

RESSALVA

Atendendo solicitação da autora,
o texto completo desta tese será
disponibilizado somente a partir
de 28/02/2022



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

Camila Vespúcio Bis Souza

Inovação em embutidos cárneos fermentados:
Incorporação de micro-organismos probióticos e fibra prebiótica em
formulações com teor reduzido de gordura.

São José do Rio Preto
2020

Camila Vespúcio Bis Souza

Inovação em embutidos cárneos fermentados:
Incorporação de micro-organismos probióticos e fibra prebiótica em
formulações com teor reduzido de gordura

Tese apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor 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

Orientador: Prof^ª. Dr^ª. Andrea Carla da Silva Barretto
Coorientador: Prof^ª. Dr^ª Ana Lúcia Barretto Penna

São José do Rio Preto
2020

S729i Souza, Camila Vespúcio Bis

Inovação em embutidos cárneos fermentados: : Incorporação de micro-organismos probióticos e fibra prebiótica em formulações com teor reduzido de gordura / Camila Vespúcio Bis Souza. -- São José do Rio Preto, 2020

143 p. : il., tabs.

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

Orientadora: Andrea Carla da Silva Barretto

Coorientadora: Ana Lucia Barretto Penna

1. Bactérias ácido lácticas. 2. Fibras prebióticas. 3. Frutooligossacarídeos. 4. Propriedades funcionais. 5. Produtos cárneos fermentados. 1. 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.

Camila Vespúcio Bis Souza

Inovação em embutidos cárneos fermentados:

Incorporação de micro-organismos probióticos e fibra prebiótica em formulações com teor reduzido de gordura

Tese apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor 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

Comissão Examinadora

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

Prof. Dr. Marco Antonio Trindade
USP – Pirassununga

Prof. Dra. Marise A. Rodrigues Pollonio
UNICAMP – Câmpus de Campinas

Prof. Dra. Ana Carolina Conti e Silva
UNESP – Câmpus de São José do Rio Preto

Dra. Nathalie Almeida Lopes
UNESP – Câmpus de São José do Rio Preto

São José do Rio Preto
28 de fevereiro 2020

Dedico esta conquista ao meu marido, Jhones, aos meus pais, Edivaldo e Viviane, e à minha irmã, Carolina. Pessoas fundamentais neste processo e que sempre estiveram ao meu lado.

AGRADECIMENTOS

Ao meu companheiro, Jhones, por todo o apoio, pelos finais de semana e feriados que me acompanhou nas análises, pelas críticas e por embarcar comigo em meus objetivos.

Aos meus pais e a minha irmã, que sempre me incentivaram à persistir e nunca desistir dos meus sonhos. Muito obrigado.

À minha orientadora, Andrea, por estes 6 anos de amizade e por toda sabedoria que teve a humildade de compartilhar comigo.

À minha co-orientadora, Ana Lúcia, por todos os ensinamentos.

Aos meus amigos, Elisa e Tiago, que fizeram estes 4 anos se tornarem mais leves.

Aos alunos de Pós-graduação que passaram pelo Laboratório de Processamento de Carnes e Produtos Cárneos (Paula, Bruna, Marcio, João Marcos, Eduardo e Gilmar) que me ajudaram de alguma maneira.

Aos estagiários (João Guilherme e Thauan) que tive oportunidade de co-orientar. Apreendi muito com vocês.

Ao IBILCE pela estrutura.

A todos os docentes, discentes e colaboradores do programa de pós-graduação em Engenharia e Ciência dos Alimentos- IBILCE/UNESP.

À UNICAMP, em especial a professora Dra Marise pela parceria e a constante troca de experiência.

Ao CTC- Ourense- Espanha, em especial ao Lorenzo, Mirian, Rubén e Roberto pela parceria e pelos ensinamentos durante a minha estadia.

As empresas que doaram os ingredientes e matéria prima para o desenvolvimento deste trabalho: Ingredion, Chr Hansen, Viskase, Sacco, Vogler Ingredients e New Max.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001

