritional aspects of hydrocolloids in foods. *Food Hydrocolloids*, 2016, 53, 46–61.
- [58] Li, L., Pan, M., Pan, S., Li, W., Zhong, Y., Hu, J., & Nie, S. Effects of insoluble and soluble fibers isolated from barley on blood glucose, serum lipids, liver function

- and caecal short-chain fatty acids in type 2 diabetic and normal rats. *Food and Chemical Toxicology*, 2019, 135, 110937.
- [59] Lorenzo, J. M.; Bermúdez, R.; Domínguez, R.; Guiotto, A.; Franco, D.; Purriños, L. Physicochemical and microbial changes during the manufacturing process of dry-cured lacón salted with potassium, calcium and magnesium chloride as a partial replacement for sodium chloride. *Food Control*, 2015, 50, 763 – 769.
- [60] Mela, D.J., & Maeshall, R.J. Sensory properties and perceptions of fats. In: *Dietary Fats: Determinants of Preference, Selection and Consumption*. Elsevier Applied Science Publishers, London, 1992, 43 – 57.
- [61] Ming-Mei, L., Zhou, Y., Zuo, L., Nie, D., & Xiao-An, L. Dietary Fiber Regulates Intestinal Flora and Suppresses Liver and Systemic Inflammation to Alleviate Liver Fibrosis in Mice. *Nutrition*, 2020, 25, 110959.
- [62] Moghtadaei, M., Soltanizadeh, N., & Goli, S. A. H. Production of sesame oil oleogels based on beeswax and application as partial substitutes of animal fat in beef burger. *Food Research International*, 2018, 108, 368–377.
- [63] Mohebbi, Z., Homayouni, A., Azizi, M. H., & Hosseini, S. J. Effects of beta-glucan and resistant starch on wheat dough and prebiotic bread properties. *Journal of Food Science and Technology*, 2017, 55, 101–110.
- [64] Mora-Gallego, H., Serra, X., Guàrdia, M. D., & Arnau, J. Effect of reducing and replacing pork fat on the physicochemical, instrumental and sensory characteristics throughout storage time of small caliber non-acid fermented sausages with reduced sodium content. *Meat Science*, 2014, 97, 62–68.
- [65] Nsor-Atindana, J., Chen, M., Goff, H. D., Zhong, F., Sharif, H. R., & LI, Y. Functionality and nutritional aspects of microcrystalline cellulose in food. *Carbohydrate Polymers*, 2017, 172, 159–174.
- [66] Nsor-Atindana, J., Xing Zhou, Y., Nazmus Saqib, M., Chen, M., Douglas Goff, H., Ma, J., & Zhong, F. Enhancing the prebiotic effect of cellulose biopolymer in the gut by physical structuring via particle size manipulation. *Food Research International*, 2019, 131, 108935.
- [67] Ochola, S., & Masibo, P. K. Dietary Intake of Schoolchildren and Adolescents in Developing Countries. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 2014, 64, 24–40.
- [68] Olmedilla-Alonso, Begoña; Jiménez-Colmenero, Francisco; Sánchez-Muniz, Francisco J. Development and assessment of healthy properties of meat and meat products designed as functional foods. *Meat Science*, 2013, 95, 919–930.
- [69] Peng, X., & Yao, Y. Carbohydrates as Fat Replacers. *Annual Review of Food Science and Technology*, 2017, 8, 331–351.
- [70] Pérez-Burillo, S., Mehta, T., Pastoriza, S., Kramer, D. L., Paliy, O., & Rufián-Henares, J. Á. Potential probiotic salami with dietary fiber modulates antioxidant capacity, short chain fatty acid production and gut microbiota community structure. *LWT- Food Science and Technology*, 2019, 105, 355-362.

- [71] Ramírez, J. A., Barrera, M., Morales, O. G., & Vázquez, M. Effect of xanthan and locust bean gums on the gelling properties of myofibrillar protein. *Food Hydrocolloids*, 2002, 16, 11–16.
- [72] Reynolds, A., Mann, J., Cummings, J., Winter, N., Mete, E., & Te Morenga, L. Carbohydrate quality and human health: a series of systematic reviews and meta-analyses. *The Lancet*, 2019, 393, 434-445.
- [73] Roberfroid, M. B. Introducing inulin-type fructans. *British Journal of Nutrition*, 2005, 93, S13.
- [74] Santos, J., M; Ignácio, E., O; Bis-Souza, C., V; Barretto, A., C., S. Performance of reduced fat-reduced salt fermented sausage with added microcrystalline cellulose, resistant starch and oat fiber using the simplex design. *Meat Science*, 2021, 175, 108433.
- [75] Saura-Calixto, F. Antioxidant Dietary Fiber Product: A New Concept and a Potential Food Ingredient. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1988, 46, 4303–4306.
- [76] Sarteshnizi, R. A., Hosseini, H., Bondarianzadeh, D., Colmenero, F. J., & Khaksar, R. Optimization of prebiotic sausage formulation: Effect of using β -glucan and resistant starch by D-optimal mixture design approach. *LWT - Food Science and Technology*, 2015, 62, 704–710.
- [77] Shan, L. C., De Brún, A., Henchion, M., LI, C., Murrin, C., Wall, P. G., & Monahan, F. J. Consumer evaluations of processed meat products reformulated to be healthier – A conjoint analysis study. *Meat Science*, 2017, 131, 82–89.
- [78] Schulze, M. B. Fiber and Magnesium Intake and Incidence of Type 2 Diabetes. *Archives of Internal Medicine*, 2007, 167, 956.
- [79] Schuh, V., Allard, K., Herrmann, K., Gibis, M., Kohlus, R., & Weiss, J. Impact of carboxymethyl cellulose (CMC) and microcrystalline cellulose (MCC) on functional characteristics of emulsified sausages. *Meat Science*, 2013, 93, 240–247.
- [80] Shinnick, F. L., Longacre, M. J., Ink, S. L., & Marlett, J. A. Oat Fiber: Composition versus Physiological Function in Rats. *The Journal of Nutrition*, 1988, 118, 144–151.
- [81] Trevisan, Y. C., Bis-Souza, C. V., Henck, J. M. M., Barretto, A. C. S. 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*, 2016, 19, 2015079.
- [82] Wilailux, C., Sriwattana, S., Chokumnoyporn, N., & Prinyawiwatkul, W. Texture and Colour Characteristics, and Optimisation of Sodium Chloride, Potassium Chloride and Glycine of Reduced-Sodium Frankfurter. *International Journal of Food Science & Technology*. 2019, 55, 2232-2241.
- [83] Williams, L. M., Scott, H. A., & Wood, L. G. Soluble fibre as a treatment for inflammation in asthma. *Journal of Nutrition & Intermediary Metabolism*. 2019, 18, 100108.

