

RESSALVA

Atendendo solicitação do autor, o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 08/03/2023.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Câmpus de São José do Rio Preto

Carlos Alberto Alves Junior

**Adição de L-lisina e fibras alimentares em produto cárneo emulsionado sem
adição de fosfato e reduzido teor de sal: efeito sobre as propriedades físico-
químicas**

São José do Rio Preto
2022

Carlos Alberto Alves Junior

Adição de L-lisina e fibras alimentares em produto cárneo emulsionado sem adição de fosfato e reduzido teor de sal: efeito sobre as propriedades físico-químicas

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

Financiadora: Capes-DS

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Andrea Carla da Silva Barretto

São José do Rio Preto
2022

A474a

Alves Junior, Carlos Alberto

Adição de L-lisina e fibras alimentares em produto cárneo emulsionado sem
adição de fosfato e reduzido teor de sal: efeito sobre as propriedades
físico-químicas / Carlos Alberto Alves Junior. -- São José do Rio Preto, 2022
86 f. : il., tabs.

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

Orientadora: Andrea Carla da Silva Barretto

1. Salsicha. 2. Clean label. 3. L-lisina. 4. Fibra de trigo. 5. Celulose
microcristalina. I. Título.

Carlos Alberto Alves Junior

**Adição de L-lisina e fibras alimentares em produto cárneo
emulsionado sem adição de fosfato e reduzido teor de sal: efeito sobre
as propriedades físico-químicas**

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

Financiadora: Capes-DS

Comissão Examinadora

Prof^a. Dr^a. Andrea Carla da Silva Barretto
UNESP – Câmpus de São José do Rio Preto
Orientadora

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

Prof^a. Dr^a. Tayse Ferreira Ferreira da Silveira
UNESP – Câmpus de São José do Rio Preto

São José do Rio Preto
08 de março de 2022

AGRADECIMENTOS

À Deus, por ser a luz do meu caminho e pelo seu imenso amor.

À minha orientadora, Profa. Dra. Andrea, pela confiança em mim depositada, compreensão e por seus ensinamentos;

À minha família, meus pais, Carlos e Liliane e ao meu irmão, Bruno, pelo carinho, compreensão e apoio em todas as minhas decisões;

À minha noiva, Sara, por estar sempre ao meu lado acreditando e incentivando na concretização desse sonho, pela paciência, amor e companheirismo;

Aos meus amigos de laboratório Marcello, João Marcos, Bruna, Danúbia, Elisa, Larissa, Eduardo, por toda amizade, apoio e ensinamentos pessoais e profissionais;

Aos meus amigos de departamento Isac, Yara, Mariana Garcia, Victoria, Francielli, Carolina, Halissom, pela parceria, amizade e bons conselhos;

Aos técnicos Luis e Alana, pelos ensinamentos e auxílios prestados;

Ao Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos e ao Programa de Pós-graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos da UNESP – IBILCE e a todos os docentes, discentes e colaboradores que contribuíram de forma direta ou indireta;

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 88887.487065/2020-00, à qual agradeço.