RESUMO

A reformulação de produtos cárneos fermentados tem se mostrado uma tendência para o segmento de alimentos mais saudáveis e é considerada um desafio para pesquisadores do mundo todo. A substituição parcial da gordura suína por fibras alimentares em embutidos cárneos fermentados tem minimizado os efeitos indesejáveis nas características tecnológicas e sensoriais causados pela redução de gordura, tais como aumento da dureza, maior perda de peso e menor aceitação pelos consumidores. Outra estratégia que tem se destacado é a incorporação de micro-organismos probióticos ou potencialmente probióticos (tais como, *L. rhamnosus* GG® e *L. casei*) no processamento de embutidos cárneos fermentados. A adição destas cepas de micro-organismos com propriedades funcionais pode auxiliar na inibição do crescimento da microbiota indesejada, reduzir a oxidação lipídica e acelerar as reações de proteólise, além de acarretar benefícios comprovados à saúde do consumidor, os quais envolvem a redução no colesterol, auxílio no funcionamento do sistema gastrointestinal e do sistema imunológico. Assim, o objetivo deste estudo foi reformular embutidos cárneos fermentados (salame tipo italiano e *Salchichón* espanhol) através da substituição parcial da gordura suínas por fibras prebióticas (frutooligossacarídeos, inulina e alfa ciclodextrina) e incorporação de micro-organismos probióticos e avaliar as propriedades físico-químicas e sensoriais. Dentre as avaliações tecnológicas, pode-se destacar o perfil de aminoácidos livres, o comportamento do perfil de compostos voláteis, oxidação lipídica, perfil de textura e cor instrumental, além da aceitação sensorial de salame tipo italiano com teor reduzido de gordura e *Salchichón* espanhol. A adição de frutooligossacarídeos ou inulina até 2% resultou em uma melhora na aceitação sensorial de salame tipo italiano com teor reduzido de gordura suína. Outro resultado obtido foi a comprovação de que cepas potencialmente probióticas de *L. casei* podem ser utilizadas no processamento de salame tipo italiano com teor reduzido de gordura mantendo alta contagem de células viáveis ($8 \log$ UFC/g). A substituição parcial de gordura suína por frutooligossacarídeos e a adição de *Lactobacillus rhamnosus* GG resultou em uma redução de 29% no teor de gordura em um *Salchichón* Espanhol além de alterar o conteúdo total de compostos voláteis no produto final. Sendo assim, foi possível inovar na produção de embutidos cárneos fermentados com apelo mais saudável, mantendo atrativos sensoriais e tecnológicos utilizando estratégias promissoras.

Palavras-chave: Bactérias ácido lácticas, Fibras prebióticas, Frutooligossacarídeos, Propriedades funcionais, Produtos cárneos fermentados.

ABSTRACT

The reformulation of fermented meat products has proved to be a trend for the healthier food segment and is considered a challenge for researchers around the world. The partial replacement of pork back fat with dietary fiber in fermented meat sausages has minimized the undesirable effects on technological and sensory characteristics caused by this reduction, such as increased hardness and weight loss, and decreased consumer acceptance. Another strategy that has received attention is the incorporation of probiotics or potentially probiotic microorganisms (such as *L. rhamnosus* GG® and *L. casei*) in the processing of fermented sausage. The addition of these microorganisms' strains with functional properties can assist in inhibiting the growth of unwanted microbiota, reduce lipid oxidation and accelerate proteolysis reactions, in addition to providing proven benefits to consumer health, which involve lowering cholesterol and helping gastrointestinal and immune systems functions. Thus, the aim of this study was to reformulate fermented meat sausages (Italian type salami and Spanish Salchichón) by partially replacing swine fat with prebiotic fibers (fructooligosaccharides, inulin and alpha cyclodextrin) and incorporating probiotic microorganisms and evaluating the physicochemical properties and sensory. Among the evaluated technological characteristics, it is noteworthy the free amino acid profile, the behavior of the volatile compound profile, lipid oxidation, texture profile, and instrumental color, in addition to the sensory acceptance of low-fat Italian type salami and Spanish Salchichón. The addition of fructooligosaccharides or inulin up to 2% resulted in an improvement in the sensory acceptance of Italian type salami with reduced content of pork back fat. Another result obtained was the proof that potentially probiotic *L. casei* strains can be used in the processing of low-fat Italian type salami maintaining a high viable cell count (8 log CFU/g) in the final product. The partial replacement of pork back fat by fructooligosaccharides and the addition of *Lactobacillus rhamnosus* GG resulted in a 29% reduction in the fat content in a Spanish *Salchichón* and changed the total content of volatile organic compounds. Thus, it was possible to innovate in the production of healthier fermented meat sausages with an appeal to the consumer due to their sensory, functional, and technological properties, using promising strategies.

Keywords: Lactic acid bacteria, Prebiotic fibers, Fructooligosaccharides, Functional properties, Fermented meat products.

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 1 - New strategies for the development of innovative fermented meat products: a review of the incorporation of probiotics and dietary fibers.

