

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

SONNALLE SILVA COSTA

EFEITOS DE SUBSTITUTOS DE SAL, GORDURA E
ANTIOXIDANTE SINTÉTICO NA QUALIDADE DE
MORTADELAS

JOÃO PESSOA – PB

2019

SONNALLE SILVA COSTA

EFEITOS DE SUBSTITUTOS DE SAL, GORDURA E
ANTIOXIDANTE SINTÉTICO NA QUALIDADE DE
MORTADELAS

JOÃO PESSOA – PB

2019

SONNALLE SILVA COSTA

EFEITOS DE SUBSTITUTOS DE SAL, GORDURA E
ANTIOXIDANTE SINTÉTICO NA QUALIDADE DE
MORTADELAS

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba em cumprimento aos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Targino Moreira

JOÃO PESSOA – PB
2019

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

C838e Costa, Sonnelle Silva.

Efeitos de substitutos de sal, gordura e antioxidante sintético na qualidade de mortadelas / Sonnelle Silva

Costa. - João Pessoa, 2019.

142 f. : il.

Orientação: Ricardo Targino Moreira.

Tese (Doutorado) - UFPB/CT.

1. Produtos cárneos. 2. Perfil sensorial. 3. Polifenóis. 4. Rancimat. 5. Atividade antioxidante. I. Moreira, Ricardo Targino. II. Título.

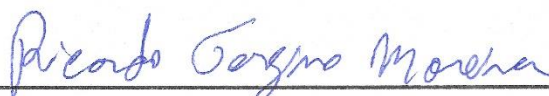
UFPB/BC

SONNALLE SILVA COSTA

**EFEITOS DE SUBSTITUTOS DE SAL, GORDURA E ANTIOXIDANTE SINTÉTICO
NA QUALIDADE DE MORTADELAS**

Tese APROVADA em 29/03/2019

BANCA EXAMINADORA



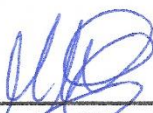
Prof. Dr. Ricardo Targino Moreira – PPGCTA/ CT/ UFPB

Coordenador da Banca Examinadora



Profa. Dra. Angela Maria Tribuzy de Magalhães Cordeiro– PPGCTA/ CT/ UFPB

Examinador interno



Profa. Dra. Marta Maria da Conceição – PPGCTA/ CT/ UFPB

Examinador interno

Profa. Dra. Margarida Angélica da Silva Vasconcelos – DN/ CCS/ UFPE

Examinador externo



Profa. Dra. Solange de Sousa – DGTA/CCHSA/UFPB

Examinador externo

Aos meus pais, Valdomiro e Aldenir, e à vovó
Alzira (*in memoriam*),
dedico.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus pela vida, fé, coragem, oportunidades e bênçãos concedidas.

Aos meus pais, Valdomiro e Aldenir, por todo amor, carinho, cuidado, paciência e incentivo constante.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos (PPGCTA), seus coordenadores, professores e secretária, pelos ensinamentos, convivência harmoniosa e presteza.

Ao meu orientador, Professor Dr. Ricardo Targino Moreira, pelos ensinamentos, oportunidades, confiança e amizade construída ao longo dos anos de orientação.

À professora Dra. Angela Maria Tribuzy de Magalhães Cordeiro, por disponibilizar o acesso ao Núcleo de Pesquisa e Extensão de Combustíveis e de Materiais (NPE-LACOM) para a realização de análises, por todo suporte e acolhimento que me fizeram sentir como parte da sua equipe e pelas significativas contribuições no exame de qualificação.

À professora Dra. Marta Maria da Conceição, por ceder o Laboratório de Análise Físico-Química (LAFQ/CTDR/UFPB) para a realização de análises de caracterização das amostras e pelas importantes contribuições ao trabalho no exame de qualificação.

Às professoras Dra. Margarida Angélica da Silva Vasconcelos e Dra. Mônica Tejo Cavalcanti, pelas valiosas contribuições no exame de qualificação.

À professora Dra. Marta Suely Madruga e a técnica Dra. Mércia de Sousa Galvão do Laboratório de Análise Química de Alimentos (LAQA/CT/UFPB) pela colaboração com as análises cromatográficas.

Às técnicas Dra. Jéssica Lisana Ouriques Brasileiro do Laboratório de Tecnologia de Carnes e Derivados e Dra. Katharina Kardinele Barros Sassi do Laboratório de Análise Sensorial de Alimentos, pelo companheirismo e pela imprescindível contribuição para a realização do processamento das mortadelas e/ou das avaliações sensoriais realizadas.

À Dra. Maristela Alves Alcântara e Érica de Andrade Vieira, pela colaboração com as análises realizadas no NPE-LACOM, pelo acolhimento e convívio agradável.

Ao técnico Dr. José Evangelista Santos Ribeiro do Laboratório de Processamento de Alimentos (LPA/CTDR/UFPB) pela colaboração nas análises de textura instrumental.

Aos alunos de Engenharia de Alimentos Mariana Fernandes Marini, Rebeca Paz, Rafael Inácio, Jennifer Barros, Joellington Marinho de Almeida, Alexsandro Vieira Pereira e Juliana Nóbrega Clemente, pela colaboração no processamento das mortadelas e/ou sessões de análise sensorial.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba - Campus Sousa, pela flexibilização dos horários que permitiram a realização do doutorado.

Aos amigos professores da Agroindústria, em especial Poliana Sousa Epaminondas, Bruno Alexandre de Araújo Sousa, Dalany Menezes Oliveira, Maria das Dores Sales Barreto e Lucélia Kátia de Lima, por estarem ao meu lado nas dificuldades e por todo o suporte e colaboração fraternal.

A João Ferreira Neto e Jesiel Rodrigues da Silva, pela ajuda nos testes preliminares.

Ao amigo Lincoln Pontes Vaz, pela colaboração com a tabulação de dados da Análise Descritiva Quantitativa e por viabilizar a aquisição de alguns insumos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo fomento à pós-graduação no país.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

As mortadelas são produtos cárneos embutidos bastante apreciados e consumidos por seu sabor agradável e baixo valor comercial, porém, normalmente, apresentam elevados teores de sódio e gordura saturada em sua composição. Diante do aumento da demanda dos consumidores por produtos mais saudáveis, pesquisadores e indústrias têm buscado estratégias para reduzir esses nutrientes em produtos cárneos. Nesse estudo, objetivou-se avaliar o efeito da substituição parcial simultânea de cloreto de sódio (NaCl) por cloreto de potássio (KCl) e de toucinho por uma mistura de óleos de oliva, linhaça e de peixe pré-emulsionados, bem como o efeito da adição de antioxidantes sintético, butil hidroxitolueno (BHT), e natural (extrato de alecrim) na qualidade de mortadelas reformuladas. Em um primeiro experimento, para avaliar o efeito dos fatores KCl e mistura de óleos pré-emulsionados sobre as propriedades sensoriais das mortadelas, foi empregado um Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR) com dois fatores em dois níveis (2^2), mais quatro pontos axiais e o ponto central, que foi repetido três vezes, perfazendo um total de onze formulações. Junto com uma formulação tradicional (controle), as formulações do DCCR foram analisadas por avaliadores treinados utilizando a metodologia da Análise Descritiva Quantitativa (ADQ). A partir dos resultados da ADQ, foi definida uma formulação otimizada de mortadela. No segundo experimento, além de uma formulação tradicional de mortadela (MCon), foram preparadas outras três formulações de mortadela baseadas na formulação otimizada no primeiro experimento: mortadelas reformuladas sem adição de antioxidantes (MMix), mortadelas reformuladas com adição de óleos aditivados com BHT (MMix BHT) e mortadelas reformuladas com adição de óleos aditivados com extrato de alecrim (MMix Alecrim), nas quais foram avaliadas mudanças nas características físico-químicas e a estabilidade oxidativa ao longo do armazenamento refrigerado a 4 °C. No primeiro experimento, foi verificado que as modificações realizadas em algumas formulações do DCCR resultaram em diferenças nos descritores cor rosa, sabor característico de mortadela, sabor de condimento e sabor salgado em relação ao controle. Entretanto, a adição de KCl e dos óleos pré-emulsionados nos níveis do ponto central permitiram a obtenção de mortadelas com características sensoriais similares ao produto controle e com reduções do teor de lipídeos totais e da fração de ácidos graxos saturados, diminuição da quantidade de NaCl, e aumento do teor conteúdo de ácidos graxos poli-insaturados condizentes com as recomendações de saúde. No segundo experimento, foi observado que as mortadelas reformuladas apresentaram ligeiras alterações na cor e na textura instrumentais e maior oxidação lipídica durante o armazenamento do que as mortadelas controle. Entretanto, a adição do extrato de alecrim aos óleos proporcionou aos produtos reformulados (MMix Alecrim) estabilidade oxidativa superior ou semelhante ao controle, na maioria dos períodos avaliados, diferentemente do antioxidante sintético, mostrando-se uma estratégia eficaz para retardar a oxidação lipídica no produto. Dessa forma, considerando os aspectos avaliados, o emprego simultâneo dos substitutos parciais de sal e toucinho, associado à incorporação de um antioxidante natural (extrato de alecrim) à mistura de óleos podem ser considerados alternativas promissoras para obter mortadelas com melhor qualidade nutricional.