RESUMO

A salsicha é um produto cárneo emulsionado consumido em todo o mundo. Sua produção conta com ingredientes como fosfato e cloreto de sódio (NaCl), em razão das propriedades funcionais apropriadas na matriz, especialmente a extração das proteínas miofibrilares da carne. Entretanto, a ingestão em excesso desses ingredientes pode potencializar o risco de doenças cardiovasculares, hipertensão, hiperfosfatemia e doenças ósseas. Diante disso, torna-se necessário substituir e/ou reduzir os fosfatos e o NaCl dos produtos cárneos, frente a crescente preocupação por parte dos consumidores entre a relação alimentação e saúde. Na primeira etapa analisou-se os efeitos da adição da L-lisina, fibra de trigo e celulose microcristalina em salsicha sem adição de fosfato e reduzido teor de NaCl quanto as propriedades físico-químicas. Oito tratamentos foram elaborados, sendo três controles: CON1 – 0,5 % tripolifosfato de sódio (STTP) e 2 % NaCl; CON2 – sem STTP e 2 % NaCl; CON3 – sem STTP e 1 % NaCl; e cinco tratamentos sem adição de STTP e 1 % de NaCl, com adição de L-lisina e/ou fibras alimentares: LYS – 0,8 % L-lisina; WTF – 2 % fibra de trigo; MCC – 2 % fibra de celulose microcristalina; LYSWTF – 0,8 % L-lisina e 2 % fibra de trigo; LYSMCC – 0,8 % L-lisina e 2 % fibra de celulose microcristalina. A L-lisina e a fibra de trigo proporcionaram boa estabilidade da emulsão em salsichas sem adição de STTP e reduzido teor de NaCl. A L-lisina e a celulose microcristalina auxiliaram no rendimento desses produtos. A adição das fibras alimentares e L-lisina promoveram aumento da dureza de salsichas sem STTP e reduzido teor de NaCl. Na segunda etapa estudou-se os efeitos da adição da L-lisina e fibras alimentares em salsichas sem adição de fosfato e substituição de 50 % do NaCl por cloreto de potássio (KCl) quanto às propriedades físico-químicas. Sete tratamentos foram elaborados: TTC1 – 0,5 % de STTP e 2 % NaCl; TTC2 – sem STTP e 2 % NaCl; TTC3 – sem STTP e 1 % NaCl; TTC4 – sem STTP, 1 % NaCl e 1 % KCl; LWFK - sem STTP, 1 % NaCl, 1 % KCl, 0,8 % L-lisina e 2 % fibra de trigo; LMCK - sem STTP, 1 % NaCl, 1 % KCl, 0,8 % L-lisina e 2 % celulose microcristalina; LWTMCK - sem STTP, 1 % NaCl, 1 % KCl, 0,8 % L-lisina, 1 % fibra de trigo e 1 % celulose microcristalina. A L-lisina, fibras alimentares e KCl auxiliaram no rendimento e pH das salsichas livre de fosfato e reduzido teor de NaCl. Em conjunto (LWFMCK) proporcionaram boa estabilidade da emulsão. O KCl reduziu a oxidação lipídica, os valores de b^* e a dureza proveniente da redução do NaCl. A L-lisina e as fibras

alimentares aumentaram os valores de a^* , bem como, a dureza e mastigabilidade das salsichas livre de fosfato e reduzido teor de NaCl. A incorporação das fibras alimentares fibra de trigo e celulose microcristalina em conjunto com a L-lisina e KCl contribuiu com propriedades tecnológicas de salsicha livre de fosfato e reduzido teor de NaCl, apresentando-se como uma alternativa na reformulação de produtos cárneos emulsionados.

Palavras-chave: Salsicha. *Clean label*. L-lisina. Fibra de trigo. Celulose microcristalina.