- [84] World Health Organization: Obesity: preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO Consultation (WHO Technical Report Series 894). Geneva, WHO, 2003. (Available) http://www.who.int/nutrition/publications/obesity/WHO_TRS_894/en/.
- [85] World Cancer Research Fund/American Institute for Cancer Research. Policy and action for cancer prevention. Food, nutrition, and physical activity: A global perspective. Washington, DC.
- [86] Yackinos, C., & Guinard, J.X. Flavour manipulation can enhance the impression of fat in some foods. *Journal of Food Science*, 2000, 65, 1270 – 1283.
- [87] Zhang, X., Yang, J., Gao, H., Zhao, Y., Wang, J., & Wang, S. Substituting sodium by various metal ions affects the cathepsins activity and proteolysis in dry-cured pork butts. *Meat Science*, 2020, 166, 108132.
- [88] Zhao, G. H., Kapur, N., Carlin, B., Selinger, E., & Guthrie, J. T. Characterisation of the interactive properties of microcrystalline cellulose–carboxymethyl cellulose hydrogels. *International Journal of Pharmaceutics*, 2011, 415, 95–101.
- [89] Zheng, J., Han, Y., Ge, G., Zhao, M., Sun, W. Partial substitution of NaCl with chloride salt mixtures: Impact on oxidative characteristics of meat myofibrillar protein and their rheological properties. *Food Hydrocolloids*. 2019, 96, 36 – 42.
- [90] Zeuthen, P. In: Handbook of Fermented Meat and Poultry (eds Toldrá, F. H. Hui, Y. Astiasarán, I. Sebranek J. G. & Talon R.), John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, UK. 2015.

**5. CAPÍTULO II – PERFORMANCE OF REDUCED FAT-REDUCED SALT
FERMENTED SAUSAGE WITH ADDED MICROCRYSTALLINE
CELLULOSE, RESISTANT STARCH AND OAT FIBER USING THE
SIMPLEX DESIGN**

SANTOS, J., M; IGNÁCIO, E., O; BIS-SOUZA, C., V; BARRETTO, A., C., S.

Artigo científico publicado na revista Meat Science.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108433>

Artigo Original

ABSTRACT

The search for ingredients that improve technological and nutritional aspects of food has been intensified in recent years by both researchers and industry. Thus, the aim of this study was to evaluate fermented sausages with simultaneous reduction of fat (25%) and salt (25% KCl; 75% NaCl) using up to 2% of three different dietary fiber: microcrystalline cellulose (MCC), resistant starch (RS) and oat fiber (OF). Technological and sensory evaluations used the simplex-centroid mixture design. The dietary fiber added did not affect the weight loss, pH values and sensory acceptance. Models were obtained for water activity, lactic acid bacteria, hardness, chewiness and TBARS values. When included in combination the three dietary fiber helped reduce water activity, inclusion of MCC increased the population of lactic acid bacteria, and inclusion of OF with MCC demonstrated an antioxidant effect and improved hardness and chewiness. These dietary fibers are ingredients that can contribute to the development of reduced fat – reduced salt fermented sausage.

Keywords: Lipid oxidation, Lactic acid bacteria, Sensory acceptance, Dietary fiber.

1. INTRODUCTION

Both consumers and the food industry have been looking for ingredients that improve both the technological and nutritional aspects of foods. Dietary fibers have been used in the food industry because they have a number of different functions including a high water retention capacity, helping in protein-water bonding, improving texture and juiciness and increasing sensory acceptance (Barretto, Pollonio, Telis-Romero, & Barretto, 2018; Pérez-Burillo et al., 2020; Saldaña et al., 2020), beyond physiological aspect, which contributes to the proper functioning of the gastrointestinal system (Han & Bertram, 2017). The negative connection between high fat levels and human health has promoted the development of reduced fat versions of food products (Li & Nie, 2016).

Salami is a fermented meat product consisting of a mixture of meat and animal fat which, after homogenization, is fermented and dried (Bis-Souza, Barba, Lorenzo, Penna, & Barretto, 2019; Zanardi, Ghidini, Conter, & Ianieri, 2010) under controlled temperature and relative humidity conditions. High contents of saturated fat and sodium have been associated with the development of chronic non-communicable diseases (NCDs), such as hypertension, cardiovascular diseases, obesity and some types of cancer (Arihara, 2006; Pérez-Burillo et al., 2020; Salotti de Souza, Borgonovi, Casarotti, Todorov, & Penna, 2018). Thus, products with appeal to healthiness have received the attention of consumers, who want products with the same traditional characteristics, such as texture, flavor, color and aroma, but are healthier at the same time. This is a challenge that the industry and scientists seek to solve (Inguglia, Zhang, Tiwari, Kerry, & Burgess, 2017).

Fat contributes to characteristics such as water retention capacity and sensory aspects such as taste, texture, juiciness and lubrication. Fat reduction can affect the

acceptance of fermented meat products (Mora-Gallego, Guàrdia, Serra, Gou, & Arnau, 2016; Olivares, Navarro, Salvador, & Flores, 2010).

Li and Nie (2016) related the importance of increased dietary fiber consumption. Dietary fiber has been used in studies of reformulated meat products (Bis-Souza et al., 2019; Schuh et al., 2013), which involved the reduction of fat and sodium, alteration of the lipid profile by short-chain fatty acids, focusing on improvements in physicochemical, technological and sensory properties. Microcrystalline cellulose (MCC) is constituted of crystalline powder, porous, odorless and free of impurities and it is characterized by low degree of polymerization and being insoluble in water (Nsor-Atindana et al., 2017). Resistant starch (RS) is a dietary fiber with a low molecular weight and is characterized as being a prebiotic fiber and being soluble in water (Mohebbi, Homayouni, Azizi, & Hosseini, 2017). Oat fiber (OF) contains water-soluble β -glucans but the highest fractions is insoluble-water, which is composed of lignin, cellulose, hemicellulose and pectin (Ciudad-Mulero, Fernández-Ruiz, Matallana-González, & Morales, 2019). de Garcia-Santos, Conceição, Villas Boas, Salotti de Souza, & Barretto (2019) showed that RS did not have any influence on the technological characteristics, such as the texture profile and sensory parameters, when used as a fat substitute in emulsified sausage. In a study which reduced fat in beef patties reported MCC had a mouthfeel similar to fat in addition to decreasing instrumental hardness values (Gibis, Schuh, & Weiss, 2015). Trevisan, Bis-souza, Henck, and Barretto (2016) reported that OF promoted a higher hardness, improving slicing in burgers with reduced fat content.

Therefore, the addition of dietary fiber can improve the texture of fermented meat products contributing to increased hardness (Bis-Souza, Ozaki, et al., 2019). Dietary fiber improved formulations of meat products with simultaneous reduction of fat and salt (Souza et al., 2020). Potassium chloride has been used as a partial substitute for sodium

chloride in different meat matrices (Pinton et al., 2021, Barretto et al., 2018). The dietary fiber in combination with KCl led to better water and fat-binding properties in low sodium frankfurters (Colmenero, Ayo, & Carballo, 2005). In order to preserve the microbiological and sensory characteristics of the final product (Da Silva et al., 2020; Rios-Mera et al., 2019), the importance of ionic strength in the formation of gels of myofibrillar protein interaction and water retention is stressed, which may present undesirable characteristics with the reduction of NaCl (Zheng, Han, Ge, Zhao, & Sun, 2019).