Figure 1 – Commonly used strategies to produce healthier meat products. 25

Capítulo 2- Can dietary fiber improve the technological characteristics and sensory acceptance of low-fat Italian type salami?

Figure 1 – Water activity (a), pH value (b) of low-fat salami type Italian during ripening time. 56

Figure 2 – Contour plots of lipid oxidation (A) (mg MDA/kg), Lightness (B), Redness (C), Yellowness (D), Cohesiveness (E) and Chewiness (N.mm⁻¹) (F) showing the effect of dietary fiber added as fat substitute in low-fat Italian salami. 61

Capítulo 3- Applicability of potentially probiotic *Lactobacillus casei* in low-fat Italian type salami: screening in vitro and technological evaluation.

Figure 1– Comparison of growth of *L. casei* SJRP38, *L. casei* SJRP66, *L. casei* SJRP146 and *L. casei* SJRP169 in MRS modified for 24 h at 25°C. 78

Figure 2– Comparison of growth of *L. casei* SJRP38, *L. casei* SJRP66, *L. casei* SJRP146 and *L. casei* SJRP169 in MRS modified for 24 h at 15°C. 79

Figure 3- BAL count (A) and *L. casei* count (B) during ripening time of low-fat Italian type salami 84

Capítulo 4- Impact of fructooligosaccharides and probiotic strains on the quality parameters of low-fat Spanish Salchichón.

Figure 1-Effect of the partial replacement of pork back fat by FOS and the addition of probiotic strains on TBARS values of low-fat fermented sausages during ripening time. 107

Figure 2- Effect of the addition of FOS and probiotic strains on LAB count (A); Yeast (B); *Enterobacteriaceae* (C) and Mesophilic aerobes (D) of low-fat fermented sausages during ripening time. 112

LISTA DE TABELAS

Capítulo 1 - New strategies for the development of innovative fermented meat products: a review of the incorporation of probiotics and dietary fibers.	32
Table 1 – Nutritional benefits of functional foods added to probiotic microorganisms.	
Table 2 – Fermented meat products and probiotic strains used.	36
 Capítulo 2- Can dietary fiber improve the technological characteristics and sensory acceptance of low-fat Italian type salami?	 52
Table 1 – Simplex-centroid mixture design matrix to low-fat Italian type salami.	
Table 2 – Experimental results of moisture, fat and weight loss for low-fat Italian salami before and after the ripening time.	57
Table 3 – Regression models to experimental data in mixtures design for technological properties, textural parameters and color parameters of low-fat Italian salami.	60
Table 4- Effect of addition of dietary fiber in sensory acceptance of the different formulations of low-fat salami type Italian.	65
 Capítulo 3- Applicability of potentially probiotic <i>Lactobacillus casei</i> in low-fat Italian type salami: screening in vitro and technological evaluation.	
Table 1- Effect of fat replacement in the ripening process of salami type Italian added with probiotic strains.	83
Table 2- Effect on TBARS, color and texture parameters in low-fat Italian type salami with probiotic strains.	86
 Capítulo 4- Impact of fructooligosaccharides and probiotic strains on the quality parameters of low-fat Spanish Salchichón.	
Table 1-Effect of the partial replacement of pork back fat by FOS and the addition of probiotic strains on proximate composition of low-fat fermented sausages (g/100g).	101
Table 2- Effect of the partial replacement of pork back fat by FOS and the addition of probiotic strains on pH, water activity (a_w) and moisture content (%) of low-fat fermented sausages during ripening time.	102
Table 3- Effect of the partial replacement of pork back fat by FOS and the addition of probiotic strains on the colour parameters of low-fat fermented sausages during ripening time.	104
Table 4- Effect of the partial replacement of pork back fat by FOS and the addition of probiotic strains on the texture profile (TPA) of low-fat fermented sausages during ripening time.	106
Table 5- Effect of the partial replacement of pork back fat by FOS and the addition of probiotic strains on the evolution of free amino acids of low-fat fermented sausages during ripening time.	109
Table 6- Sum of orders according to the preference of consumers (n = 30) in the sensory analysis of Spanish <i>Salchichón</i> with probiotics for each attribute	114

Capitulo 5- Volatile profile of fermented sausages with commercial probiotic strains and fructooligosaccharides.

Table 1- Volatile compounds of low-fat fermented sausage (expressed as UA x 10⁴/g dry matter).