ABSTRACT

Sausage is an emulsified meat product consumed all around the world. Its production includes ingredients such as phosphate and sodium chloride (NaCl), due to the functional properties provided in the matrix, especially the extraction of myofibrillar proteins from the meat. However, excessive consumption of these ingredients can increase the risk of cardiovascular disease, hypertension, hyperphosphatemia and bone diseases. That way, it is necessary to replace and/or reduce phosphates and NaCl in meat products, due, in particular, to growing concern from consumers about the relationship between food and health. In the first stage, the effects of the addition of L-lysine, wheat fiber and microcrystalline cellulose in sausage without phosphate addition and reduced NaCl were analyzed, in relation to the physicochemical properties. Eight treatments were produced in total. Three control treatments were: CON1- 0.5 % sodium tripolyphosphate and 2 % NaCl; CON2- no added sodium tripolyphosphate and 2 % NaCl; CON3- no added sodium tripolyphosphate and 1 % NaCl; and five more treatments with no added sodium tripolyphosphate and 50 % reduction of NaCl: LYS- 0.8 % L-lysine; WTF- 2 % wheat fiber; MCC- 2 % microcrystalline cellulose fiber; LYSWTF- 0.8 % L-lysine and 2 % wheat fiber; LYSMCC- 0.8 % L-lysine and 2 % microcrystalline cellulose fiber. L-lysine and wheat fiber provided good emulsion stability in sausages without addition of STTP and NaCl reduction. L-lysine and microcrystalline cellulose helped in the yield of these products. The addition of dietary fiber and L-lysine increased the hardness of sausages without STTP and reduced NaCl. In the second stage, the effects of the addition of L-lysine and dietary fiber in sausages without addition of phosphate and replacement of 50% of NaCl by KCl in terms of physicochemical properties were studied. Seven treatments were developed: TTC1 – 0.5% STTP and 2% NaCl; TTC2 – without STTP and 2% NaCl; TTC3 – without STTP and 1% NaCl; TTC4 – without STTP, 1% NaCl and 1% KCl; LWFK – without STTP, 1% NaCl, 1% KCl, 0.8% L-lysine and 2% wheat fiber; LMCK – without STTP, 1% NaCl, 1% KCl, 0.8% L-lysine and 2% microcrystalline cellulose; LWTMCK – without STTP, 1% NaCl, 1% KCl, 0.8% L-lysine, 1% wheat fiber and 1% microcrystalline cellulose. L-lysine, dietary fiber and KCl helped in the yield and pH of the phosphate-free and reduced NaCl sausages. Together (LWFMCK) provided good emulsion stability. KCl reduced lipid oxidation, b* values and hardness from NaCl reduced sausages. L-lysine and dietary fiber increased a* values, as well as the hardness

and chewiness of the phosphate-free and NaCl reduced sausages. The incorporation of dietary fibers, wheat fiber and microcrystalline cellulose together with L-lysine and KCl contributed to the technological properties of a phosphate-free sausage with NaCl reduction, presenting themselves as an alternative in the reformulation of emulsified meat products.

Keywords: Sausage. *Clean label*. L-Lysine. Wheat fiber. Microcrystalline cellulose.

LISTA DE FIGURAS

Capítulo II - L-lysine and dietary fiber improve the physicochemical properties of sausage without addition of phosphate and salt reduction

Figura 1 - Emulsion stability (a) and processing yield (b) of sausages. 51

Capítulo III - Propriedades tecnológicas de salsichas sem fosfato, com teor reduzido de NaCl adicionadas de celulose microcristalina, fibra de trigo e cloreto de potássio

Figura 1. Estabilidade da emulsão (a) e rendimento (b) das salsichas. 68

LISTA DE TABELAS

Capítulo I - Revisão Bibliográfica - Uso de l-lisina e fibras alimentares

para a substituição de fosfato e NaCl em produtos cárneos emulsionados

Tabela 1 - Teores máximos de adição de CMS, miúdos comestíveis e proteínas não cárnicas em salsichas (%).	21
---	----

Capítulo II - L-lysine and dietary fiber improve the physicochemical properties of sausage without addition of phosphate and salt reduction

Tabela 1 - Ingredient proportions added to the sausage of the different treatments (%).	38
---	----

Tabela 2 - Proximate composition of sausages.	43
---	----

Tabela 3 - Lipid oxidation (in mg of MDA kg ⁻¹ of sample) of sausages.	45
---	----

Tabela 4 - Texture profile of the sausages.	46
---	----

Tabela 5 - Instrumental color of sausages during refrigerated storage.	49
--	----

Capítulo III - Propriedades tecnológicas de salsichas sem fosfato, com teor reduzido de NaCl adicionadas de celulose microcristalina, fibra de trigo e cloreto de potássio

Tabela 1 - Ingredientes variáveis dos diferentes tratamentos (%).	63
---	----

Tabela 2 - Composição centesimal das salsichas (%).	67
---	----

Tabela 3 - Valores de pH dos diferentes tratamentos de salsicha.	70
--	----

Tabela 4 - Estabilidade à oxidação lipídica (em mg de MDA/kg de amostra) das salsichas.	71
---	----

Tabela 5 - Cor instrumental das salsichas durante estocagem refrigerada.	74
--	----

Tabela 6 - Perfil de textura instrumental das salsichas durante estocagem refrigerada.	
--	--