The simplex design methodology has been used in research conducted on the reformulation of meat products. It provides an understanding of the robustness of the data generated in determining the importance of the variables studied, whether instrumental, technological or sensorial, and providing an adequate formulation according to the graphic and linear regression results (R^2) simultaneously (Baugreet, Kerry, Allen, & Hamill, 2017; Bezerra et al., 2020; Bis-Souza, Ozaki, et al., 2019; Delgado-Pando, Allen, Kerry, O'Sullivan, & Hamill, 2018; Delgado-Pando, Allen, Kerry, O'Sullivan, & Hamill, 2019; Marchetti, Argel, Andrés, & Califano, 2015; Vasquez Mejia et al., 2018).

Therefore, the present study aims to evaluate the effect of the addition of three dietary fibers (MCC, RS and OF) on the performance of fermented sausage with simultaneous reduction of fat and reduction of salt, using mixture design, on the physicochemical and sensory properties.

2. MATERIAL AND METHODS

2.1. Material

The dietary fibers used were MCC - Nutracel 611 SD® (with 80% insoluble fiber and 15% soluble fiber) (Nutrassim Food Ingredients, Extrema, Brazil), RS - Hi Maize® 260 (with 48% soluble fiber) (Ingredion, Mogi Guaçu, Brazil) and OF - VITACEL Oat Fiber HF 600® (with 93% insoluble fiber and a maximum content of 3% soluble fiber) (J. Rettenmaier LatinoAmericana, Diadema, Brazil). All the ingredients used were provided by New Max Industrial company (Americana, Brazil). The *starter* culture Bactoform T-SPX composed of *Staphylococcus xylosus* DD-34 and *Pediococcus pentosaceus* PC-1 was provided by Chr-Hansen Ind. e Com. Ltda Company (Valinhos, Brazil).

2.2. Experimental design: simplex-centroid mixture design

Three dietary fibers: MCC (X_1), RS (X_2) and OF (X_3) were used in the mixture design. The hypothesis was tested using a matrix composed of 11 mixtures (Table 1). The maximum amount of dietary fiber added was 2% (the amount was not dependent on the fiber content of each dietary fiber), which was similar to previous studies (Bis-Souza, Ozaki, et al., 2019). The evaluation of mathematical models included linear regression and contour graphic functions for the following response variables: water activity, lactic acid bacteria, instrumental hardness, instrumental chewiness, pH value, weight loss, chemical composition and 2-thiobarbituric reactive substances (TBARS) values.

Table 1 – Simplex-centroid mixture design matrix to reduced fat- reduced salt fermented sausage.

Treatments	Matrix			Proportion (%)		
	X ₁	X ₂	X ₃	MCC	RS	OF
T1	1	0	0	2	0	0
T2	0	1	0	0	2	0
T3	0	0	1	0	0	2
T4	0.5	0.5	0	1	1	0
T5	0.5	0	0.5	1	0	1
T6	0	0.5	0.5	0	1	1
T7/T8	0.33	0.33	0.34	0.66	0.66	0.68
T9	0.66	0.17	0.17	1.34	0.33	0.33
T10	0.17	0.66	0.17	0.33	1.34	0.33
T11	0.17	0.17	0.66	0.33	0.33	1.34

Microcrystalline cellulose (MCC); Resistant starch (RS); Oat fiber (OF).

2.3. Manufacture of fermented sausage

Eleven formulations of fermented sausage with fat and sodium reduction were elaborated with 86% of fresh pork shoulder (moisture 68.11%, fat 11.77%, protein 18.83%), 12% of pork back fat (moisture 9.74%, fat 67.77%, protein 7.02%) and 2% of dietary fiber according to the matrix design (Table 1). The other ingredients added were: sodium chloride (1.88%), potassium chloride (0.62%), sucrose (2%), sodium nitrite (0.015%), sodium nitrate (0.015%), garlic powder (0.3%) white pepper powder (0.2%), nutmeg powder (0.2%), sodium erythorbate (0.05%), cloves powder (0.2%) and the addition of *starter* culture (0.025% - Bactoferm T-SPX - 1.8×10^{10} CFU/g). All the ingredients were mixed using an automatic blender (Frigomaq, Chapecó, Brazil) for approximately 5 min. After, the samples were stuffed in collagen cases (diameter of 50 mm) and separated into pieces of 15 cm. Then, samples were soaked in a solution of potassium sorbate (20%) and ripened for 16 days. The temperature and relative humidity parameters (T °C and RH %) were controlled over the ripening time, 15–25 °C and 75–95%, respectively.

2.4. Proximate composition and weight loss of reduced fat – reduced salt fermented sausage

Moisture, ash and protein contents were determined according to AOAC (2007). The lipid content was determined according to Bligh and Dyer (1959) at the end of the process. Weight losses were expressed as the difference between the initial weight and the final weight, as a percentage (Glisic et al., 2019), that is, the evaporative losses after the drying process. All analyses were performed in duplicate.

2.5. Color parameters determination

For the color parameters, each treatment was cut into three pieces of 2 cm thickness. Three replicates from each treatment and batch were taken after 16 days (after the ripening process). The instrumental color was measured in a ColorFlex 45/0 spectrophotometer (Hunterlab, Virginia, USA), observation angle of 10°, with D65 illuminant and linked to Universal software version 4.10. The samples were placed in a quartz capsule with an internal diameter of 75 mm and they were analyzed ten times in different positions for each piece. The specification system used was the CIELAB color space expressing the three values: L* for the lightness, a* for redness, and b* for yellowness.

2.6. pH and water activity

The pH value was measured with a penetration probe in an mPA-210 digital pH meter (Tecnozon, São Paulo, Brazil) calibrated with two buffer solutions (pH 4 and 7) at room temperature. Water activity (Aw) was measured using an Aqualab water activity meter (Decagon Devices Inc., Pullman, USA). The analyses were performed after 16 days of ripening. The analyses were performed in triplicate for each treatment.

2.7. Texture profile analysis

The texture profile analysis was performed using a TA-XT/Plus/50 texture analyzer (Stable Micro Systems, Godalming, UK), at room temperature (25 °C), equipped with a cylindrical probe, 36 mm in diameter. The hardness (N), cohesiveness, springiness and chewiness (N) parameters were determined, as described by Bourne (1978). The samples of reduced fat – reduced salt fermented sausage were cut into 2 cm cubes and were axially compressed to 50% of height (1 cm) in two consecutive cycles, at a constant speed test of 1 mm s⁻¹ ($n = 10$). This analysis was performed after the ripening time (16 days).

2.8. Microbiological analysis

The Lactic acid bacteria (LAB) were counted after inoculation on Man Rogos Sharpe (MRS) agar (Difco™, United Kingdom) (pH 5.6) and incubation at 30 °C for 48 h under anaerobic condition, performed on all treatments (Bedia, Méndez, & Bañón, 2011).