Sumário

1. INTRODUÇÃO GERAL.....	14
2. OBJETIVOS.....	16
2.1. Objetivo geral.....	16
2.2. Objetivos específicos.....	16
3. REFERÊNCIAS	17
4. ORGANIZAÇÃO DOS CAPÍTULOS	20
Capítulo 1- New strategies for the development of innovative fermented meat products: a review of the incorporation of probiotics and dietary fibers.	23
1. INTRODUCTION.....	23
2. HOW TO REFORMULATE MEAT PRODUCTS?	26
2.1. <i>Fat reduction and/or replacement</i>	27
2.1.1. <i>Prebiotic fibers as a fat substitute</i>	27
2.2. <i>Incorporation of probiotic microorganisms into meat products</i>.....	31
2.3. <i>Effect of probiotics on the technological and sensory characteristics</i>	34
3. CONCLUSIONS	37
4. REFERENCES	37
Capítulo 2- Can dietary fiber improve the technological characteristics and sensory acceptance of low-fat Italian type salami?	49
1. Introduction	49
2. Materials and methods.....	51
2.1. Ingredients.....	51
2.2. Experimental design – simplex-centroid mixture design.....	51
2.3. Low-fat Italian type salami formulation and preparation.....	52
2.4. pH value and water activity evaluations during ripening time.....	53
2.5. Weight loss and general composition.....	53
2.6. Lipid oxidation analysis (TBARS)	53
2.7. Characterization of color parameters.....	54
2.8. Texture profile analysis (TPA)	54

2.9. Microbiological analysis.....	54
2.10. Sensory acceptance	54
2.11. Statistical analysis.....	55
3. Results and discussion.....	56
3.1. pH value and water activity during ripening time	56
3.2. Weight loss and general composition.....	57
3.3. Lipid oxidation analysis (TBARS value)	58
3.4. Characterization of color parameters.....	62
3.5. Texture profile analysis (TPA)	63
3.6. Microbiological analysis.....	64
3.7. Sensory acceptance	64
4. Conclusion.....	65
5. References	66
Capitolo 3- Applicability of potentially probiotic <i>Lactobacillus casei</i> in low-fat Italian type salami added with fructooligosaccharides: screening <i>in vitro</i> and technological evaluation.	70
Abstract.....	70
1. Introduction	70
2. Material and methods	72
2.1. Probiotic cultures of <i>Lactobacillus casei</i>	72
2.2. <i>In vitro</i> growth kinetics evaluation under fermented sausage	73
2.3. Low fat Italian type Salami manufacturing	73
2.4. Ripening evaluation	74
2.5. LAB total and probiotic <i>L. casei</i> count.....	75
2.6. Technological characterization	75
2.7. Statistical analysis	76
3. Results and Discussion.....	76
3.1. <i>In vitro</i> growth kinetics evaluation in LAB.....	76

3.2. Ripening evaluation of Italian type salami	81
3.3. LAB count.....	84
3.4. Technological characterization	85
4. Conclusion.....	88
Acknowledgements.....	88
References	88
Capitulo 4- Impact of fructooligosaccharides and probiotic strains on the quality parameters of low-fat Spanish <i>Salchichón</i>	95
1. INTRODUCTION.....	95
2. MATERIAL AND METHODS.....	97
2.1. Prebiotic and probiotic materials	97
2.2. Preparation of low-fat Spanish <i>Salchichón</i>	97
2.3. Physicochemical characteristics and proximate composition	98
2.4. Lipid oxidation	98
2.5. Free amino acid analysis.....	98
2.6. Microbiological analysis.....	98
2.7. Sensory analysis.....	99
2.8. Statistical analysis.....	100
3. RESULTS AND DISCUSSION.....	100
3.1. Physicochemical parameters	100
3.2. Lipid oxidation during ripening.....	107
3.3. Free amino acid content during ripening.....	108
3.4. Microbiological analysis.....	111
3.5. Sensory analysis.....	114
4. CONCLUSION.....	115
5. ACKNOWLEDGEMENTS.....	115
6. REFERENCES	115

Capítulo 5- Volatile profile of fermented sausages with commercial probiotic strains and fructooligosaccharides.	121
1. INTRODUCTION	121
2. MATERIAL AND METHODS.....	123
2.1. <i>Prebiotic and Probiotic materials</i>.....	123
2.2. <i>Fermented sausage manufacture</i>.....	123
2.3. <i>Chemical composition</i>	124
2.4. <i>Volatile compounds</i>	124
2.5. <i>Statistical analysis</i>.....	125
3. RESULTS AND DISCUSSION.....	126
3.1. <i>Chemical composition of low-fat fermented sausage</i>.....	126
3.2. <i>Volatile compounds of low-fat fermented sausage</i>.....	126
4. CONCLUSIONS	136
5. REFERENCES	136
CONCLUSÃO GERAL.....	140
APÊNDICE A- Ficha sensorial utilizada no Capítulo 2.....	141
APÊNDICE B- Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	142
ANEXO A- Direitos de uso do artigo do periódico Meat Science em tese.	143