Palavras-chave: Produtos cárneos. Perfil sensorial. Polifenóis. Rancimat. Atividade antioxidante. Ômega 3.

ABSTRACT

Mortadellas are meat products much appreciated and consumed for their pleasant taste and low commercial value, but commonly feature high levels of sodium and saturated fat in their composition. Due to the increasing consumer demand for healthier products, researchers and industries have been looking for strategies to reduce these nutrients in meat products. The objective of this study was to evaluate the effect of simultaneous partial replacement of sodium chloride (NaCl) by potassium chloride (KCl) and pork-back fat by a pre-emulsified blend of olive, linseed and fish oils, as well as the effect of the addition of synthetic, butyl hydroxytoluene (BHT), and natural (rosemary extract) antioxidants in the quality of reformulated mortadella. In a first experiment, to evaluate the effect of the factors KCl and pre-emulsified oil blend on the sensory properties of mortadella, a Central Composite Rotational Design (CCRD) with two-level and two-factor (2^2) plus four axial points and the central point was employed, which was repeated three times, resulting in a total of eleven formulations. Along with a traditional formulation (control), CCRD formulations were analyzed by trained panelists using the Quantitative Descriptive Analysis (QDA) methodology. From the results of the QDA, an optimized mortadella formulation was defined. In the second experiment, in addition to a traditional mortadella formulation (MCon), three other mortadella formulations were prepared based on the optimized formulation in the first experiment: reformulated mortadella without the addition of antioxidants (MMix), reformulated mortadella with the addition of BHT to the oil blend (MMix BHT) and reformulated mortadella with the addition of rosemary extract to the oil blend (MMix Rosemary), in which changes in physicochemical characteristics and oxidative stability were evaluated during cold storage at 4 °C. In the first experiment, it was verified that the modifications made in some CCRD formulations resulted in differences in the pink color, characteristic mortadella flavor, condiment flavor and saltiness descriptors in relation to the control. However, the addition of KCl and pre-emulsified oil blend at the central point levels allowed the obtaining of mortadella with sensory characteristics similar to the control product and reduced total lipid content and saturated fatty acid fraction, decreased NaCl content and increased content of polyunsaturated fatty acids in line with health recommendations. In the second experiment, it was observed that the reformulated mortadellas featured slight changes in color and instrumental texture and increased lipid oxidation during storage compared to the control mortadella. However, the addition of rosemary extract to the oils provided to the reformulated products (MMix Rosemary) oxidative stability superior or similar to the control, in most periods evaluated, unlike synthetic antioxidant, presenting an effective strategy to slow the lipid oxidation in the product. Thus, considering the evaluated aspects, the simultaneous use of partial substitutes for salt and pork-back fat, associated with the incorporation of a natural antioxidant (rosemary extract) in the oil blend can be considered promising alternatives to obtain mortadella with better nutritional quality.

Keywords: Meat products. Sensory profile. Polyphenols. Rancimat. Antioxidant activity. Omega 3.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Etapas de realização dos experimentos.....	36
Figura 2 - Etapas de processamento das mortadelas com substituição parcial de toucinho e de cloreto de sódio.....	41

ARTIGO II

Figure 1 - Evolution of the number of TBARs from mortadellas during refrigerated storage	131
--	-----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Níveis de cloreto de potássio (KCl) e da mistura dos óleos de linhaça, de peixe e de oliva pré-emulsionados adicionados nas mortadelas como substitutos parciais do cloreto de sódio e de toucinho, respectivamente	38
Tabela 2 - Formulações das mortadelas com adição de cloreto de potássio (KCl) e uma mistura de óleos pré-emulsionados em substituição parcial de cloreto de sódio (NaCl) e toucinho, respectivamente	39
Tabela 3 - Formulações de mortadelas com diferentes teores de sal, toucinho ou tipo de antioxidantes	50

ARTIGO I

Table 1 - Levels of potassium chloride (KCl) and pre-emulsified oil blend added to the mortadellas as partial substitutes for sodium chloride and pork-back fat, respectively	89
Table 2- Mortadella formulations with the addition of potassium chloride and a pre-emulsified oil blend in partial replacement of sodium chloride and pork-back fat, respectively	90
Table 3 - Descriptor terms, definitions and quantitative references used for sensory evaluation of the mortadellas with addition of potassium chloride and the pre-emulsified oil blend in partial substitution of sodium chloride and pork-back fat, respectively	91
Table 4 - Physical-chemical characteristics of the mortadellas with addition of potassium chloride and a pre-emulsified oil blend in partial substitution of sodium chloride and pork-back fat, respectively	92
Table 5 - Composition of fatty acids (%) in the lipid fraction of the mortadellas with addition of potassium chloride and a pre-emulsified oil blend in partial substitution of sodium chloride and pork-back fat, respectively	93
Table 6- Means of sensory attributes of mortadella with addition of potassium chloride and a pre-emulsified oil blend in partial substitution of sodium chloride and pork-back fat, respectively	94
Table 7 – Regression coefficients and Analysis of Variance of the regression models of the sensory descriptors of the mortadellas with addition of potassium chloride and a pre-emulsified oil blend in partial substitution of sodium chloride and pork-back fat, respectively	95

ARTIGO II

Table 1 - Mortadella formulations with different levels of salt, pork fat or type of antioxidants	124
Table 2 - Induction period (IP) of the Rancimat accelerated test performed in the mixture of oils to be used as fat substitutes in mortadellas.....	125
Table 3 - Quality indices of the oils used as partial substitutes of pork fat in mortadellas	126
Table 4 - Fatty acid profile ($\text{g } 100\text{g}^{-1}$) of the oils used as partial substitutes of pork fat in mortadellas	127
Table 5 - Physicochemical analyzes of mortadellas with different levels of salt, pork fat or type of antioxidants	128
Table 6 - Fatty acid composition ($\text{g.}100\text{g}^{-1}$) in the lipid fraction of the reformulated mortadellas	129
Table 7 - Effect of reformulations on pH, color (L^* , a^* and b^*) and texture profile analysis (TPA) of mortadellas during refrigerated storage	130

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Exemplos de incorporação de pré-emulsões óleo em água utilizadas para modificação do conteúdo e/ou perfil de ácidos graxos em produtos cárneos	26
Quadro 2 - Exemplos do emprego do KCl, isolado ou em mistura com outros sais, em substituição parcial do NaCl em produtos cárneos.....	30

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Aa	Atividade de água
AAT	Atividade antioxidante total
ADQ	Análise Descritiva Quantitativa
AGI	Ácidos graxos insaturados
AGM	Ácidos graxos monoinsaturados
AGP	Ácidos graxos poli-insaturados
AGP n-3	Ácidos graxos poli-insaturados ômega 3
AGP n-6	Ácidos graxos poli-insaturados ômega 6
AGS	Ácidos graxos saturados
ALA	Ácido α -linolênico
ANOVA	Análise de Variância
AOAC	Associação de Analistas Químicos Oficiais
AOCS	Sociedade Americana de Oleoquímica
APT	Análise de Perfil de Textura
BHA	Butil hidroxianisol
BHT	Butil hidroxitolueno
CMS	Carnes mecanicamente separadas
CT	Centro de Tecnologia
CTDR	Centro de Tecnologia e Desenvolvimento Regional
DCCR	Delineamento Composto Central Rotacional
DHA	Ácido docosa-hexaenoico
EPA	Ácido eicosapentaenoico
ERN	Espécies reativas de nitrogênio
ERO	Espécies reativas de oxigênio
FAO	Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação
FDA	Departamento de Alimentos e Medicamentos dos Estados Unidos
GP	Galato de propila
HHS	Departamento de Saúde e Serviços Humanos dos Estados Unidos
HULW	Hospital Universitário Lauro Wanderley
IA	Índice de acidez

IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LAFQ	Laboratório de Análise Físico-Química
LAQA	Laboratório de Análise Química de Alimentos
LASA	Laboratório de Análise Sensorial de Alimentos
LPA	Laboratório de Processamento de Alimentos
LTA	Laboratório de Tecnologia de Alimentos
NPE-LACOM	Núcleo de Pesquisa e Extensão de Combustíveis e de Materiais
OMS	Organização Mundial de Saúde
PI	Período de indução
STPP	Tripolifosfato de sódio
TBARS	Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico
TBHQ	Terc-butil hidroquinona
UFC	Unidade Formadora de Colônia
UFPB	Universidade Federal da Paraíba
USDA	Departamento de Agricultura dos Estados Unidos