2.9. TBARS value

Lipid oxidation was measured using the TBARS (thiobarbituric acid reactive substance) value according to the procedure described by Vyncke (1970) with modification - bathed at 40 °C for 90 min, using a standard curve of malonaldehyde (MDA at 532 nm), using 1,1,3,3 tetraethoxypropane as standard. The values were expressed as mg MDA/kg sample. This analysis was performed after the ripening time (16 days).

2.10. Sensorial evaluation

The acceptability test was performed at the Sensory Analysis Laboratory of the Department of Food Technology and Engineering (UNESP, São José do Rio Preto, SP, Brazil) after the microbiological analysis indicated its safety for consumption. The

sensory evaluation was performed by 70 untrained regular consumers of fermented sausage, composed of members of the academic community of the Institute of Biosciences, Letters and Exact Sciences of the São Paulo State University (UNESP/IBILCE). Samples of each treatment were cut into 3 mm thick pieces using a meat slicer (Bermar, São José do Rio Preto, Brazil) and put on plastic plates, randomly coded with three-digit numbers and presented to consumers in a random, monadic and sequential manner, as described by Meilgaard, Civille, and Carr (1999). All consumers evaluated a sample of all treatments in random order, divided into two sessions, in individual cabins under white light. The sensorial attributes evaluated in the acceptance test were color, appearance, taste, texture, flavor and overall acceptance using a structured hedonic scale of 9 points. This project had been previously approved by the Research Ethics Committee of UNESP-IBILCE (Project number 25066919.2.0000.5466).

2.11. Statistical Analysis

The mean values of each response variable were obtained in triplicate of each batch in order to analyze the data of water activity (A_w), lactic acid bacteria count, hardness, chewiness, and TBARS value. The linear, quadratic and cubic regression models for the mixture design were used, with a lack of fit and coefficient of determination (R^2) were determined for each response variable. Two independent batches of the reduced fat – reduced salt fermented sausages were prepared on two different days.

$$y = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_{12} X_1 X_2 + \beta_{13} X_1 X_3 + \beta_{23} X_2 X_3 + \beta_{123} X_1 X_2 X_3 \quad (1)$$

The data obtained of each triplicate of each batch were submitted for analysis of variance using mixed model ANOVA analyses. Each batch was considered as a random variable and the treatments as a fixed variable. The means of composition, pH values,

weight loss and color parameters of reduced fat – reduced salt fermented sausage were compared using the Tukey HSD test when ANOVA had a significant effect ($P < 0.05$). The results were expressed as the mean values and the standard error of the mean (SEM).

For the sensory test, the treatment was considered as the main effect and consumers as the random variable. Random terms were grouped according to treatments, sensory panel (session number, tasting order, untrained consumer number), interactions between the two and also interactions with treatments. The data obtained in the sensorial analysis were analyzed statistically using the General Linear Model (GLM) and the means were compared using the Tukey HSD test ($P < 0.05$). The results were also expressed as the mean values and standard error of the mean. All statistical analysis was performed using Statistica 7.0 software (Statsoft Inc., USA).

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Proximate composition

The proximate composition of the reduced fat – reduced salt fermented sausage was not affected ($P > 0.05$) by the addition of dietary fiber. The content of fat and protein were similar ($P > 0.05$) for all treatments (Table 2) as expected, since the amount of added fat was not changed in the treatments. The fat content obtained in this study (approximately 25%) was lower than values reported in a study of traditional fermented sausage (up to 34%) (De Lima Alves et al., 2018; Mendes et al., 2014).

Regarding the moisture content, the addition of dietary fiber alone or in a mixture up to 2% did not show any effect on this parameter in the simplex design. The difference observed between T9 and T4 could be a result of the mass heterogeneity or the position of the sample in the ripening chamber, although all care with randomization and minimization of errors was taken during the study.

Table 2 – Chemical composition, pH and weight loss of reduced fat- reduced salt fermented sausage after ripening time.

	Treatments										SEM	<i>P</i> value
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7/T8	T9	T10	T11		
Moisture	39.04 ^{ab}	39.79 ^{ab}	41.17 ^{ab}	38.14 ^b	39.93 ^{ab}	40.70 ^{ab}	39.41 ^{ab}	43.00 ^a	40.47 ^{ab}	39.93 ^{ab}	0.406	0.048
Fat	25.31	25.33	23.32	26.63	25.26	24.59	24.47	23.79	24.57	24.46	0.279	0.443
Protein	29.60	27.79	27.54	26.57	26.79	27.49	28.11	25.99	27.39	28.63	0.498	0.967
Ash	4.05 ^c	4.22 ^{ab}	4.60 ^b	3.99 ^c	4.75 ^{ab}	4.65 ^b	4.84 ^{ab}	4.76 ^{ab}	4.98 ^a	4.20 ^c	0.083	< 0.01
pH	4.91	4.90	4.85	4.88	4.85	4.88	4.85	4.89	4.90	4.86	0.006	0.056
Weight loss (%)	31.19 ^b	31.86 ^{ab}	32.02 ^{ab}	31.00 ^b	32.03 ^{ab}	31.22 ^b	32.73 ^{ab}	31.03 ^b	32.58 ^{ab}	34.16 ^a	0.225	0.012

^{a, b, c}. According to Tukey test, samples on the same line with different letters show significant difference between them. ($P < 0.05$); SEM: standard error of the mean.

T1 = 2% MCC; T2 = 2% RS, T3 = 2% OF, T4 = 1% MCC + 1% RS, T5 = 1% MCC + 1% OF, T6 = 1% RS + 1% OF, T7 and T8 = 0.66% MCC + 0.66% RS + 0.68% OF, T9 = 1.32% MCC + 0.32% RS + 0.36% OF, T10 = 0.32% MCC + 1.32% RS + 0.36% OF, T11 = 0.32% MCC + 0.32% RS + 1.36% OF.

Microcrystalline cellulose (MCC); Resistant starch (RS); Oat fiber (OF).

The ash content varied from 3.99 (T4) to 4.98 (T10), values that are in agreement with another study with a similar fermented meat product (Nsor-Atindana et al., 2017). Fermented sausage goes through a drying process which results in the loss of free water, aiding its microbiological stability.

3.2. pH values and weight loss

The dietary fiber added in a proportion of 2% did not influence the parameters of weight loss and pH values (Table 2). The pH value is an important technological parameter for fermented sausage products, due to the fermentation promoted by the incorporation of lactic acid bacteria promoting the characteristic of reducing the pH value and inhibiting the growth of undesirable pathogenic microorganisms (Campagnol, dos Santos, Wagner, Terra, & Pollonio, 2012; Olivares, Navarro, & Flores, 2009). In this study, the pH values were similar ($P < 0.05$) for all treatments. Treatment T11 showed a significant difference ($P < 0.05$) for T1, T4, T6 and T9 in weight loss probably due to some difference during the drying process (e.g., position in the ripening chamber), but the range for weight loss values was 31.00 to 34.16%. These results are similar to those reported by Bis-Souza, Penna, and da Silva Barretto (2020) and Montanari et al. (2018).