1. INTRODUÇÃO GERAL

A demanda por produtos alimentícios com características mais saudáveis e que mantenham o atrativo sensorial vem crescendo a cada dia. E esta tendência mundial na alimentação vem modificando a relação entre os consumidores e os produtos cárneos tradicionais. As estratégias mais utilizadas para produção de produtos cárneos mais saudáveis incluem: redução do nível de gordura, utilização de fibras alimentares como substituto de gordura, incorporação de cepas probióticas em embutidos fermentados, além da redução de aditivos na formulação (MENDOZA et al., 2001; BARRETTO et al., 2015; HAM et al., 2016; SELANI et al., 2016; TABANELLI et al., 2016; AFSHARI et al., 2017; PAVLI et al., 2020).

A redução no conteúdo de gordura de produto cárneo pode modificar propriedades importantes como aumentar a dureza, diminuir a intensidade da cor vermelha, diminuir o rendimento e, provavelmente, diminuir sua aceitação pelos consumidores. Assim, a indústria tem utilizado ingredientes que possam auxiliar na redução do conteúdo de gordura dos produtos cárneos tradicionais e que também agreguem benefícios nutricionais aos produtos cárneos, como o uso de fibras alimentares, fibras prebióticas e minerais, ou pela presença de compostos bioativos.

De acordo com (GIBSON et al., 2017), a fibra prebiótica é definida como um substrato que é utilizado seletivamente por micro-organismos hospedeiros que conferem um benefício à saúde do consumidor. Dentre os prebióticos mais estudados em produtos alimentícios, como substitutos de gordura, destacam-se inulina, frutooligossacarídeos e alfa-ciclodextrina (CÁRCERES et al., 2004; HUANG et al., 2011; SANTOS et al., 2012; CAVA et al., 2012; ÁLVAREZ & BARBUT, 2013; KEENAN et al., 2014; BARRETTO et al., 2015; AFSHARI et al., 2017; HENCK et al., 2019) os quais não são digeridos pelo trato gastrointestinal humano e são metabolizados por micro-organismos da flora intestinal (*Bifidobacterium* spp. and *Lactobacillus* spp.) resultando em ácidos graxos de cadeia curta (LANGA et al., 2019). Mendoza et al. (2001) afirmaram que a inulina pode ser considerada um excelente substituto de gordura em salames com teor de gordura reduzido, em função da melhora na textura final do produto quando comparado com o tratamento com redução de gordura sem utilização de substitutos de gordura, além da melhora no parâmetro sensorial de textura.

De acordo com Rouhi et al. (2013), a incorporação de fibras prebióticas em produtos cárneos fermentados, além de substituir a gordura, pode estimular o desenvolvimento dos micro-organismos probióticos e inibir o crescimento de patógenos em produtos cárneos,

representando uma alternativa inovadora que pode ser usada pelas indústrias de processamento de carnes.

O mercado global de probióticos vem crescendo nos últimos anos em função do uso de cepas probióticas em diferentes tipos de produtos alimentícios (DE VUYST et al., 2008). Estima-se que os alimentos adicionados com probióticos representam 70% do mercado total de alimentos funcionais (TRIPATHI & GIRI, 2014) e os embutidos cárneos fermentados estão cada vez mais fazendo parte desta tendência (DECKER & PARK, 2010; WÓJCIAK et al., 2012; CAVALHEIRO et al., 2015; BLAIOTTA et al., 2018; NEFFE-SKOCINSKA et al., 2017).

Os probióticos são definidos como micro-organismos vivos que, quando administrados em quantidade adequada, conferem efeitos específicos e benéficos à saúde do consumidor (FAO/WHO, 2002) e estão incluídos entre os alimentos e/ou ingredientes alimentícios que podem apresentar alegação de propriedades funcionais ou de saúde (BRASIL, 2016). Para garantir os efeitos funcionais à saúde do hospedeiro, o micro-organismo probiótico deve ser capaz de crescer no produto, e sobreviver mantendo uma contagem de células viáveis suficiente até atingir o intestino. Um dos critérios mais importantes para a seleção das bactérias probióticas é a adesão à mucosa intestinal e às células epiteliais; essa adesão evita que as células benéficas sejam levadas pela motilidade do trato gastrointestinal e, assim, permite colonização temporária, modulação imunológica (GUIMARÃES et al., 2020).