LISTA DE SÍMBOLOS

CaCl_2	Cloreto de cálcio
He	Hélio
KCl	Cloreto de potássio
MgCl_2	Cloreto de magnésio
NaCl	Cloreto de sódio

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	19
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	21
2.1 OBTENÇÃO DE CARNES E PRODUTOS CÁRNEOS MAIS SAUDÁVEIS	21
2.2 RECOMENDAÇÕES DE AGÊNCIAS E ENTIDADES DE SAÚDE QUANTO À INGESTÃO DE GORDURAS E DE SÓDIO.....	21
2.3 MODIFICAÇÕES NO CONTEÚDO DE GORDURA E PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS EM PRODUTOS CÁRNEOS E REFLEXOS NA QUALIDADE	23
2.3.1 Incorporação de pré-emulsões óleo em água em produtos cárneos com modificação do perfil lipídico	26
2.4 REDUÇÃO DE SÓDIO EM PRODUTOS CÁRNEOS	27
2.5 ANTIOXIDANTES EM PRODUTOS CÁRNEOS	31
2.5.1 Extrato de alecrim	33
2.6 MORTADELA	34
3 MATERIAL E MÉTODOS	36
3.1 EXPERIMENTO 1	37
3.1.1 Material	37
3.1.2 Planejamento experimental	38
3.1.3 Processamento das mortadelas.....	40
3.1.4 Análises físico-químicas	41
3.1.5 Extração e determinação do perfil lipídico	42
3.1.6 Avaliação da qualidade microbiológica.....	42
3.1.7 Avaliação sensorial	43
3.1.8 Análise estatística.....	44
3.2 EXPERIMENTO 2	45
3.2.1 Material	45

3.2.2 Obtenção e caracterização da atividade antioxidante do extrato de alecrim	46
3.2.2.1 <i>Preparação do extrato de alecrim.....</i>	46
3.2.2.2 <i>Determinação do conteúdo total de fenólicos (CTF) do extrato de alecrim.....</i>	46
3.2.2.3 <i>Sequestro do radical livre DPPH• (2,2-difenil-1-picrilhidrazila)</i>	46
3.2.2.4 <i>Determinação do perfil de compostos fenólicos.....</i>	47
3.2.2.5 <i>Rancimat.....</i>	48
3.2.3 Avaliação de índices de qualidade e perfil de ácidos graxos dos óleos	48
3.2.4 Pré-emulsificação dos óleos	49
3.2.5 Processamento das mortadelas.....	49
3.2.6 Análises físico-químicas	51
3.2.7 Estabilidade físico-química das mortadelas.....	52
3.2.8 Análise estatística.....	53
REFERÊNCIAS	54
4 RESULTADOS	64
5 CONCLUSÕES.....	132
APÊNDICE A	133
APÊNDICE B.....	135
APÊNDICE C.....	136
ANEXO A	139

1 INTRODUÇÃO

As carnes e os produtos cárneos são boas fontes de proteínas de alto valor biológico, minerais, como o ferro, zinco e selênio, e vitaminas do complexo B na dieta. Apesar da presença desses nutrientes, algumas categorias de produtos cárneos, como as mortadelas, são vistas por muitos consumidores brasileiros como não saudáveis, devido ao seu alto conteúdo de sódio e de gordura (PIRES; DE NORONHA; TRINDADE, 2019).

As mortadelas são embutidos amplamente consumidos em vários países e têm grande importância econômica para a indústria de carnes (FARIA et al., 2015). Em países como o Brasil, onde são populares devido ao sabor agradável e baixo valor comercial, esses produtos desempenham um importante papel na dieta da população (DOS SANTOS ALVES et al., 2017; HORITA et al., 2011; SALDAÑA et al., 2015a). Normalmente, esses embutidos apresentam elevados teores de sódio, em média 1246 mg.100g⁻¹ (USDA, 2018), e de gordura animal (de 20% a 30%), e conseqüentemente, têm alto percentual de ácidos graxos saturados (AGS) em sua composição (FARIA et al., 2015).

Diante das recomendações de organizações de saúde para reduzir a ingestão de sódio e gordura saturada (FAO, 2010; WHO, 2012; HHS; USDA, 2015) e do aumento da demanda dos consumidores por produtos mais saudáveis, a comunidade industrial e científica tem procurado unir esforços no sentido de ofertar alimentos industrializados que além de nutrir, possam atuar como redutores dos riscos de doenças.

Uma vez que o sal cloreto de sódio (NaCl) é considerado um ingrediente essencial nos produtos cárneos por suas contribuições para o sabor, textura e conservação, umas das principais estratégias para reduzir o NaCl e, provavelmente, a mais amplamente utilizada, consiste no uso de sais substitutos, em particular o cloreto de potássio (KCl) (DESMOND, 2006; INGUGLIA et al., 2017). Entretanto, a substituição não pode ser total devido a efeitos sensoriais indesejáveis como gosto residual amargo e metálico (TOLDRÁ; REIG, 2011).

Outra estratégia adotada para melhorar o valor nutricional dos produtos cárneos consiste em modificar o perfil lipídico, desfavorável em função da alta proporção de ácidos graxos saturados e colesterol, que podem afetar adversamente a saúde do consumidor, por meio da substituição da gordura animal por outras fontes de lipídeos (JIMENEZ-COLMENERO et al., 2015; SALDAÑA et al., 2018a).

A incorporação de óleos vegetais e/ou marinhos, que possuem perfil de ácidos graxos mais condizente com as recomendações de saúde (menor proporção de AGS e maiores

proporções de ácidos graxos monoinsaturados (AGM) e ácidos graxos poli-insaturados (AGP), especialmente ômega 3) tem sido bastante empregada em diferentes produtos cárneos, incluindo mortadelas (CÂMARA; POLLONIO, 2015; MARCHETTI; ANDRÉS; CALIFANO, 2017; SALDAÑA et al., 2018a, 2018b).

No entanto, o aumento de ácidos graxos insaturados (AGI), principalmente AGP, aumenta a suscetibilidade dos produtos cárneos reformulados à oxidação lipídica (TRIKI et al., 2013), que é uma das principais causas da deterioração desses produtos. A maior propensão à oxidação lipídica pode ser mitigada, em muitos casos, pela utilização dos óleos na forma pré-emulsionada ou encapsulada e/ou pela adição de antioxidantes (BOLGER et al., 2017).

Antioxidantes sintéticos como butil hidroxianisol (BHA), butil hidroxitolueno (BHT), terc-butil hidroquinona (TBHQ) e galato de propila (GP), que apresentam baixo custo e alta eficiência, são amplamente utilizados na indústria cárnea como os principais recursos para retardar a oxidação lipídica (DE ALMEIDA et al., 2015). Entretanto, há um crescente interesse em utilizar antioxidantes naturais em função da maior aceitabilidade pelos consumidores e por causa de potenciais efeitos toxicológicos e carcinogênicos associados aos sintéticos (KUMAR et al., 2015; RIBEIRO et al., 2019).

Entre os antioxidantes naturais, o extrato de alecrim é comumente utilizado pelas indústrias de alimentos para ampliar a vida de vários produtos, por causa da sua forte eficácia antioxidante e seu custo-benefício (ERDMANN et al., 2015; XIE et al., 2017).

Resultados promissores da utilização de extrato alecrim para inibir a oxidação lipídica em produtos ricos em ácidos graxos poli-insaturados ômega 3 (AGP n-3) como em óleo de linhaça (WANG et al., 2018) e em hambúrguer com substituição parcial de gordura animal por óleo de chia foram reportados recentemente (HECK et al., 2018, 2019).

Tanto a utilização de sais substitutos do NaCl como a substituição da gordura animal por óleos vegetais ou de origem marinha, em diferentes níveis, têm sido estudadas como estratégias para a elaboração de produtos cárneos mais saudáveis. Entretanto, são poucos os relatos na literatura do emprego simultâneo dessas duas estratégias de reformulação em mortadelas.

Diante do exposto, objetivou-se avaliar as substituições parciais simultâneas de NaCl e de toucinho por KCl e uma mistura de óleos de linhaça, oliva e de peixe pré-emulsionados, bem como os efeitos da adição de antioxidante sintéticos (BHT) ou natural (extrato de alecrim) na qualidade de mortadelas reformuladas, como alternativas para desenvolvimento de um produto cárneo com melhor qualidade nutricional.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 OBTENÇÃO DE CARNES E PRODUTOS CÁRNEOS MAIS SAUDÁVEIS

A crescente compreensão da relação entre a dieta, ingredientes alimentares específicos e a saúde tem levado os consumidores a tornarem-se mais preocupados com a saúde, conduzindo-os a uma tendência de aumento no interesse em alimentos que não só sejam saudáveis e nutritivos, mas também confirmem benefícios adicionais à saúde (GRASSO et al., 2014; OLMEDILLA-ALONSO; JIMÉNEZ-COLMENERO; SÁNCHEZ-MUNIZ, 2013).