3.3. Color parameters

Treatment T4 (1% MCC + 1% RS) showed the highest ($P < 0.05$) value for lightness, according to Fig. 1A. In contrast, T3 (2% OF) presented the lowest ($P < 0.05$) value. These results indicate that the OF (insoluble) when added at 2% reduces the intensity of the white color when compared to samples with the addition of MCC and RS (both soluble dietary fiber).

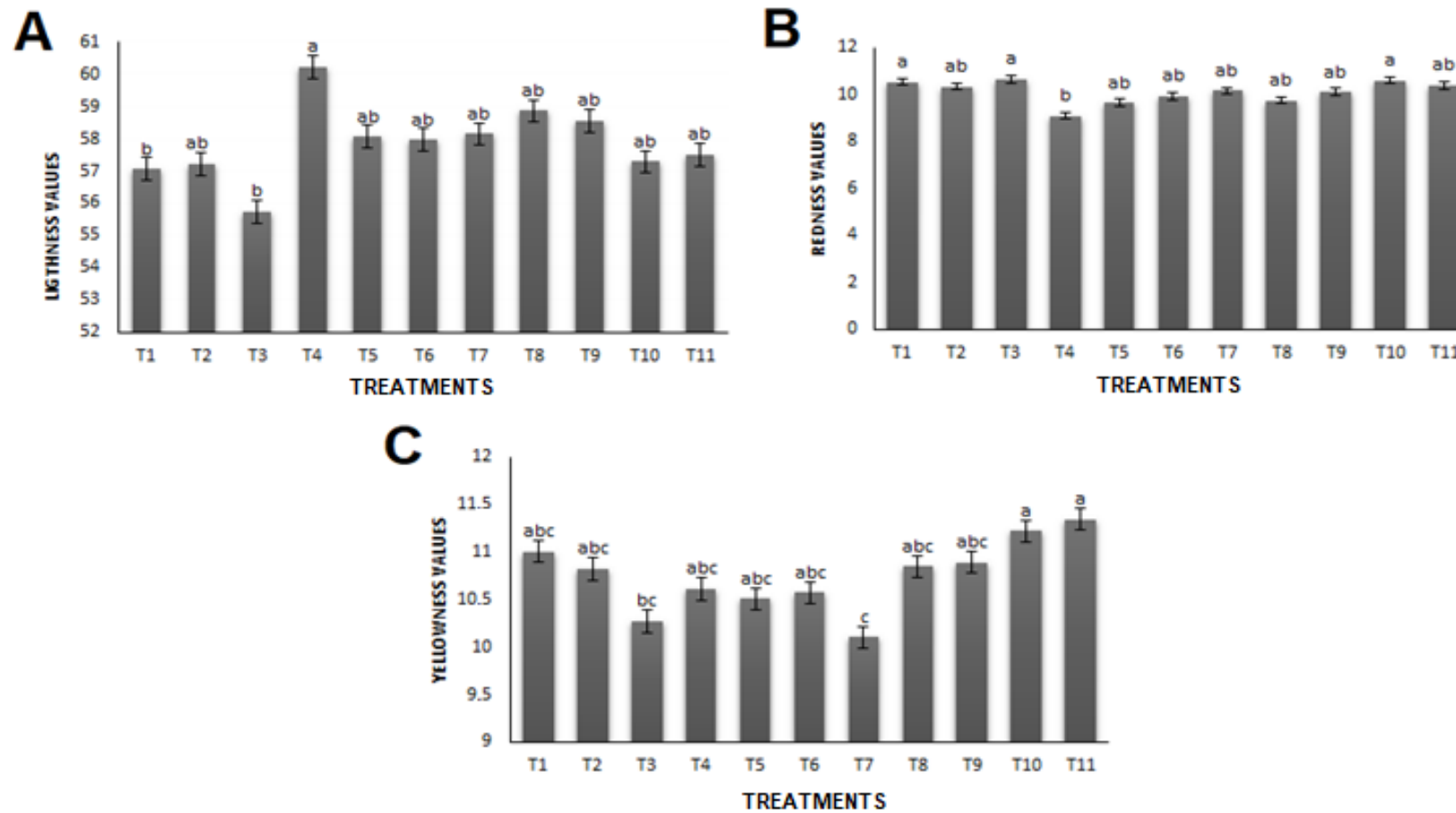


Figure 1 – Lightness (A), Redness (B) and Yellowness (C) parameter color of reduced fat- reduced salt fermented sausages after ripening time. Legend: T1 = 2% MCC; T2 = 2% RS, T3 = 2% OF, T4 = 1% MCC + 1% RS, T5 = 1% MCC + 1% OF, T6 = 1% RS + 1% OF, T7 and T8 = 0.66% MCC + 0.66% RS + 0.68% OF, T9 = 1.32% MCC + 0.32% RS + 0.36% OF, T10 = 0.32% MCC + 1.32% RS + 0.36% OF, T11 = 0.32% MCC + 0.32% RS + 1.36% OF. Microcrystalline cellulose (MCC); Resistant starch (RS); Oat fiber (OF).

^{a, b, c} According to Tukey test, samples with different letters show significant difference between them. ($P < 0.05$).

The redness (Fig. 1B) showed higher values for T1, T3 and T10, compared to T4 (9.08), which resulted in the lowest value for redness. The samples T10 (11.22) and T11 (11.34) obtained a higher value of yellowness ($P < 0.05$) than sample T7. Similar values were reported by Eim, Simal, Rosselló, and Femenia (2008), who described that the modification of myoglobin during the ripening of fermented sausages may have contributed to this difference in the color parameters.

3.4. Water activity

The addition of the three fibers in this fermented sausage formulation significantly ($P < 0.05$) affected the parameter of water activity (A_w) (Fig. 2A). The value of coefficient of determination (R^2) for water activity was 0.75 (Table 3). The equation model showed variation for treatments T1, T2 and T3, where the formulations had 2% MCC, 2% RS and 2% OF respectively, so it can be inferred that the dietary fiber, when used separately, influenced the increase in A_w . However, when all three fibers were used together in the same proportion (MCC - 0.66%, RS - 0.66% and OF - 0.66%) they contributed to the decrease in the A_w value. Dietary fibers are widely known for their water retention capacity, which has been shown by mathematical models in other studies (García, Dominguez, Galvez, Casas, & Selgas, 2002; Han & Bertram, 2017; Wang et al., 2020). However, when the three fibers are used in the same proportion, the differences in their colloidal agents and solubility can decrease the water holding capacity (Ktari, Smaoui, Trabelsi, Nasri, & Ben Salah, 2014; Morin, Temelli, & McMullen, 2004).