Os probióticos podem fornecer uma série de efeitos benéficos para a saúde como proteção contra patógenos gastrointestinais, aumento do sistema imunológico, resistência à colonização, controle de doenças de vasos inflamatórios, equilíbrio da composição de microbiota intestinal, redução do nível de colesterol sérico e pressão sanguínea (TRIPATHI & GIRI, 2014). Estes benefícios são dependentes da cepa probiótica utilizada no processo de fermentação (REIS et al., 2011).

Os produtos cárneos fermentados apresentam condições favoráveis para veicular os micro-organismos probióticos em função da proteção das células bacterianas exercida pelos lipídeos, durante a passagem pelo trato gastrointestinal (ROUHI et al., 2013). Além disso, os embutidos fermentados são prontos para o consumo, atendendo também a demanda por praticidade e conveniência. Sendo assim, a combinação do uso de probióticos e a adição de fibras para a reformulação de embutido cárneo fermentado, com teor reduzido de gordura, pode trazer benefícios ao consumidor final, além de prover conhecimento que auxiliará no avanço científico da área de produtos cárneos.

4. CONCLUSIONS

The results found in the present study confirmed that the prebiotic fiber FOS and *Lactobacillus* strains have a significant and positive effect on fermented sausages, since they contribute to the aroma as well as the stability of the volatile profile of low-fat fermented sausages. The main groups of volatile compounds identified in low-fat fermented sausages are terpenes, related to spices used in the manufacture of this product, and some sulfur compounds. The second ones resulted from the dry-curing process. Hexanal, butanal, 3-methyl, acetoin, ethyl esters, acetic acid, butanoic acid and butanoic acid, 3-methyl- are included in this group. These compounds have a high influence in the aroma of fermented sausages.

The incorporation of FOS in the formulation of low-fat fermented sausages as fat replacer causes the release of a greater amount of volatile terpenes. The probiotic strains *Lactobacillus paracasei* and *Lactobacillus rhmanosus* showed high ester content, which would mask undesirable odors associated with fermented sausages. Moreover, the lower values for hexanal obtained in the FOS and the inoculated samples reflected a positive effect of this symbiotic combination against the rancid flavors usually associated with this compound.

5. REFERENCES

- Andrade MJ, Córdoba JJ, Casado EM, Córdoba MG, Rodríguez M (2010) Effect of selected strains of *Debaryomyces hansenii* on the volatile compound production of dry fermented sausage “salchichón”. *Meat Sci* 85:256-264.
- Ba HV, Seo HW, Seong PN, Kang SM, Kim YS, Cho SH, Park BY, Ham JS, Kim JH (2018) *Lactobacillus plantarum* (KACC 92189) as a Potential Probiotic Starter Culture for Quality Improvement of Fermented Sausages. *Korean J Food Sci Anim Resour* 38:189.
- Bis-Souza CV, Henck JMM, Barretto ACS (2018) Performance of low-fat beef burger with added soluble and insoluble dietary fibers. *Food Sci Technol* 38:522-529.
- Benito MJ, Martín A, Aranda E, Perez-Nevado F, Ruiz-Moyano S, Cordoba MG (2007) Characterization and selection of autochthonous lactic acid bacteria isolated from traditional Iberian dry-fermented salchichón and chorizo sausages. *J Food Sci* 72:M193-M201.
- Bosse R, Wirth M, Becker T, Weiss J, Gibis M (2017) Determination of volatile marker compounds in raw ham using headspace-trap gas chromatography. *Food Chem* 219:249-259.

Cheng JR, Liu XM, Zhang YS (2018) Characterization of Cantonese sausage fermented by a mixed starter culture. *J Food Process Pres* 42:e13623.

Corral S, Salvador A, Flores M (2013) Salt reduction in slow fermented sausages affects the generation of aroma active compounds. *Meat Sci* 93:776–785.

De Vrese M, Schrezenmeir J (2008) Probiotics, prebiotics, and synbiotics. In: Stahl U, Donalies UEB, Nevoigt E (eds) *Food biotechnology*. Springer, Berlin, Heidelberg, pp 1-66.

Domínguez R., Munekata PE, Agregán R., Lorenzo JM (2016) Effect of commercial starter cultures on free amino acid, biogenic amine and free fatty acid contents in dry-cured foal sausage. *LWT-Food Sci Technol* 71:47-53.