A carne e os produtos cárneos são geralmente reconhecidos como boas fontes de proteínas de elevado valor biológico, vitaminas do complexo B, minerais e oligoelementos, entre outros. No entanto, a imagem para os consumidores é relativamente negativa devido ao envolvimento desses alimentos em doenças prevalentes nas sociedades ocidentais, como doenças cardiovasculares, câncer e obesidade (TOLDRA; REIG, 2011).

Muitas das conotações negativas associadas aos produtos cárneos podem ser superadas pela redução dos componentes tidos como não saudáveis, tais como sódio, gordura saturada e nitrito, e simultânea substituição por ingredientes que tenham um efeito de promoção da saúde, resultando em produtos mais atraentes para os consumidores preocupados em reduzir possíveis riscos à saúde associados ao consumo de produtos cárneos (GRASSO et al., 2014).

A reformulação de produtos cárneos (com diferentes níveis de desintegração estrutural, cominuídos, moídos, reestruturados) é uma das abordagens mais importantes para remover, reduzir, aumentar, adicionar e/ou substituir diferentes componentes, a fim de desenvolver produtos cárneos com melhor valor nutricional, e consequentemente, mais saudáveis (JIMENEZ-COLMENERO et al., 2015).

2.2 RECOMENDAÇÕES DE AGÊNCIAS E ENTIDADES DE SAÚDE QUANTO À INGESTÃO DE GORDURAS E DE SÓDIO

Considerando as evidências científicas, particularmente no que diz respeito ao papel dos ácidos graxos no crescimento e desenvolvimento neonatal e infantil, manutenção da saúde,

prevenção de doenças cardiovasculares, diabetes e câncer, a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) e a Organização Mundial de Saúde (OMS) elaboraram um relatório conjunto que contém recomendações de ingestão sobre o total de gorduras e de ácidos graxos (FAO, 2010). Essas recomendações são expressas como porcentagem do total de energia da dieta. De acordo com essas indicações, para adultos, a ingestão de gordura total deve contribuir entre 20% e 35% do total de calorias, os AGS não podem exceder 10%, o total de AGP deve corresponder entre 6% e 11% e o nível de ingestão superior tolerável de ácidos graxos trans deve ser menor do que 1%. A faixa de distribuição aceitável para o ácidos graxos poli-insaturados ômega 6 (AGP n-6) e ômega 3 deve ser de 2,5% a 9% para ômega 6 e de 0,5 a 2% ômega 3. A ingestão de ácido α -linolênico (ALA) deve ser maior do que 0,5% das calorias e a soma dos ácidos eicosapentaenoico (EPA) e docosa-hexaenoico (DHA) deve variar entre 250 mg a 2 g por dia.

Nas diretrizes dietéticas para americanos compreendidas para o período de 2015 a 2020 (HHS; USDA, 2015), uma das recomendações chave apresentadas é limitar a ingestão de calorias a partir de gorduras saturadas a menos de 10% por dia, baseada nas evidências de que a substituição de gorduras saturadas por gorduras insaturadas está associada com risco reduzido de doença cardiovascular.

Com relação ao nutriente sódio, a Organização Mundial de Saúde recomenda uma redução da ingestão de sódio para menos de 2000 mg por dia (ou 5 g de sal) para reduzir a pressão arterial e o risco de doença cardiovascular, acidente vascular cerebral e doença coronariana em adultos (WHO, 2012a).

Quanto ao consumo de potássio, considerando as evidências de que o aumento da ingestão desse mineral reduz a pressão arterial e a forte relação positiva entre pressão arterial e doença cardiovascular e doença cardíaca coronária, a recomendação é para aumentar a ingestão desse nutriente a partir dos alimentos, sendo sugerido um consumo de potássio de pelo menos 90 mmol por dia (3510 mg por dia) para adultos (WHO, 2012b).

No Brasil, uma estimativa de consumo de sódio no período de 2008-2009 revelou que a quantidade diária de sódio disponível para consumo nos domicílios brasileiros foi de 4,7 g para ingestão diária de 2000 kcal, mantendo-se mais de duas vezes superior ao limite recomendado de 2 g por dia (SARNO et al., 2013). É destacado ainda nessa estimativa que embora o sódio disponível para consumo seja oriundo principalmente do sal de cozinha e de condimentos à base de sal, quase 20% do mineral advém de alimentos processados com adição de sal, cuja contribuição ultrapassa 25% nos domicílios de maior renda.

2.3 MODIFICAÇÕES NO CONTEÚDO DE GORDURA E PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS EM PRODUTOS CÁRNEOS E REFLEXOS NA QUALIDADE

Produtos cárneos emulsionados ou embutidos podem conter até 37% de gordura. O alto teor de gordura de tais produtos resulta num obstáculo de consumo por pessoas que são propensas a doenças cardiovasculares e/ou sofrem de sobrepeso (WEISS et al., 2010).

Devido às suas implicações para a saúde, os lipídeos estão entre os componentes que têm recebido mais atenção, em termos quantitativos e qualitativos, com relação ao desenvolvimento de produtos cárneos mais saudáveis (OLMEDILLA-ALONSO; JIMÉNEZ-COLMENERO; SÁNCHEZ-MUNIZ, 2013).

As estratégias para modificação do tipo de ácidos graxos e conteúdo de gordura em produtos cárneos incluem abordagens que alteram as práticas de produção animal (genética e alimentação) e os processos de reformulação dos produtos cárneos processados.

A deposição de lipídeos em tecidos animais pode ser endógena ou exógena, fornecida pela alimentação (deposição direta). Numerosas pesquisas de alimentação animal têm sido realizadas na tentativa de aumentar o conteúdo de AGM e AGP nos tecidos animais. O conteúdo de AGM na carne pode ser aumentado pelo incremento de AGM na dieta animal. Dietas envolvendo plantas (óleos vegetais, plantas ricas em AGP n-3, forragens) e fontes marinhas (peixe ou algas) têm sido utilizadas com sucesso para aumentar significativamente AGP em carnes (OLMEDILLA-ALONSO; JIMÉNEZ-COLMENERO; SÁNCHEZ-MUNIZ, 2013).

Com relação a melhoria do teor de gordura dos produtos cárneos utilizando estratégias de reformulação, três objetivos principais têm sido identificados: redução da gordura total (e o valor energético), redução do colesterol e modificação dos perfis de ácidos graxos (JIMENEZ-COLMENERO et al., 2015). Formulações contendo carnes mais magras, quantidades de água mais elevadas, lipídeos de origem vegetal ao invés de recursos animais e outros ingredientes, tais como substitutos de gordura, em combinação com alterações nas condições de processamento podem permitir que os perfis e as concentrações de lipídeos em produtos cárneos sejam modificados (WEISS et al., 2010).

No entanto, a substituição da gordura animal em produtos cárneos é um enorme desafio tecnológico. Embora seja um ingrediente de alto teor calórico nas formulações, a gordura animal possui uma grande e positiva contribuição em termos de maciez, suculência, sabor e outros atributos importantes de qualidade (SCHMIELE et al., 2015).

Por exemplo, em produtos cárneos finamente moídos, se o teor de gordura é reduzido e o conteúdo de carne é aumentado simultaneamente para compensar a perda de gordura, a intensidade da cor vermelha e a firmeza dos produtos aumentam, e a retenção de água diminui (WEISS et al., 2010). Por outro lado, a substituição de gordura por água aumenta as perdas exsudativas e de cozimento e também afeta a textura e a suculência do produto (MARCHETTI; ANDRÉS; CALIFANO, 2014).

Para evitar ou minimizar esses problemas, vários sistemas hidrocoloides com elevada capacidade de ligação à água que são capazes de promover a formação de géis foram examinados quanto à sua capacidade para substituir a gordura (WEISS et al., 2010). O emprego de diferentes proteínas (proteínas de soja, concentrado de proteínas do soro de leite, proteínas do plasma bovino, ovalbumina e caseinato de sódio) e carboidratos (alginato, carragena, goma konjac, amido de arroz, inulina, outras fibras e prebióticos, entre outros) tem sido avaliado em diferentes produtos cárneos com redução de gordura e/ou modificação do perfil de ácidos graxos (BERIAIN et al., 2011; FELISBERTO et al., 2015; HERRERO et al., 2012; MARCHETTI; ANDRÉS; CALIFANO, 2013; RODRIGUEZ FURLÁN; PADILLA; CAMPDERRÓS, 2014; SALCEDO-SANDOVAL et al., 2013; TOMASCHUNAS et al., 2013).

A modificação dos conteúdos e perfis lipídicos em carnes processadas por meio de estratégias de processamento baseia-se geralmente na substituição (em maior ou menor grau) da gordura animal normalmente presente no produto por outra gordura, de origem vegetal ou marinha, cujas características estejam mais em consonância com as recomendações de saúde, isto é, com menores proporções de AGS e maiores proporções de AGM ou AGP, melhores proporções de AGP n-6/n-3 e AGP/AGS (JIMÉNEZ-COLMENERO, 2007).