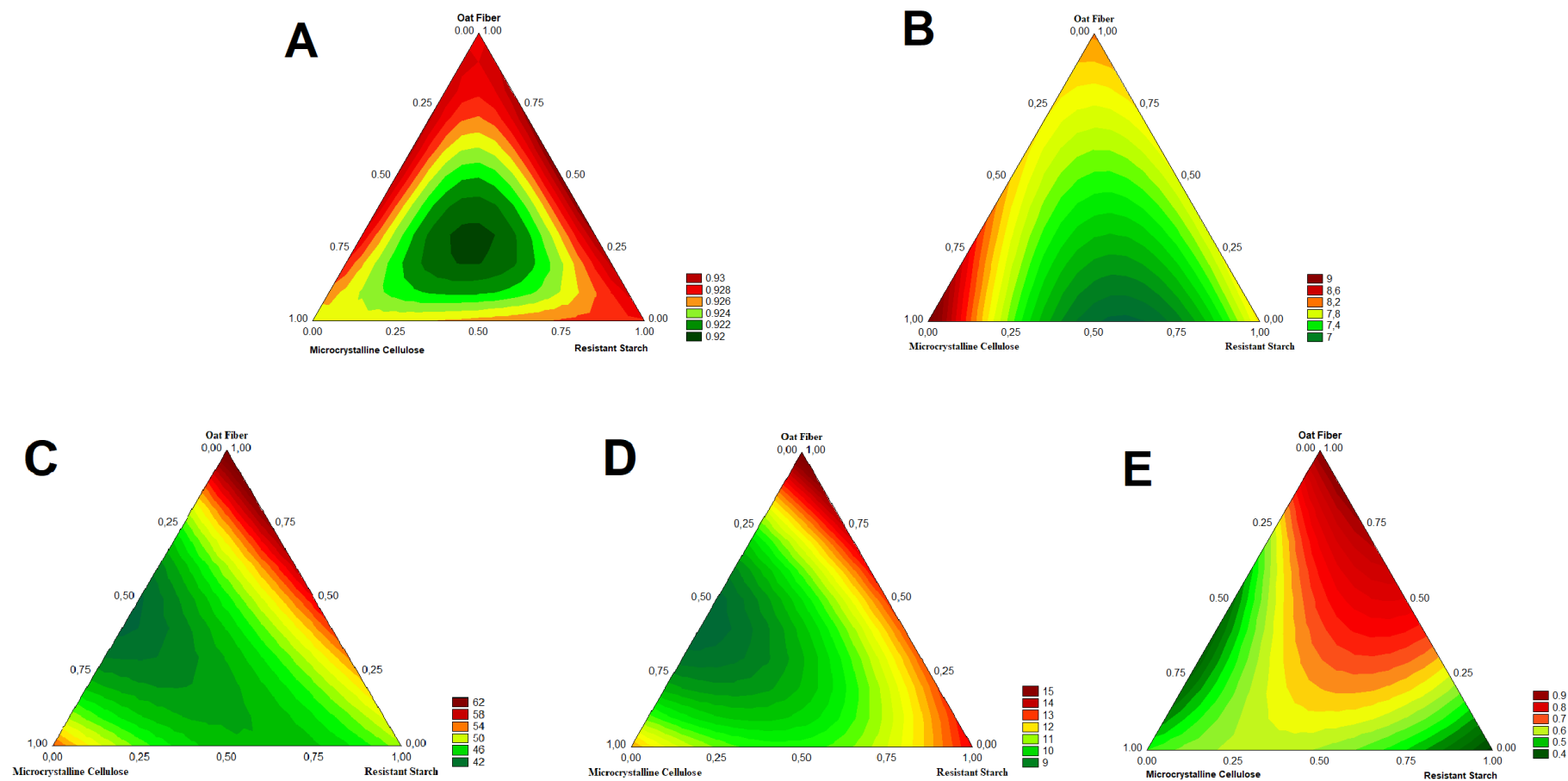


Figure 2 – Contour plots of Water activity (A), Lactic acid bacteria (B), Hardness (C), Chewiness (D), TBARS values (E) showing the effect of dietary fibers used in reduced fat- reduced salt fermented sausage.

Table 3 – 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.

Response	Equation ^A	R ²	P value	Lack of fit
Water active	$0.924 X_1 + 0.926 X_2 + 0.927 X_3 - 0.254 X_1 X_2 X_3$	0.75	0.049*	0.305
Lactic acid bacteria (Log CFU/g)	$9.12 X_1 + 7.94 X_2 + 8.12 X_3 - 6.85 X_1 X_2$	0.89	0.015*	0.121
Hardness (N)	$54.34 X_1 + 48.74 X_2 + 62.65 X_3 - 70.87 X_1 X_3$	0.83	0.042*	0.061
Chewiness (N/mm)	$12.30 X_1 + 13.34 X_2 + 15.47 X_3 - 22.11 X_1 X_3$	0.88	0.016*	0.091
TBARS values (mg MDA/ kg)	$0.52 X_1 + 0.36 X_2 + 0.90 X_3 - 1.09 X_1 X_3$	0.94	0.026*	0.458

X₁, X₂ and X₃ indicate coded variables for MCC (Microcrystalline cellulose), RS (Resistant starch) e OF (Oat fiber), respectively, R² – regression coefficient.

* Significant values of the regression coefficient by ANOVA (P> 0.05).

3.5. Texture profile analysis

Regarding the texture profile analysis, only hardness and chewiness were significantly affected by the addition of the dietary fiber ($P < 0.05$) and these mathematical models are presented in Table 3. For hardness, the addition of the single components (MCC, RS, OF) show a positive effect increasing the hardness of the meat product. The interaction between dietary fiber $X_1 X_2$ also significantly ($P < 0.05$) increases this texture parameter. Fig. 2C shows the increase in hardness in fermented sausage that is reformulated with same type of dietary fiber. These fat replacers have already been reported by some studies (Ben Slima et al., 2020; Choe, Kim, Lee, Kim, & Kim, 2013; Henning, Tshalibe, & Hoffman, 2016) which had similar results.

Fig. 2D shows that chewiness has similar behavior: the addition of the dietary fiber shows a positive ($P < 0.05$) effect in the treatments that have only one fiber added. On the other hand, the interaction between dietary fiber $X_1 X_2$ decreased ($P < 0.05$) the values for this parameter (Table 3).

The dietary fiber did not affect springiness and cohesiveness, where the values for springiness ranged from 0.453 to 0.545 and the values of cohesiveness ranged from 0.437 to 0.519.

3.6. Microbiological analysis

All the microbiological results obtained in this study were within the limits established by Brazilian Legislation (Brazil, 2001). The microbial counts were inferior to 100 MPN/g for thermotolerant coliforms, inferior to 100 CFU.g⁻¹. for Coagulase-Positive *Staphylococci* and there was a complete absence of *Salmonella* spp. in 25 g of sample. This result can be attributed to the use of good manufacturing practices, the quality of the raw material, the ingredients that inhibit microbiological growth, the low pH values and the high lactic acid bacteria count.