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	13
2	OBJETIVOS	14
2.1	Objetivo geral	14
2.2	Objetivos específicos	15
	APRESENTAÇÃO DO TRABALHO	15
	REFERÊNCIAS	16
	CAPÍTULO I - Revisão bibliográfica - Uso de l-lisina e fibras alimentares para a substituição de fosfato e NaCl em produtos cárneos emulsionados	19
1	INTRODUÇÃO	20
2	IMPORTÂNCIA DOS FOSFATOS EM PRODUTOS CÁRNEOS EMULSIONADOS	21
3	IMPORTÂNCIA DO SÓDIO EM PRODUTOS CÁRNEOS EMULSIONADOS	22
4	L-LISINA EM PRODUTOS CÁRNEOS	24
5	FIBRAS ALIMENTARES EM PRODUTOS CÁRNEOS EMULSIONADOS	24
5.1	Fibra de trigo	26
5.2	Celulose microcristalina	27
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	27
	REFERÊNCIAS	28
	CAPÍTULO II - L-lysine and dietary fiber improve the physicochemical properties of sausage without addition of phosphate and salt reduction	34
	ABSTRACT	35
1	INTRODUCTION	36
2	MATERIALS AND METHODS	37
2.1	Materials	37
2.2	Sausage production	38
2.3	Proximate composition and pH	39
2.4	Lipid oxidation	39

2.5	Texture profile analysis (TPA)	40
2.6	Instrumental color	40
2.7	Emulsion stability and yield	41
2.8	Statistical analysis	41
3	RESULTS AND DISCUSSION	42
3.1	Proximate composition and pH value	42
3.2	Lipid oxidation	44
3.3	Texture profile analysis	45
3.4	Instrumental color	47
3.5	Emulsion stability and yield	50
4	CONCLUSION	52
	REFERENCES	53
	CAPÍTULO III - Propriedades tecnológicas de salsichas sem fosfato, com teor reduzido de NaCl adicionadas de celulose microcristalina, fibra de trigo e cloreto de potássio	57
	RESUMO	58
1	INTRODUÇÃO	59
2	MATERIAIS E MÉTODOS	61
2.1	Produção das salsichas	61
2.2	Composição centesimal	63
2.3	Estabilidade da emulsão e rendimento	63
2.4	Determinação de pH	64
2.5	Estabilidade à oxidação lipídica	64
2.6	Cor instrumental	64
2.7	Perfil de textura instrumental	65
2.8	Análise estatística	65
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	66
3.1	Composição centesimal	66
3.2	Estabilidade da emulsão e rendimento	67
3.3	Determinação de pH	69
3.4	Estabilidade à oxidação lipídica	71
3.5	Cor instrumental	72

3.6 Perfil de textura instrumental	75
4 CONCLUSÃO	78
REFERÊNCIAS	78
CONCLUSÃO GERAL	86

1 INTRODUÇÃO GERAL

As carnes e os produtos cárneos contemplam em sua composição proteína de alta qualidade, aminoácidos essenciais, vitaminas do grupo B e minerais, com grande importância na alimentação do ser humano (BARRETTO; PACHECO & POLLONIO, 2015). Apresenta diversos peptídeos e aminoácidos caracterizando-os como alimentos relevantes na dieta humana (CHEN et al., 2020).

A salsicha é um produto cárneo emulsionado amplamente consumido em todo o planeta, em diversos tipos e tamanhos (ZHU et al., 2020). Os produtos cárneos emulsionados usufruem de níveis específicos de fosfato e NaCl em suas formulações, especialmente pela atuação em conjunto na extração e solubilização das proteínas miofibrilares da carne, as quais são responsáveis por propriedades tecnológicas como estabilidade do gel formado, emulsificação, capacidade de retenção de água e gordura na matriz (HORITA et al., 2014; CÂMARA et al., 2020).