A tecnologia desenvolvida para incorporar lipídeos vegetais e marinhos naturais ou processados em produtos cárneos varia da adição direta, na forma de óleos ou sólidos (óleos saturados e interesterificados), à incorporação na forma encapsulada ou emulsionada ou como parte de ingredientes vegetais. Nestas condições, diferentes óleos vegetais (oliva, algodão, milho, soja, amendoim, etc.), óleos marinhos (peixes e algas) ou combinações destes têm sido utilizados para substituir parcialmente a gordura animal em produtos cárneos frescos, cozidos e fermentados (JIMÉNEZ-COLMENERO, 2007; JIMENEZ-COLMENERO et al., 2015).

Óleos vegetais são fontes ricas de AGM, de AGP e livres de colesterol. A fim de melhorar a sua qualidade nutricional, vários produtos cárneos têm sido elaborados utilizando óleos de oliva, girassol de alto teor de ácido oleico, linhaça, soja, amendoim, palma, entre outros. Embora alguns destes óleos tenham sido utilizados para promover o conteúdo de AGM,

outros são usados essencialmente por seus conteúdos de AGP, ou mais especificamente AGP n-3. Além de fornecer uma fonte de vários ácidos graxos que promovem a saúde, os óleos vegetais têm sido usados porque contêm uma ampla gama de outros compostos bioativos, alguns deles antioxidantes (JIMÉNEZ-COLMENERO, 2007).

Dos óleos vegetais, o de oliva é um dos que tem recebido mais atenção, principalmente como fonte de AGM. Trata-se do óleo vegetal mais monoinsaturado e que tem um alto valor biológico, atribuído a uma alta proporção de vitamina E para AGP (JIMÉNEZ-COLMENERO, 2007; LÓPEZ-LÓPEZ et al., 2009).

Uma boa fonte vegetal de ômega 3 é o óleo de linhaça (GALLARDO et al., 2013). Nesse óleo, a concentração de ALA varia de aproximadamente 40% a 60%. Outros constituintes bioativos, tais como o ácido linoleico e ácido oleico estão presentes a níveis de 15% (WILLIAMS et al., 2007).

Uma vez que as fontes primárias de EPA e DHA na dieta são produtos marinhos, por exemplo, peixe e marisco (PELSER et al., 2007), o óleo de peixe é a principal fonte dietética de AGP n-3 (CÁCERES; GARCÍA; SELGAS, 2008).

Embora a adição individual de qualquer um destes óleos melhore o perfil de ácidos graxos dos produtos cárneos, pode-se obter uma melhor aproximação aos perfis lipídicos ideais (mais alinhados com as recomendações de saúde), utilizando combinações destes para substituir gorduras animais (SALCEDO-SANDOVAL et al., 2013).

No entanto, a troca de gordura saturada por óleos insaturados não é facilmente realizada em muitos tipos de alimentos, porque óleos e gorduras desempenham papéis diferentes na qualidade, vida de prateleira e aceitabilidade dos alimentos. Além disso, a substituição de gorduras saturadas por insaturadas é limitada pela sua susceptibilidade à rancidez oxidativa, o que diminui a vida útil do produto, provoca a destruição de vitaminas e forma compostos potencialmente tóxicos (VIEIRA; MCCLEMENTS; DECKER, 2015). Por essas razões, a substituição da gordura animal por óleos representa um grande desafio para a indústria de produtos cárneos.

2.3.1 Incorporação de pré-emulsões óleo em água em produtos cárneos com modificação do perfil lipídico

Muitas pesquisas têm abordado a incorporação de pré-emulsões de diferentes óleos para modificar o conteúdo e/ou perfil de ácidos graxos de produtos cárneos. Alguns exemplos de trabalhos realizados com inclusão de óleos vegetais ou marinhos para substituição parcial e/ou total da gordura animal, estão apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 - Exemplos de incorporação de pré-emulsões óleo em água utilizadas para modificação do conteúdo e/ou perfil de ácidos graxos em produtos cárneos

Produtos	Óleos	Emulsificantes	Referências
Salsicha Frankfurter	Mistura de óleos de oliva, linhaça e peixes	Caseinato de sódio, proteína isolada de soja ou uma mistura de caseinato de sódio, proteína isolada de soja e transglutaminase	(DELGADO-PANDO et al., 2010b)
Salsicha Frankfurter	Óleo de oliva	Proteína isolada de soja ou mistura de proteína isolada de soja, caseinato de sódio e transglutaminase	(HERRERO et al., 2012)
Embutido de frango fermentado	Óleo de milho	Proteína isolada de soja	(MENEGAS et al., 2013)
Embutido emulsionado cozido de carne suína	Óleo de peixe	Proteína isolada de soro de leite	(SALMINEN; HERRMANN; WEISS, 2013)
Mortadela Bologna	Mistura de óleos de linhaça e alga	Proteína isolada de soja	(BERASATEGI et al., 2014a)
Mortadela Bologna	Óleo de linhaça	Proteína isolada de soja	(BERASATEGI et al., 2014b)
Mortadela Bologna	Óleo de linhaça	Caseinato de sódio	(CÂMARA; POLLONIO, 2015)
Embutido emulsionado cozido	Óleo marinho	Proteína concentrada do leite e carragenas	(MARCHETTI; ANDRÉS; CALIFANO, 2017)
Mortadela	Mistura de óleos de oliva, canola e peixe	Proteína concentrada do leite e alginato de sódio	(SALDAÑA et al., 2018a)
Mortadela	Mistura de óleos de oliva, canola e peixe	Proteína concentrada do leite e alginato de sódio	(SALDAÑA et al., 2018b)

Uma pré-emulsão é uma emulsão óleo em água com um emulsificante, tipicamente uma proteína de origem não-cárnea, elaborada antes da fabricação dos produtos cárneos e adicionada aos mesmos durante o processamento como um ingrediente gorduroso. A tecnologia de pré-emulsão de óleo com uma proteína não-cárnea melhora a capacidade de ligação de gordura do sistema, uma vez que os óleos podem ser estabilizados ou imobilizados numa matriz de proteína (JIMÉNEZ-COLMENERO, 2007; JIMENEZ-COLMENERO et al., 2015).

Como pode ser observado no Quadro 1, a maioria dos estudos de reformulação de produtos cárneos, com modificação no perfil de ácidos graxos, emprega emulsões óleo em água preparadas principalmente com proteínas como caseinato de sódio e proteína de soja para estabilizar os óleos utilizados como substitutos de gordura animal.

Essas emulsões podem ser preparadas de diferentes maneiras, no dia anterior (CÂMARA; POLLONIO, 2015; DELGADO-PANDO et al., 2010b; HERRERO et al., 2012) ou mesmo no dia do processamento do derivado cárneo (MENEGAS et al., 2013) em que serão adicionadas.

2.4 REDUÇÃO DE SÓDIO EM PRODUTOS CÁRNEOS

Há evidências conclusivas de que o atual consumo elevado de sal é o principal fator que aumenta a pressão arterial e, portanto, uma das principais causas de doenças cardiovasculares e doenças renais em todo o mundo (CAMPBELL; NEAL; MACGREGOR, 2011; HE; JENNER; MACGREGOR, 2010). A pressão arterial elevada, a hipertensão e as doenças não transmissíveis relacionadas estão entre os problemas de saúde pública mais importantes a nível mundial e são necessários esforços renovados (incluindo abordagens não-farmacológicas) para enfrentar este quadro (ABURTO et al., 2013).

A correlação positiva entre a ingestão excessiva de NaCl e doenças crônicas resulta em demanda significativamente crescente dos consumidores por produtos com níveis reduzidos de sódio e estimula o desenvolvimento de produtos alimentícios de baixo teor de sódio por processadores de carne em todo o mundo (WU et al., 2015).

Os produtos cárneos estão entre os principais contribuintes para a ingestão de sódio na dieta, em países desenvolvidos (BROWN et al., 2009). Na Irlanda, por exemplo, as carnes curadas e processadas contribuem com 20,5% da ingestão de sódio (DESMOND, 2006). A

principal fonte de sódio nos produtos cárneos é o NaCl que é adicionado durante o processamento (RUUSUNEN; PUOLANNE, 2005).

O NaCl é o principal ingrediente da carne processada devido a suas propriedades conservantes, sua capacidade de afetar o gosto e melhorar o sabor do produto e a sua capacidade funcional para solubilizar as proteínas miofibrilares que é necessária para aumentar a adesão e coesão nos produtos cárneos (INGUGLIA et al., 2017).

NaCl é provavelmente o mais eficaz e versátil ingrediente antimicrobiano usado em alimentos e continua a ser uma das ferramentas mais eficazes para o desenvolvimento de produtos alimentares seguros (TAORMINA, 2010). Os efeitos antimicrobianos do sal baseiam-se na sua capacidade de reduzir a atividade da água (Aa), que é definida como a quantidade de água livre disponível para o crescimento de micro-organismos (INGUGLIA et al., 2017).