3.7. Results for lactic acid bacteria

The microcrystalline cellulose, resistant starch and oat fiber added in reduced fat – reduced salt fermented sausage showed a positive linear effect ($P < 0.05$) in increasing the lactic acid bacteria count (Table 3). A negative effect of the interaction between MCC and RS on the lactic acid bacteria count is also seen. The treatment with the addition of 2% MCC presented the highest value for the lactic acid bacteria count (9 log CFU/g – Fig. 2B), which was likely caused by the glycodic β 1–4 structure of microcrystalline cellulose, providing glucose disposal as an energy source for lactic acid bacteria; as well as, hydrocolloidal characteristics which aid in water retention capacity (De Barros, Lechner, Charalampopoulos, Khutoryanskiy, & Edwards, 2015; Nsor-Atindana et al., 2017). So, the use of this prebiotic fiber appears to support the growth of lactic acid bacteria such as *Lactobacillus* spp., which can bring additional benefits to consumer health. Ham et al. (2015) reported improve to lactic acid bacteria counts in fermented sausages when reduced fat and mixture of collagen and dietary fiber (composed by microcrystalline cellulose and carboxymethyl cellulose) was added in one week of refrigerated storage. This symbiotic effect in meat fermented products has been studied by some authors (Bis-Souza et al., 2020; Özer & Kiliç, 2020).

3.8. Lipid oxidation

All dietary fiber used in this study showed a positive effect ($P < 0.05$) on the lipid oxidation value when added alone in the fermented sausage process, which increased the TBARS value (Table 3). This behavior has been well documented by several authors (Bis-Souza et al., 2020; Pietrasik, Sigvaldson, Soladoye, & Gaudette, 2020; Zhao et al., 2018). The highest value for TBARS was observed when 2% of OF was added (Fig. 2E) which may be related to the insoluble structure of this dietary fiber. Insoluble OF also

produced higher values of TBARS compared to soluble fibers in a study of beef burgers where fat was replaced by dietary fiber (Bis-Souza, Henck, & Barretto, 2018). Despite the increases in lipid oxidation by the addition of dietary fiber, all treatments presented values below 1.0 mg of MDA/kg, which is accepted as a level of deterioration (Greene & Cumuze, 1982). However, when oat fiber (OF) was incorporated together with the MCC, there was a reduction in TBARS values which indicated an antioxidant characteristic in the reduced fat - reduced salt fermented sausage.

3.9. Sensory acceptance

The three added dietary fiber did not significantly affect the equation model. Attributes such as color, appearance, flavor and texture (Table 4), did not show significant ($P < 0.05$) effect of dietary fiber to reduced fat – reduced salt fermented sausage. The different concentrations of fiber did not influence these parameters. Bis-Souza, Ozaki, et al. (2019), in a study that used the simplex design model, presents results contrary to those in this study: reducing the partial fat content in Italian type salami with the addition of up to 2% in variations of inulin, fructooligosaccharide and alpha-cyclodextrin showed significant differences for these parameters ($P < 0.05$).

There were significant ($P < 0.05$) differences among the treatments to flavor. Treatment T11 (0.32% MCC + 0.32% RS + 1.36% OF) received a significantly lower score ($P < 0.05$) than the others, treatment T3 did not show any significant difference from T11 ($P < 0.05$) and from the others. Piñero et al. (2008) reports the moisture retention capacity of soluble oat fiber, which helped in the succulence in beef patties with partial fat reduction, however, received the lowest values for flavor in the sensory acceptance test. Szpicer, Onopiuk, Póltorak, and Wierzbicka (2020) attributes the inferior results for treatments with OF (insoluble), which can have an affinity for moisture retention, to the starchy flavor.

Table 4 – Sensory acceptance in reduced fat- reduced salt fermented sausage.

	Treatments											SEM	<i>P value</i>
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11		
Color	7.31	7.48	7.39	7.22	7.52	7.19	7.42	7.64	7.39	7.52	7.41	0.048	0.725
Appearance	6.95	7.39	7.25	7.14	7.20	7.22	7.27	7.52	7.41	7.05	7.09	0.053	0.547
Taste	7.06	7.17	7.12	7.05	7.11	7.19	6.88	7.41	7.38	7.16	7.22	0.052	0.687
Texture	7.28	7.52	7.33	7.38	7.33	7.31	7.25	7.31	7.55	7.41	6.72	0.052	0.119
Flavor	7.55 ^a	7.16 ^a	6.95 ^{ab}	7.27 ^a	7.31 ^a	7.47 ^a	7.28 ^a	7.42 ^a	7.28 ^a	7.36 ^a	6.28 ^b	0.057	< 0.01
Global acceptance	7.38 ^a	7.31 ^{ab}	7.06 ^{ab}	7.27 ^{ab}	7.38 ^a	7.31 ^{ab}	7.33 ^{ab}	7.55 ^a	7.34 ^{ab}	7.31 ^{ab}	6.66 ^b	0.047	0.021

^{a, b, c} According to Tukey test, samples on the same line with different letters show significant difference between them. ($P < 0.05$). SEM: standard error of the mean;

T1 = 2% MCC; T2 = 2% RS, T3 = 2% OF, T4 = 1% MCC + 1% RS, T5 = 1% MCC + 1% OF, T6 = 1% RS + 1% OF, T7 and T8 = 0.66% MCC + 0.66% RS + 0.68% OF, T9 = 1.32% MCC + 0.32% RS + 0.36% OF, T10 = 0.32% MCC + 1.32% RS + 0.36% OF, T11 = 0.32% MCC + 0.32% RS + 1.36% OF.

Microcrystalline cellulose (MCC); Resistant starch (RS); Oat fiber (OF).

Cellulose fiber was added to sausages with fat reduction between 25% and 100%, where all fat reduction formulations did not significantly differ ($P < 0.05$) in their scores for flavor and global acceptance from the control treatment (Hu et al., 2016). Sarteshnizia, Hosseinia, Bondarianzadeh, Colmenero, and Khaksar (2015) optimized sausage formulations with the prebiotic fibers RS and β -glucan by the simplex design method, which showed higher scores for formulations where the addition of RS was higher, while in treatments with a higher concentration of β -glucan the scores were lower.

Color, appearance, taste, texture and flavor parameters can influence global acceptance. In this study, this overall parameter was significantly affected ($P < 0.05$). The formulation with 1.34% added OF received the lowest score for global acceptance. Treatments T1, T5 and T8 received the highest scores. Treatment T11 received the lowest score for flavor and influenced the lowest score for global acceptance, treatment T3 (2% added OF) did not differ significantly ($P < 0.05$). These results show that OF added above 1.34% can contribute to the sensory characteristics in fermented meat sausage with partial reduction of fat and sodium. Afshari, Hosseini, Khaksar, Mohammadifar, and Amiri (2015) inferred that treatments with the addition of β -glucan significantly affected ($P < 0.05$) the global acceptance. Barretto, Pacheco, and Pollonio (2015), reported that the addition of OF significantly the values obtained in the sensory analysis, which contributed to the decrease in the scores of sensory parameters.