Entretanto, o consumo em excesso desses ingredientes pode potencializar a ocorrência de algumas doenças crônicas não transmissíveis. O excesso de sódio na dieta humana está estritamente relacionado ao desencadeamento de doenças cardiovasculares, hipertensão, obesidade e câncer gástrico (GOMES et al., 2021). Uma dieta com excesso de fosfato pode potencializar o risco de doenças como a hiperfosfatemia, doenças cardiovasculares e ósseas (THANGAVELU et al., 2019; PINTON et al., 2019; ZHANG et al., 2021).

A mudança dos hábitos dos consumidores, especialmente na preferência por alimentos mais saudáveis pressiona a indústria da carne no desenvolvimento de estratégias para a reformulação de seus produtos (OZTURK-KERIMOGLU et al., 2022; ZHU et al., 2022). As principais transformações desejáveis por parte dos consumidores nesses produtos são as reduções: de gordura, do teor de sódio, dos aditivos sintéticos e calorias, bem como a inserção de ingredientes funcionais em sua composição (MEJIA et al., 2019).

A L-lisina é um aminoácido essencial que pode aumentar a solubilidade da miosina até mesmo em baixa força iônica (LI et al., 2019). Sua incorporação contribui com a redução das perdas por cozimento, incremento da capacidade de retenção de água e estabilidade das emulsões, melhora atributos de cor e textura, bem como, apresenta

atividade antioxidante nos produtos cárneos (NING et al., 2020; CHEN et al., 2022; ZHOU et al., 2014). Possibilitando sua aplicação em produtos cárneos livre de fosfato e reduzido teor de NaCl (ZHENG et al., 2017).

Nos produtos cárneos emulsionados, a adição de fibras solúveis e/ou insolúveis vem sendo amplamente empregada, especialmente por suas características tecnológicas, como capacidade de retenção de água, auxílio na estabilidade da emulsão, odor neutro, aprimoramento do fatiamento dos produtos e capacidade de redução dos custos das formulações (BARRETTO; PACHECO; POLLONIO, 2015).

O KCl se destaca como potencial substituto do NaCl, pois apresenta composição molecular semelhante (SANTOS et al., 2021), proporcionando propriedades físico-químicas e ação antimicrobiana similar ao NaCl em produtos cárneos emulsionados (ZAMPOUNI et al., 2022).

No entanto, a reformulação de produtos cárneos é considerada um grande desafio, pois componentes como o NaCl, a gordura e os aditivos sintéticos são componentes que desempenham funções essenciais em produtos cárneos, como capacidade de formação de gel, sabor característico, capacidade de retenção de água, conservação, estabilidade das emulsões, capacidade de deslocar o ponto isoelétrico das proteínas miofibrilares, entre outras. Nesse sentido, torna-se necessário um estudo da substituição e/ou redução de fosfato e NaCl em produtos cárneos emulsionados por substitutos eficientes, disponibilizando produtos mais saudáveis e com características tecnológicas e sensoriais semelhantes ao convencional.

4. CONCLUSÃO

A retirada de fosfato em conjunto com a redução do cloreto de sódio se mostra uma tendência na reformulação de produtos cárneos. Em salsicha, se mostrou um desafio, frente às propriedades tecnológicas. As fibras alimentares celulose microcristalina e a fibra de trigo se mostraram ingredientes promissores quando usadas em conjunto com a L-lisina e o cloreto de potássio em salsichas, pois ajudaram na retenção da umidade, na melhora da estabilidade da emulsão, no aumento do rendimento, e no aumento da dureza. A adição de 2% de celulose microcristalina ou fibra de trigo pode ajudar a elaborar produtos cárneos emulsionados sem adição de fosfato e com reduzido teor de NaCl com boas propriedades tecnológicas.

REFERÊNCIAS

- Association of Official Analytical Chemists-International [AOAC]. (2007). Official Methods of Analysis. 18ed. AOAC, Gaithersburg, MD, USA.
- Bao, P., Chen, L., Wang, Y. Hu, Y., Wang, Y., Fang, H., Yang, H., Zhang, B., He, B., Zhou, C. (2021). Quality of frozen porcine Longissimus lumborum muscles injected with L-arginine and L-lysine solution. *Meat Science*, 179, 108530. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108530>.
- Barretto, A. C. S., Pacheco, M. T. B., 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. *Food Science and Technology*, 35, 100-107. <https://doi.org/10.1590/1678-457X.6496>.
- Barretto, T. L.; Bellucci, E. R. B.; Barbosa, R. D.; Pollonio, M. A. R.; Romero, J. T.; Barretto, A. C. S. (2020). Impacto f ultrasound and potassium chloride on the physicochemical and sensory properties in low sodium restructured cooked ham. *Meat Science*, 165, 108130. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108130>.