O sal também afeta o gosto salgado e sabor característico do produto cárneo, por isso, um problema particular em produtos cárneos com baixo teor de sal é que não só o gosto salgado percebido, mas também a intensidade do sabor característico do produto cárneo diminui, quando o sal é reduzido (RUUSUNEN; PUOLANNE, 2005).

Uma das principais funções do sal em carnes processadas é a solubilização das proteínas miofibrilares na carne. Isso ativa as proteínas para aumentar a hidratação e capacidade de ligação à água, aumentando as propriedades de ligação das proteínas para melhorar a textura. A elevação da capacidade de retenção de água da carne reduz a perda por cocção, incrementando assim a maciez e a suculência do produto cárneo (DESMOND, 2006). A presença de sal também aumenta a viscosidade das massas cárneas, facilitando a incorporação de gordura para formar massas estáveis (DESMOND, 2006; TERRELL, 1983).

O NaCl é ainda um ingrediente de baixo valor comercial e o uso de qualquer substituto é susceptível de reduzir o rendimento e aumentar os custos da produção (PAULSEN et al., 2014). Devido às suas funções essenciais nos produtos cárneos, os efeitos da utilização de quantidades reduzidas de sal devem ser cuidadosamente considerados.

A estratégia mais simples para diminuir o conteúdo de sódio em produtos cárneos consiste na redução direta do sal adicionado ao produto, mesmo que somente uma redução parcial seja possível devido às contribuições tecnológicas do cloreto de sódio, como descrito anteriormente (TOLDRÁ; REIG, 2011).

De acordo com Inguglia et al. (2017), o método da redução de sal por furtividade consiste na redução gradual do sal em alimentos processados durante um longo intervalo de tempo. Devido a esta abordagem gradual, a modificação na salinidade não é detectada pelos consumidores. Entretanto, os referidos autores enfatizam que, embora possa ajudar a reduzir o

consumo de sódio, esta estratégia apresenta algumas limitações. Em primeiro lugar, é uma abordagem demorada. Adicionalmente, para ser eficaz, precisa ser aplicada em uma escala industrial. Mesmo que a adaptação a um sabor menos salgado pudesse ser conseguida, em geral, apenas uma quantidade limitada de sal poderia ser realisticamente reduzida sem tornar o produto desagradável. Além disso, como o sal faz parte do sistema conservante, pode resultar em uma redução na vida útil do produto como consequência do seguimento desta estratégia de redução.

Ainda segundo Inguglia et al. (2017), as abordagens atuais para reduzir o conteúdo de sódio em alimentos processados e produtos cárneos consistem nas seguintes estratégias: redução de sal na dieta, baseada na avaliação sensorial e aceitação de produtos, por substituição de NaCl com uma mistura de sais com baixo teor de sódio; utilização de intensificadores de sabor, tais como glutamato monossódico ou extrato de levedura; alterações na forma física de sal; e melhoria da difusão de sal através de tratamento de alta pressão ou tecnologia de ultrassom.

Uma das principais estratégias utilizadas para reduzir a quantidade de sódio em produtos cárneos é a substituição de NaCl por outros sais que têm funções microbiológicas e sensoriais semelhantes (CAMPAGNOL et al., 2011), KCl, cloreto de cálcio (CaCl_2) e cloreto de magnésio (MgCl_2), por exemplo, ou sais não clorados, separadamente ou em misturas (RUUSUNEN; PUOLANNE, 2005). Mascaradores de sabores indesejáveis são comumente utilizados nesses produtos (DESMOND, 2006).

O KCl é provavelmente o mais comum substituto de sal utilizado em alimentos com baixo ou reduzido teor de sódio (DESMOND, 2006; INGUGLIA et al., 2017; RUUSUNEN; PUOLANNE, 2005) e parece ser a melhor alternativa para reduzir a quantidade de sódio em produtos cárneos (CAMPAGNOL et al., 2011).

Segundo Toldrá e Reig (2011), a substituição de NaCl por KCl é uma estratégia fácil para diminuir o teor de sódio em produtos cárneos embora, em altas taxas de substituição, efeitos sensoriais indesejáveis (gosto residual amargo e metálico) são relatados. Um problema semelhante é encontrado com a substituição por cloreto de cálcio ou cloreto de magnésio porque algum gosto residual metálico pode ser relatado em concentrações menores. Esse fato torna necessário estudar cuidadosamente a proporção correta de cada sal (TOLDRÁ; REIG, 2011).

No Quadro 2, estão apresentados alguns exemplos de estudos nos quais a substituição parcial do NaCl por KCl, isolado ou em mistura com outros sais, na presença ou ausência de mascaradores e/ou intensificadores de sabor, é apontada como uma alternativa viável para produzir diferentes produtos cárneos com teor de sódio reduzido.

Quadro 2 - Exemplos do emprego do cloreto de potássio (KCl), isolado ou em mistura com outros sais, em substituição parcial do cloreto de sódio (NaCl) em produtos cárneos

Produtos cárneos	Substitutos do NaCl avaliados	Porcentagem de substituição de NaCl obtida	Mascaradores intensificadores de e/ou sabor empregados	Referência
Carnes bovina e de frango marinadas	KCl	50%	Ervas e especiarias	(CARVALHO et al., 2013)
Salsicha frankfurter	KCl ou misturas de lactato de potássio e ascorbato de cálcio	40%	-	(CHOI et al., 2014)
Embutido fermentado cozido	KCl	75%	Glutamato monossódico, inosinato dissódico, guanilato disódico, lisina e taurina	(DOS SANTOS et al., 2014)
Salsicha frankfurter	KCl, CaCl ₂ ou mistura de de KCl e CaCl ₂	25%	-	(HORITA et al., 2014)
Bacon curado a seco	KCl	40%	-	(WU et al., 2014, 2015)
Salame	KCl, CaCl ₂ ou mistura de de KCl e CaCl ₂	50%	-	(DOS SANTOS et al., 2015)
Lácon (produto cárneo Espanhol)	KCl ou misturas de KCl, CaCl ₂ e MgCl ₂	70%	-	(LORENZO et al., 2015)
Embutido emulsionado cozido	KCl e tripolifosfato de sódio	57%	-	(MARCHETTI; ANDRÉS; CALIFANO, 2017)
Mortadela tipo Bologna	KCl	50%	Lisina e fumaça líquida	(DOS SANTOS ALVES et al., 2017)

Em estudos realizados com mortadelas, foram relatadas reduções de 50% do NaCl com adição de KCl isolado (DOS SANTOS ALVES et al., 2017) ou em mistura com outros cloretos (HORITA et al., 2011).

Horita et al. (2011) verificaram que é possível reduzir 50% do NaCl, utilizando combinações de cloretos de potássio, magnésio e cálcio com os ajustes necessários para otimizar as propriedades sensoriais (MgCl_2 25%, KCl 25%) ou estabilidade da emulsão (CaCl_2 25% e KCl 25%) de mortadelas com baixo teor de gordura.

Dos Santos Alves et al. (2017) constataram que a substituição de 50% por NaCl por KCl não teve impactos negativos nas propriedades tecnológicas, físico-químicas e microbiológicas do produto com baixo teor de gordura. A substituição, no entanto, afetou a qualidade sensorial ao reduzir o sabor salgado e conferir um sabor amargo, adstringente e metálico. A adição de lisina (1%) e/ou de fumaça líquida (0,1%) foi capaz de suprimir os defeitos sensoriais indesejáveis causados pelo KCl (DOS SANTOS ALVES et al., 2017).

2.5 ANTIOXIDANTES EM PRODUTOS CÁRNEOS

Os processos oxidativos que ocorrem durante o processamento e o armazenamento estão entre as principais causas de deterioração de carnes e produtos cárneos. Nesses produtos, a deterioração oxidativa causa descoloração, desenvolvimento de odor e sabor desagradáveis, perdas nutricionais de componentes como vitaminas, ácidos graxos e aminoácidos essenciais e formação de compostos potencialmente tóxicos como peróxidos de ácidos graxos, hidroperóxidos de colesterol e radicais peroxil (LORENZO et al., 2019).

A oxidação de AGI é um fenômeno complexo, enzimático ou não-enzimático, que ocorre na presença de oxigênio e é induzido ou catalisada por fatores como calor, luz, fotossensibilizadores, metais e espécies reativas de oxigênio (ERO) e de nitrogênio (ERN) (MARIUTTI; BRAGAGNOLO, 2017).

De acordo com Mariutti e Bragagnolo (2017), os processos não-enzimáticos podem ocorrer por dois mecanismos, a auto-oxidação e a foto-oxidação, dependendo da presença de oxigênio tripleto ($^3\text{O}_2$) na auto-oxidação e de oxigênio singleto ($^1\text{O}_2$) na foto-

oxidação. Ainda segundo esses autores, o processo de oxidação enzimático, que ocorre por ação de lipoxigenases, não é preponderante em carnes e produtos cárneos.