4. CONCLUSION

The addition of MCC, RS and OF influenced technological parameters such as water activity, lactic acid bacteria, hardness, chewiness and TBARS values. MCC can improve of lactic acid bacteria counts and MCC together with OF showed an antioxidant characteristic in reduced fat – reduced salt fermented sausage. These dietary fibers do not affect the sensory parameters like appearance, color, taste and texture, instrumental color, weight loss, pH values and proximate composition. This study demonstrated that MCC, RS and OF can contribute to the development of fermented sausage with simultaneous reduction of fat (25%) and reduction of salt (25% KCl; 75% NaCl).

The following is the supplementary data related to this article.

Download : [Download Word document \(17KB\)](#)

Supplementary Table 1. Supplementary data of water activity, LAB, hardness, chewiness and TBARS values of reduced fat – reduced salt fermented sausage (average).

Supplementary table 1 – Supplementary data of water activity, LAB, hardness, chewiness and TBARS values of reduced fat – reduced salt fermented sausage (average).

	Treatments										
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11
Water activity	0.923	0.927	0.927	0.925	0.928	0.931	0.919	0.917	0.927	0.924	0.927
LAB (Log CFU/g)	9.08	7.90	8.07	6.02	6.48	6.50	8.30	7.00	8.75	9.00	7.00
Hardness (N)	52.49	48.17	64.02	41.82	39.65	56.34	42.26	42.80	50.79	50.48	48.48
Chewiness (N/mm)	11.82	13.17	15.93	10.44	8.97	13.82	9.23	9.02	10.18	11.18	9.56
TBARS (mg MDA/kg)	0.52	0.36	0.93	0.55	0.44	0.79	0.64	0.70	0.63	0.63	0.70

Microcrystalline cellulose (MCC); Resistant starch (RS); Oat fiber (OF). T1 = 2% MCC; T2 = 2% RS, T3 = 2% OF, T4 = 1% MCC + 1% RS, T5 = 1% MCC + 1% OF, T6 = 1% RS + 1% OF, T7 and T8 = 0.66% MCC + 0.66% RS + 0.68% OF, T9 = 1.32% MCC + 0.32% RS + 0.36% OF, T10 = 0.32% MCC + 1.32% RS + 0.36% OF, T11 = 0.32% MCC + 0.32% RS + 1.36% OF.

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 β -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>, 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.) β -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., Rufían-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 (β -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 β -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 β -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.

APÊNDICE A – Modelo de ficha utilizado no capítulo II para o teste de aceitação sensorial.

Nome: _____ Idade: _____ Data: _____

1 - Você está recebendo uma amostra de Salame. Por favor, prove-a e avalie cada item segundo a escala abaixo:

- 9. Gostei extremamente
- 8. Gostei muitíssimo
- 7. Gostei moderadamente
- 6. Gostei levemente
- 5. Não gostei/nem desgostei
- 4. Desgostei levemente
- 3. Desgostei moderadamente
- 2. Desgostei muitíssimo
- 1. Desgostei extremamente

Amostra _____

Cor	
Aparência	
Aroma	
Textura	
Sabor	
Gosto salgado	
Aceitação Global	

2 - Assinale, para esta amostra, qual seria sua intenção de compra:

- ☐ Eu certamente compraria esta amostra
- ☐ Eu provavelmente compraria esta amostra
- ☐ Tenho dúvidas se compraria esta amostra
- ☐ Eu provavelmente não compraria esta amostra
- ☐ Eu certamente não compraria esta amostra

Comentários: _____

ANEXO A – Direitos de uso de artigo em dissertação.



Performance of reduced fat-reduced salt fermented sausage with added microcrystalline cellulose, resistant starch and oat fiber using the simplex design

Author: João Marcos dos Santos, Eduardo Oliveira Ignácio, Camila Vespúcio Bis-Souza, Andrea Carla da Silva-Barretto

Publication: Meat Science

Publisher: Elsevier

Date: May 2021

© 2021 Elsevier Ltd. All rights reserved.

Journal Author Rights

Please note that, as the author of this Elsevier article, you retain the right to include it in a thesis or dissertation, provided it is not published commercially. Permission is not required, but please ensure that you reference the journal as the original source. For more information on this and on your other retained rights, please visit: <https://www.elsevier.com/about/our-business/policies/copyright#Author-rights>

BACK

CLOSE WINDOW

ANEXO B – Parecer consubstanciado do Comitê de Ética em Pesquisa do Ibilce – Unesp – nº25066919.2.0000.5466.

UNESP - INSTITUTO DE
BIOCIÊNCIAS LETRAS E
CIÊNCIAS EXATAS/ CAMPUS
DE SÃO JOSÉ DO RIO
PRETO/IBILCE



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: EFEITO DA ADIÇÃO DE FIBRAS ALIMENTARES E CLORETO DE POTÁSSIO EM EMBUTIDO FERMENTADO COM TEOR REDUZIDO DE GORDURA E SÓDIO

Pesquisador: JOAO MARCOS DOS SANTOS

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 25066919.2.0000.5466

Instituição Proponente: Instituto de Biociências Letras e Ciências Exatas/ Campus de São José do

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.906.195

Apresentação do Projeto:

Pesquisador atendeu a pendência referente à alteração solicitada no parecer deste CEP.

Objetivo da Pesquisa:

Pesquisador atendeu a pendência referente à alteração solicitada no parecer deste CEP.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Pesquisador atendeu a pendência referente à alteração solicitada no parecer deste CEP.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Pesquisador atendeu a pendência referente à alteração solicitada no parecer deste CEP.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Pesquisador atendeu a pendência referente à alteração solicitada no parecer deste CEP.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Pesquisador atendeu a pendência referente à alteração solicitada no parecer deste CEP.

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Endereço: CRISTOVÃO COLOMBO 2265
Bairro: JARDIM NAZARETH **CEP:** 15.054-000
UF: SP **Município:** SÃO JOSÉ DO RIO PRETO
Telefone: (17)3221-2545 **Fax:** (17)3221-2500 **E-mail:** camilabm@ibilce.unesp.br

**UNESP - INSTITUTO DE
BIOCIÊNCIAS LETRAS E
CIÊNCIAS EXATAS/ CAMPUS
DE SÃO JOSÉ DO RIO
PRETO/IBILCE**



Continuação do Parecer: 3.906.196

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1463957.pdf	06/03/2020 15:24:29		Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.docx	05/11/2019 18:03:19	JOAO MARCOS DOS SANTOS	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_rosto_Joao_Marcos.pdf	05/11/2019 14:36:23	JOAO MARCOS DOS SANTOS	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PROJETO_SALAME.docx	05/11/2019 09:26:49	JOAO MARCOS DOS SANTOS	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

SAO JOSE DO RIO PRETO, 09 de Março de 2020

Assinado por:
Ana Maria Klein
(Coordenador(a))

Endereço: CRISTOVÃO COLOMBO 2265

Bairro: JARDIM NAZARETH

CEP: 15.054-000

UF: SP

Município: SÃO JOSÉ DO RIO PRETO

Telefone: (17)3221-2545

Fax: (17)3221-2500

E-mail: camilabm@ibilce.unesp.br