- Barretto, T. L.; Pollonio, M. A. R.; 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. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.05.023>.
- Bhat, Z. F., Morton, J. D., Mason, S. L., Bekhit, A. E. D. A. (2020). The application of pulsed electric field as a sodium reducing strategy for meat products. *Food Chemistry*, 306, 125622. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125622>.
- Bligh, E. G., & Dyer, W. J. (1959). A Rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, 37, 911-917. <http://dx.doi.org/10.1139/o59-099>. PMID:13671378.
- Bourne, M. C. (1978). Texture profile analysis. *Food Technology*, 32, 62-66.
- Câmara, A. K. F. I., Vidal, V. A. S., Santos, M., Bernardinelli, O. D., Sabadini, E., Pollonio, M. A. R. (2020). Reducing phosphate in emulsified meat products by adding chia (*Salvia hispanica* L.) mucilage in powder or gel format: A clean label technological strategy. *Meat Science*, 163, 108085. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108085>.
- Campo, M. M., Nute, G. R., Hughes, S. I., Enser, M., Wood, J. D., & Richardson, R. I. 2006. Flavour perception of oxidation in beef. *Meat Science*, 72, 303–311. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.07.015>.
- Carvalho, L. T.; Pires, M. A.; Baldin, J. C.; Munekata, P. E. S.; Carvalho, F. A. L.; Rodrigues, I.; Polizer, Y. J.; Mello, J. L. M.; Lapa-Guimarães, J.; Trindade, M. A. (2019). 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*, 147, 53-59. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.08.010>.

- Cruz-Romero, M. C., O'Flynn, C. C., Troy, D., Mullen, A. M., Kerry, J. P. (2022). The use of potassium chloride and tapioca starch to enhance the flavour and texture of phosphate-and sodium- reduced low fat breakfast sausages manufactured using high pressure- treated meat. *Foods*, 11, 17. <https://doi.org/10.3390/foods11010017>.
- Essa, R. Y., & Elsebaie, E. M. (2022). New fat replacement agent comprised of gelatin and soluble dietary fibers derived from date seed powder in beef burger preparation. *LWT - Food Science and Technology*, 156, 113051. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.113051>.
- Fernández-López, J., Lucas-González, R., Viuda-Martos, M., Sayas-Barberá, E., Ballester-Sánchez, J., Haros, C. M., Martínez-Mayoral, A., Pérez-Álvarez, J. A. (2020). Chemical and technological properties of bologna-type sausages with added black quinoa wet-milling coproducts as binder replacer. *Food Chemistry*, 310, 125936. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125936>.
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2014.11.021>.
- Goel, H., Santhiya, D. (2022). Effect of pH on bio-inspired synthesis of L-lysine template bioactive glass hybrid xerogels for tailored textural and rheological properties. *Materials Chemistry and Physics*, 281, 125828. <https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2022.125828>.
- Gore, S. B., Xavier, K. A. M., Nayak, B. B., Tandale, A. T., Balange, A. K. (2022). Technological effect of dietary oat fiber on the quality of minced sausages prepared from Indian major carp (*Labeo rohita*). *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, 27, 100305. <https://doi.org/10.1016/j.bcdf.2021.100305>.