A auto-oxidação, o principal mecanismo em alimentos como a carne e derivados, envolve uma cadeia de reações que podem ser divididas em três fases: iniciação, propagação e terminação, sendo descritas em muitos estudos (BREWER, 2011; MARIUTTI; BRAGAGNOLO, 2017; SOCRIER et al., 2018; SOHAIB et al., 2016)

Na iniciação, que ocorre na presença de um iniciador como a luz, calor, metais e/ou ERO e ERN, um átomo de hidrogênio ($H^\bullet$) é subtraído de um ácido graxo insaturado, formando um radical alquil ($R^\bullet$).

Durante a fase de propagação, em condições aeróbicas, os radicais livres formados reagem com o oxigênio triplete para formar o radical peroxil ($ROO^\bullet$). Os radicais peroxil, instáveis devido a sua natureza reativa, subtraem um átomo de hidrogênio ($H^\bullet$) de outros ácidos graxos formando hidroperóxidos ($ROOH$), que são os produtos primários da reação de oxidação. Os hidroperóxidos não tem odor ou sabor, mas, na presença de calor, íons metálicos e/ou luz, eles podem se decompor em compostos como aldeídos (hexanal, 4-hidroxi-2-transnonenal, malonaldeído), cetonas, álcoois, ácidos orgânicos voláteis, éteres e hidrocarbonetos que são os produtos secundários da oxidação. Alguns desses compostos são responsáveis por sabor e odor desagradáveis. As principais características da fase de propagação são alto consumo de oxigênio, aumento de peróxidos e hidroperóxidos, e alterações das características sensoriais dos alimentos.

Na terminação, radicais peroxil acumulados irão reagir entre si resultando em compostos não radicais. A combinação entre os radicais peroxil ocorrerá formando compostos intermediários instáveis que se decompõem numa ampla gama de compostos estáveis não radicais. Nessa fase, o consumo de oxigênio e a quantidade de hidroperóxidos diminuem, as alterações físicas têm início e as mudanças sensoriais aumentam.

Para prevenir ou retardar as reações de oxidação, a indústria adiciona antioxidantes na formulação de produtos cárneos (CUNHA et al., 2018). Antioxidantes são compostos ou sistemas que retardam a auto-oxidação pela inibição da formação ou pela interrupção da propagação dos radicais livres (BREWER, 2011). Baseados no modo de ação podem ser divididos em dois tipos: antioxidante primário, que reage diretamente com os radicais lipídicos e os converte em produtos relativamente estáveis, a maioria age doando o átomo ($H^\bullet$); e antioxidantes secundários que podem atuar quelando íons metálicos capazes de catalisar processos oxidativos, capturando oxigênio, absorvendo

radiação ultravioleta ou decompondo hidroperóxidos em espécies não radicais (KUMAR et al., 2015).

Antioxidantes sintéticos como butil hidroxianisol (BHA), butil hidroxitolueno (BHT), terc-butil hidroquinona (TBHQ) e galato de propila (GP), que apresentam baixo custo e alta eficiência, são utilizados na indústria cárnea como os principais recursos para retardar a oxidação lipídica (DE ALMEIDA et al., 2015). Porém devido à maior preocupação dos consumidores com efeitos adversos à saúde relacionados com o consumo desses aditivos, há um interesse crescente da indústria cárnea para utilizar produtos naturais em detrimento dos sintéticos (DE ALMEIDA et al., 2015; KUMAR et al., 2015).

Os antioxidantes naturais extraídos de vegetais podem ser encontrados em qualquer parte da planta, como frutas, sementes, folhas, raízes e cascas. A maioria desses antioxidantes são compostos fenólicos, e os mais importantes são os tocoferóis, flavonoides e ácidos fenólicos, que são adicionados a uma extensa variedade de alimentos, com a finalidade de prevenir ou retardar a oxidação lipídica (KUMAR et al., 2015).

2.5.1 Extrato de alecrim

O alecrim (*Rosmarinus officinalis* L) é uma planta da família Lamiaceae, nativa do Mediterrâneo, utilizada mundialmente como saborizante e conservante de alimentos (CHAUL et al., 2017).

Essa planta aromática pode ser adicionada diretamente ao alimento ou incorporada na embalagem como agente antioxidante e antimicrobiano. Tanto o óleo essencial quanto o extrato de alecrim são considerados seguros para sua utilização prevista por entidades reguladoras como o Departamento de Alimentos e Medicamentos dos Estados Unidos (FDA) e a Comissão Europeia (RIBEIRO-SANTOS et al., 2015).

O extrato das folhas de alecrim é um dos mais populares antioxidantes naturais utilizados pelas indústrias de alimentos. Sua potente atividade antioxidante está associada a presença de compostos fenólicos (AZIZKHANI; TOORYAN, 2015). Os três principais componentes do extrato de alecrim são o ácido carnósico, carnosol e o ácido rosmarínico. Outros compostos fenólicos extraídos juntamente com os três principais são subprodutos

minoritários incluindo os diterpenos, flavonoides, derivados do ácido hidroxicinâmico e até alguns dos constituintes do óleo essencial (XIE et al., 2017).

Recentemente, foram reportados resultados promissores da utilização de extrato alecrim para inibir a oxidação lipídica em produtos cárneos (PEREIRA et al., 2017), em óleo de linhaça (WANG et al., 2018), bem como em produto cárneo com substituição parcial de gordura animal por óleo rico em AGS n-3 (óleo de chia) (HECK et al., 2018, 2019).

Embora a aplicação do extrato de alecrim puro como antioxidante seja limitada devido ao seu forte sabor característico, alguns alimentos contendo alecrim, como óleos e produtos cárneos, tem uma alta aceitação do consumidor (ERDMANN et al., 2015).

2.6 MORTADELA

Os termos "mortadela", "mortadella" e "bologna" são internacionalmente utilizados para identificar embutidos cozidos curados feitos de carne picada e cortes de gordura emulsionados e caracterizados pelos grandes cubos de toucinho presentes (RINALDI et al., 2011). Mortadella é uma iguaria italiana tradicional de Bolonha, sendo o produto original feito apenas de carne e gordura suína e também contém, dependendo da qualidade do produto, emulsão de pele de porco e/ou tripas cozidas (FEINER, 2006).

No Brasil, a mortadela é definida como o produto cárneo obtido da emulsão de carnes de diferentes espécies animais, com adição ou não de toucinho, de pele, de miúdos e de partes animais comestíveis, de ingredientes e de condimentos específicos, embutido em envoltório natural ou artificial de calibre próprio em diferentes formas, e submetido a processo térmico característico (BRASIL, 2017).

Esses embutidos são bastante apreciados e consumidos devido, principalmente, ao seu sabor agradável e baixo valor comercial (SALDAÑA et al., 2015a). Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), a aquisição domiciliar *per capita* do produto no país é, em média, de 0,827 kg/ano. Os maiores registros de consumo domiciliar foram verificados nas regiões Sul (1,599 kg) e Nordeste (0,815 kg).

De acordo com a composição da matéria-prima e das técnicas de fabricação, esse produto pode ser classificado em diferentes categorias (BRASIL, 2000): mortadela, mortadela tipo Bologna, mortadela Italiana, mortadela Bologna e mortadela de carne de

ave.

A mortadela pode conter carnes de diferentes espécies de animais de açougue, carnes mecanicamente separadas (CMS), até o limite máximo de 60%; miúdos comestíveis de diferentes espécies de animais de açougue (estômago, coração, língua, fígado, rins e miolos), pele e tendões no limite de 10% (máx.) e gorduras.

Na mortadela tipo Bologna, devem ser utilizadas carnes bovina e/ou suína e/ou ovina e CMS até o limite máximo de 20%, miúdos comestíveis de bovino e/ou suíno e/ou ovino, pele e tendões no limite de 10% (máx) e gorduras.

Nas mortadelas Italiana e Bologna, devem ser utilizados apenas porções musculares de carnes de diferentes espécies de animais de açougue e toucinho para as primeiras, e porções musculares de carnes bovina e/ou suína e toucinho para as últimas. A mortadela Bologna deve ser embutida na forma arredondada. Em ambos dos tipos de mortadelas, não é permitida a adição de amido.

Além da carne de ave, podem ser empregados na fabricação das mortadelas de carne de ave, CMS, no máximo de 40%, até 5% de miúdos comestíveis de aves (fígado, moela e coração) e gordura.

A legislação (BRASIL, 2000) estabelece também um teor máximo de gordura para os produtos. As mortadelas podem conter até 30% de gordura. Para as mortadelas de classificação Bologna e Italiana, o teor permitido é ainda maior (35%).