Domínguez R, Purriños L, Pérez-Santaescolástica C, Pateiro M, Barba FJ, Tomasevic I, Lorenzo JM (2019) Characterization of volatile compounds of dry-cured meat products using HS-SPME-GC/MS technique. *Food Anal Method* 12:1263-1284.

Fonseca S, Gómez M, Domínguez R, Lorenzo JM (2015) Physicochemical and sensory properties of Celta dry-ripened “salchichón” as affected by fat content. *Grasas Aceites* 66:059.

FDA (2017) Gras notice (GRN) No.717 for short-chain fructooligosaccharides (scFOS). Office of Food Additive Safety (FHS-200). Center for Food Safety and Applied Nutrition. Food and Drug Administration. College Park, USA.

Gibson GR, Hutkins R, Sanders ME, Prescott SL, Reimer RA, Salminen SJ, Scott K, Stanton C, Swanson KS, Cani PD, Verbeke K, Reid G (2017) Expert consensus document: The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of prebiotics. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol* 14:491-502.

Gómez M, Domínguez R, Fonseca S, Lorenzo JM (2015) Effect of Finishing Diet on Physico-Chemical and Lipolytic Parameters and Volatile Compounds Throughout the Manufacture of Dry-Cured Foal “Cecina”. *Austin J Nutr Food Sci* 3:1056.

Hierro E, de la Hoz L, Ordóñez JA (1997) Contribution of microbial and meat endogenous enzymes to the lipolysis of dry fermented sausages. *J Agric Food Chem* 45:2989-2995.

Jiménez-Colmenero F, Carballo J, Cofrades S (2001) Healthier meat and meat products: their role as functional foods. *Meat Sci* 59:5-13.

Jiménez-Colmenero F, Reig M, Toldrá F (2006) New approaches for the development of functional meat products. In: Nollet LML, Toldrá F (eds) *Advanced Technologies for meat processing*. CRC Press, Florida, pp 275-308.

Kleerebezem M, Boekhorst J, van Kranenburg R, Molenaar D, Kuipers OP, Leer R, ... Stiekema W (2003) Complete genome sequence of *Lactobacillus plantarum* WCFS1. Proc Natl Acad Sci 100:1990-1995. Leroy F, Verluyten J, De Vuyst L (2006) Functional meat starter cultures for improved sausage fermentation. Int J Food Microbiol 106:270-285.

Lorenzo JM, Franco D, Carballo J (2014) Effect of the inclusion of chestnut in the finishing diet on volatile compounds during the manufacture of dry-cured “Lacón” from Celta pig breed. Meat Sci 96:211-223.

Lorenzo JM, Carballo J (2015) Changes in physico-chemical properties and volatile compounds throughout the manufacturing process of dry-cured foal loin. Meat Sci 99:44-51.

Lorenzo JM, Munekata PES, Pateiro M, Campagnol PCB, Domínguez R (2016) Healthy Spanish salchichón enriched with encapsulated n-3 long chain fatty acids in konjac glucomannan matrix. Food Res Int 89:289-295.

Montanari C, Gatto V, Torriani S, Barbieri F, Bargossi E, Lanciotti R, Grazia L, Magnani R, Tabanelli G, 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 Biosci 22:9-18.

Muriel E, Antequera T, Petron MJ, Andrés AI, Ruiz J (2004) Volatile compounds in Iberian-dry cured loin. Meat Sci 68:391-400.

Narváez-Rivas M, Gallardo E, León-Camacho M (2012) Analysis of volatile compounds from Iberian hams: a review. Grasas Aceites, 63:432-454.

Ordóñez JA, Hierro EM, Bruna JM, Hoz LDL (1999) Changes in the components of dry-fermented sausages during ripening. Crit Rev Food Sci Nutr, 39:329-367.

Öztürk B, Serdaroğlu M (2017). A rising star prebiotic dietary fiber: inulin and recent applications in meat products. J Food Health Sci 3:12-20.

Pateiro M, Franco D, Carril JA, Lorenzo JM (2015) Changes on physico-chemical properties, lipid oxidation and volatile compounds during the manufacture of celta dry-cured loin. J Food Sci Technol 52:4808-4818.

Pastorelli G, Magni S, Rossi R, Pagliarini E, Baldini P, Dirinck P, Van Opstaele F, Corino C (2003) Influence of dietary fat, on fatty acid composition and sensory properties of dry-cured Parma ham. Meat Sci 65:571-580.