- Guo, X., Tao, S., Pan, J., Lin, X., Ji, C., Liang, H., Dong, X., Li, S. (2020). Effects of L-Lysine on the physiochemical properties and sensory characteristics of salt-reduced reconstructed ham. *Meat Science*, 166, 108133. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108133>.
- Henck, J. M. M., Bis-Souza, C. V., Pollonio, M. A. R., Lorenzo, J. M., Barretto, A. C. S. (2019). Alpha-cyclodextrin as a new functional ingredient in low-fat chicken frankfurter. *British Poultry Science*, 60, 716-723. <http://dx.doi.org/10.1080/00071668.2019.1664726>.
- Hrynczyszyn, P., Jastrzebska, A., Szlyk, E. (2010). Determination of phosphate compounds in meat products by ³¹-Phosphorus Nuclear Magnetic Resonance spectroscopy with methylenediphosphonic acid after alkaline extraction. *Analytica Chimica Acta*, 673, 73-78. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2010.05.018>.
- Illipangama, A. U., Jayasena, D. D., Jo, C., Mudannayake, D. C. (2022). Inulin as a functional ingredient and their applications in meat products. *Carbohydrate Polymers*, 275, 118706. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2021.118706>.
- Kim, G. D., Hur, S. J., Park, T. S., Jin, S. K. (2018). 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*, 89, 140-147. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2017.10.033>.
- Leães, Y. S. V., Pinton, M. B., Rosa, C. T. A., Robalo, S. S., Wagner, R., Menezes, C. R., Barin, J. S., Campagnol, P. C. B., Cichoski, A. J. (2020). Ultrasound and basic electrolyzed water: A green approach to reduce the technological defects caused by NaCl reduction in meat emulsions. *Ultrasonics – Sonochemistry*, 61, 104830. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2019.104830>.

- Mejia, S. M., De Francisco, A., Bohrer, B. M. (2019). Replacing starch in beef emulsion models with β -glucan, microcrystalline cellulose, or a combination of β -glucan and microcrystalline cellulose. *Meat Science*, 153, 58-65. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.03.012>.
- Noguerol, A. T., Pagán, M. J., García-Segovia, P., Varela, P. (2021). Green or clean? Perception of clean label plant-based products by omnivorours, vegan, vegetarian and flexitarian consumers. *Food Research international*, 149, 110652. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110652>.
- Pinton, M. B., Santos, B. A., Correa, L. P., Leães, Y. S. V., Cichoski, A. J., Lorenzo, J. M., Santos, M., Pollonio, M. A. R., Campagnol, P. C. B. (2020). Ultrasound and low-levels of NaCl replacers: A succesful combination to produce low-phosphate and low-sodium meat emulsions. *Meat Science*, 170, 108244. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108244>.
- Pinton, M. B., Correa, L. P., Facchi, M. M. X., Heck, R., T., Leães, Y. S. V., Cichoski, A. J., Lorenzo, J. M., Santos, M., Pollonio, M. A. R., Campagnol, P. C. B. (2019). Ultrasound: A new approach to reduce phosphate content of meat emulsions. *Meat Science*, 152, 88-95. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.02.010>.
- Raybaudi-Massilia, R., Mosqueda-Melgar, J., Rosales-Oballos, Y., Petricone, R. C., Frágenas, N. N., Zambrano-Durán, A., Sayago, K., Lara, M., Urbina, G. (2019). New alternative to reduce sodium chloride in meat products: Sensory and microbiological evaluation. *LWT – Food Science and Technology*, 108, 253-260. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.03.057>.
- Rodrigues, I., Gonçalves, L. A., Carvalho, F. A. L., Pires, M., Rocha, Y. J. P., Barros, J. C., Carvalho, L. T., Trindade, M. A. (2019). Understanding salt reduction in fat-reduce hot dog sausages: Network structure, emulsion stability and consumer acceptance. *Food Science and Technology International*, 26 (2), 123-131. <https://doi.org/10.1177%2F1082013219872677>.