Pérez-Santaescolástica C, Carballo J, Fulladosa E, Garcia-Perez JV, Benedito J, Lorenzo JM (2018) Effect of proteolysis index level on instrumental adhesiveness, free amino acids content and volatile compounds profile of dry-cured ham. Food Res Int 107:559-566.

Petričević S, Radovčić NM, Lukić K, Listeš E, Medić H (2018) Differentiation of dry-cured hams from different processing methods by means of volatile compounds, physico-chemical and sensory analysis. *Meat Sci* 137:217-227.

Purriños L, Franco D, Carballo J, Lorenzo JM (2012) Influence of the salting time on volatile compounds during the manufacture of dry-cured pork shoulder “*lacón*”. *Meat Sci* 92:627-634.

Rivas-Cañedo A, Nuñez M, Fernández-García E (2009) Volatile compounds in Spanish dry-fermented sausage ‘*salchichón*’ subjected to high pressure processing. Effect of the packaging material. *Meat Sci* 83:620-626.

Ruiz-Aceituno L, Hernandez-Hernandez O, Kolida S, Moreno FJ, Methven L (2018) Sweetness and sensory properties of commercial and novel oligosaccharides of prebiotic potential. *LWT- Food Sci Technol* 97:476-482.

Salazar P, García ML, Selgas MD (2009) Short-chain fructooligosaccharides as potential functional ingredient in dry fermented sausages with different fat levels. *Int J Food Sci Technol* 44:1100-1107.

Sánchez-Peña CM, Luna G, García-González DL, Aparicio R (2005) Characterization of French and Spanish dry-cured hams: influence of the volatiles from the muscles and the subcutaneous fat quantified by SPME-GC. *Meat Sci* 69:635-645.

Shapiro SS, Wilk MB (1965) An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika* 52:591-611.

Sidira M, Kandyli P, Kanellaki M, Kourkoutas Y (2016) Effect of curing salts and probiotic cultures on the evolution of flavor compounds in dry-fermented sausages during ripening. *Food Chem* 201:334-338.

Sridevi V, Sumathi V, Guru Prasad M, Kumar MS (2014). Fructooligosaccharides-type prebiotic: A review. *J Pharm Res* 8:321-330.

Sunesen LO, Dorigoni V, Zanardi E, Stahnke L (2001) Volatile compounds released during ripening in Italian dried sausage. *Meat Sci* 58:93-97.

Toldrá F, Flores M (1998) The role of muscle proteases and lipases in flavor development during the processing of dry-cured ham. *Crit Rev Food Sci* 38:331-352.

Zhang W, Xiao S, Samaraweera H, Joo Lee E, Ahn DU (2010) Improving functional value of meat products. *Meat Sci* 86:15-31.

CONCLUSÃO GERAL

A redução parcial da gordura suína (até 29%) em salame tipo Italiano e a incorporação de inulina ou FOS não alteraram as propriedades físico-químicas, estabilidade oxidativa e microbiológica do produto final, entretanto a alfa-ciclo dextrina não apresentou resultados satisfatórios em relação a cor e aceitação sensorial do produto. A estratégia de utilizar fibras alimentares, principalmente a FOS, como substituto parcial da gordura suína em embutido cárneo fermentado (salame tipo italiano) se mostrou eficiente ao manter propriedades físico-químicas e sensoriais satisfatórias aos consumidores.

As cepas de bactérias ácido lácticas potencialmente probióticas (*L. casei* SJRP) inicialmente selecionadas e adicionadas no processamento de embutidos fermentados mantiveram contagens elevadas de células viáveis, o que pode colaborar na obtenção de um produto cárneo fermentado com características funcionais desejáveis e acarretar benefícios a saúde do consumidor.

As cepas potencialmente probióticas de *L. casei* SJRP 66 e *L. casei* SJRP 169 apresentaram habilidade para aplicação em produtos cárneos com teor reduzido de gordura adicionado de FOS, já que mantiveram alta contagem de células viáveis no produto final.

Os micro-organismos adicionados alteraram parâmetros importantes, como a textura (aumentaram a dureza), cor (diminuíram a intensidade da cor vermelha) e o conteúdo de compostos voláteis no produto final. A maior atividade proteolítica da cepa comercial *Lactobacillus rhamnosus* GG resultou em uma maior quantidade de amino ácidos livres no *Salchichón* Espanhol com teor reduzido de gordura adicionado de FOS.

Foi possível inovar na produção de embutidos cárneos fermentados, produzindo salame tipo Italiano com reduzido teor de gordura adicionado de fibras prebióticas com apelo mais saudável com propriedades sensoriais e físico-químicas similares aos embutidos fermentados tradicionais.