- Roobab, U., Khan, A. W., Lorenzo, J. M., Arshad, R. N., Chen, B., Zheng, X., Bekhit, A. E., Suleman, R., Aadil, R. M. (2021). A systematic review of clean-label alternatives to synthetic additives in raw and processed meat with a special emphasis on high-pressure processing (2018-2021). *Food Research International*, 150, 110792. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110792>.
- Santos, E. A., Ribeiro, A. E. C., Oliveira, A. R., Monteiro, M. L. G., Mársico, E. T., Morgano, M., Caliari, M., Soares Jr, M. S. (2021). Sodium reduction in “spam-like” product elaborated with mechanically separated tilapia meat. *LWT- Food Science and Technology*, 148, 111676. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111676>.
- Santos, J. M., Ignácio, E. O., Bis-Souza, C. V., Barretto, A. C. S. (2021). Performance of reduced fat-reduced salt fermented sausage with added microcrystalline cellulose, resistant starch and oat fiber using the simplex design. *Meat Science*, 175, 108433. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108433>.
- Schuh, V.; Allard, K.; Herrmann, 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, 240-247. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.08.025>.
- Soladoye, O. P., Pietrasik, Z., Hrynets, Y., Betti, M. (2021). The effect of glucosamine and glucosamine caramel on quality and consumer acceptability of regular and reduced salt breakfast sausages. *Meat Science*, 172, 108310. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108310>.
- Sousa, 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 (9), 3232-3243. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04354-0>.

- Thangavelu, K. P., Kerry, J. P., Tiwari, B. K., McDonnell, C. K. (2019). Novel processing technologies and ingredient strategies for the reduction of phosphate additives in processed meat. *Trends in Food Science & Technology*, 94, 43-53. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.10.001>.
- Vidal, V. A. S., Santana, J. B., Paglarini, C. S., Silva, A. A. P., Freitas, M. Q., Esmerino, E. A., Cruz, A. G., Pollonio, M. A. R. (2020). Adding lysine and yeast extract improves sensory properties of low sodium salted meat. *Meat Science*, 159, 107911. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.107911>.
- Vyncke, W. (1975). Evaluation of the direct thiobarbituric acid extraction method for determining oxidative rancidity in mackerel. *Fette, Seifen, Anstrichmittel*, 77, 239-240. <http://dx.doi.org/10.1002/lipi.19700721218>.
- Zhang, F., Zhao, H., Cao, C., Kong, B., Xia, X., Liu, Q. (2021). Application of temperature-controlled ultrasound treatment and its potential to reduce phosphate content in frankfurter-type sausages by 50%. *Ultrasonics Sonochemistry*, 71, 105379. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2020.105379>.
- Zhang, Y., Zhang, D., Huang, Y., Chen, L., Bao, P., Fang, H., Zhou, C. (2020). L-arginine and L-lysine degrade troponin-T, and L-arginine dissociates actomyosin: Their roles in improving the tenderness of chicken breast. *Food chemistry*, 318, 126516. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126516>.
- Zheng, Y.; Xu, P.; Li, S.; Zhu, X.; Chen, C.; Zhou, C. (2017). Effects of L-lysine/L-arginine on the Physicochemical Properties and Quality of Sodium-Reduced and Phosphate-Free Pork Sausage. *International Journal of Nutrition and Food Sciences*, 6, 12-18. <https://article.sciencepublishinggroup.com/html/10.11648.j.ijnfs.20170601.13.html>.

Zhou, C.; Li, J.; Tan, S.; Sun, G. (2014). Effect of l-lysine on the physicochemical properties of pork sausage. *Food Science and Biotechnology*, 23 (3), 775-780.
<https://doi.org/10.1007/s10068-014-0104-6>.

CONCLUSÃO GERAL

A retirada de fosfato em conjunto com a redução de cloreto de sódio em salsicha se mostrou um desafio, a respeito das propriedades tecnológicas. As fibras alimentares celulose microcristalina e fibra de trigo se mostraram ingredientes promissores quando adicionadas em conjunto com a L-lisina e o cloreto de potássio em salsichas, melhorando as propriedades tecnológicas como a retenção da umidade, melhoria da estabilidade da emulsão, aumento do rendimento, e no aumento da dureza. Em produtos cárneos emulsionados livre de fosfato e reduzido teor de NaCl, a adição de 2 % de celulose microcristalina ou 2 % de fibra de trigo pode contribuir no desenvolvimento de um produto mais saudável e com boas propriedades tecnológicas.