Além do alto teor de gordura de origem animal e, consequentemente, elevado percentual de AGS (FARIA et al., 2015), as mortadelas contêm, normalmente, elevados teores de sódio em sua composição, em média $1246 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ (USDA, 2018), o que contribui para que esses produtos tenham percepção negativa por muitos consumidores (PIRES; DE NORONHA; TRINDADE, 2019; SALDAÑA et al., 2015b).

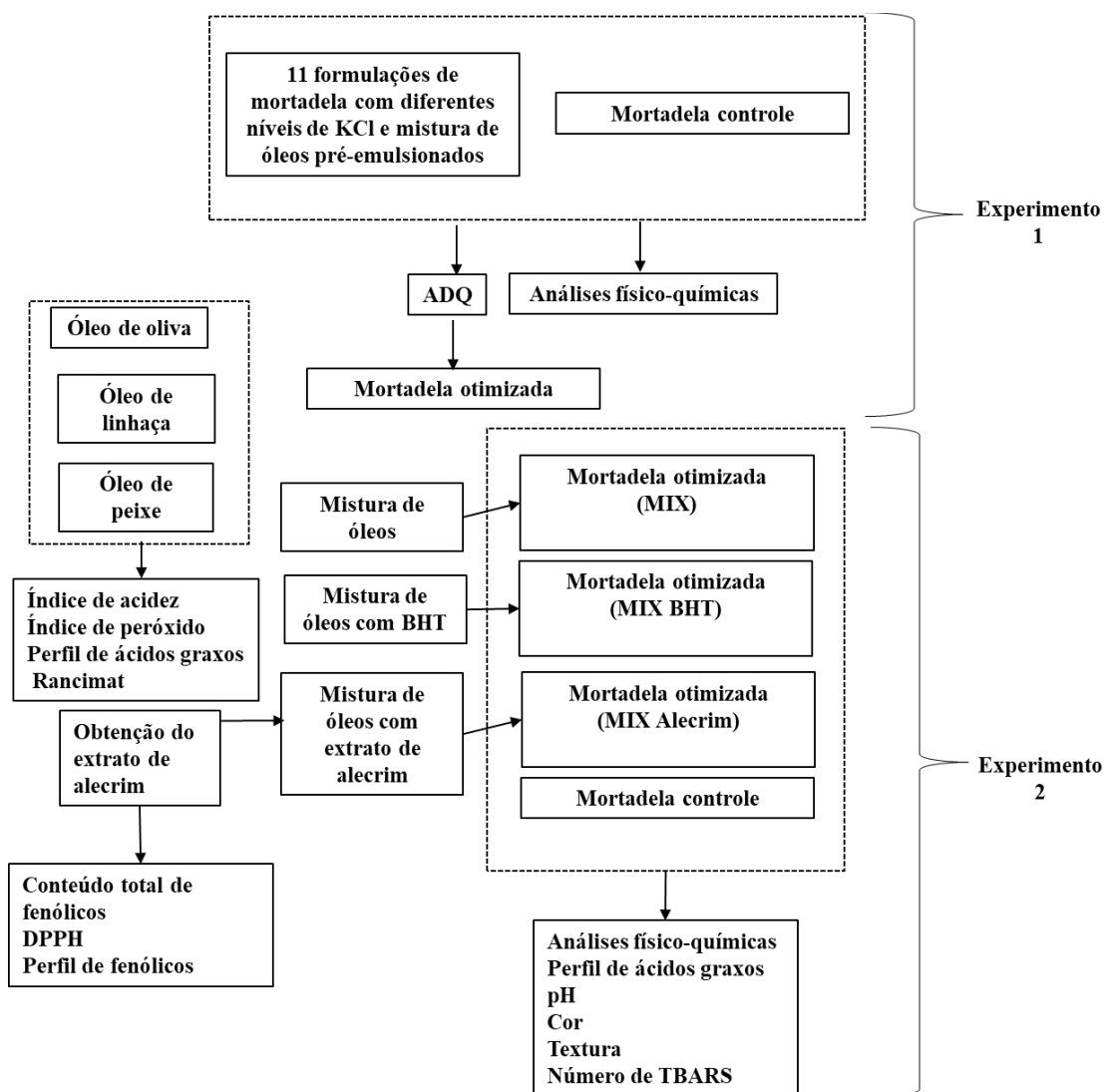
Diante da popularidade das mortadelas e da demanda dos consumidores por produtos mais saudáveis, vários estudos recentes têm abordado estratégias de reformulação desses embutidos, que incluem desde a redução de gordura e/ou modificação do perfil lipídico (CÂMARA; POLLONIO, 2015; DA SILVA et al., 2019; FARIA et al., 2015; SALDAÑA et al., 2015b, 2018a, 2018b), redução ou substituição parcial do cloreto de sódio (CAMPAGNOL et al., 2017; DOS SANTOS ALVES et al., 2017; PIRES et al., 2017) até a adição de antioxidantes naturais (ABREU et al., 2015; BALDIN et al., 2018; DE ALMEIDA et al., 2015).

3 MATERIAL E MÉTODOS

As mortadelas foram processadas no Laboratório de Tecnologia de Carnes e Derivados, do Centro de Tecnologia, da Universidade Federal da Paraíba e as análises físico-químicas, microbiológicas e sensoriais foram realizadas nos Laboratórios de Análise Físico-Química (LAFQ/CTDR/UFPB), de Análise Química de Alimentos (LAQA/CT/UFPB), de Processamento de Alimentos (LPA/CTDR/UFPB), de Tecnologia de Alimentos (LTA/CT/UFPB), de Análise Sensorial de Alimentos (LASA/CT/UFPB) e no Núcleo de Pesquisa e Extensão de Combustíveis e de Materiais (NPE-LACOM/UFPB).

Foram realizados dois experimentos cujas etapas estão apresentadas na Figura 1.

Figura 1- Etapas de realização dos experimentos



O primeiro experimento envolveu a avaliação dos efeitos das substituições parciais simultâneas do NaCl por KCl e do toucinho por uma mistura óleos de oliva, linhaça e de peixe pré-emulsionados nas características sensoriais de mortadelas. A partir dos resultados do primeiro experimento, foi definida uma formulação otimizada de mortadela na qual os níveis de substituição de NaCl e toucinho empregados não promoveram alterações significativas nas propriedades sensoriais do produto.

No segundo experimento, foram avaliadas as mudanças nas características físico-químicas e na estabilidade oxidativa da formulação otimizada de mortadela ao longo do armazenamento refrigerado, bem como o efeito da adição de antioxidantes sintético (BHT) ou natural (extrato de alecrim) na prevenção da oxidação lipídica.

3.1 EXPERIMENTO 1

3.1.1 Material

As mortadelas foram processadas utilizando cortes comerciais de carne bovina magra (acém) e toucinho obtidos de distribuidores comerciais de João Pessoa, Paraíba. Após a completa remoção da gordura aparente e de aponeuroses da carne, o toucinho sem pele e a carne foram moídos, separadamente, em um moedor (C.A.F., Brasil) com disco de 6 mm e armazenados sob congelamento a -18 °C até o processamento das mortadelas. Todos os experimentos foram realizados com as mesmas matérias-primas.

Como substitutos parciais do toucinho nas mortadelas, foram utilizados óleos de oliva (*Olea europaea* L.), linhaça (*Linum usitatissimum* L.) e de peixe (Mundo dos Óleos, Brasília-DF, Brasil). Na pré-emulsificação dos óleos, foi utilizada proteína isolada de soja (Ingá Alimentos, Maringá – PR, Brasil).

Os demais ingredientes e aditivos utilizados foram cloreto de sódio (Lebre, Norsal, Brasil), cloreto de potássio (Labsynth, Brasil), fécula de mandioca (Zaeli, Brasil), tripolifosfato de sódio (Labsynth, Brasil), ácido ascórbico (Northeast Pharm, China), nitrito de sódio (Adicel, Belo Horizonte - MG, Brasil), alho e pimenta preta em pó adquiridos no comércio de João Pessoa. Para embutir as mortadelas, foram utilizados envoltórios artificiais de 50 mm de diâmetro (Norpac, Minas Gerais, Brasil).

3.1.2 Planejamento experimental

Para avaliar o efeito dos fatores KCl e mistura de óleos de oliva, linhaça e de peixe pré-emulsionados sobre as propriedades sensoriais das mortadelas, foi empregado um Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR) com dois fatores em dois níveis (2^2), mais quatro pontos axiais e o ponto central, que foi repetido três vezes, perfazendo um total de onze ensaios (Tabela 1). Os dois níveis de KCl (0,5% e 1%) e da mistura de óleos pré-emulsionados (3,5 e 10,5%) testados corresponderam a substituições de 25% e de 50% nos teores de NaCl e de 25% a 75% do toucinho empregados na formulação controle. Dessa maneira, em cada formulação, a quantidade total de gordura adicionada foi resultado da adição dos óleos pré-emulsionados na quantidade estabelecida no DCCR complementada pelo toucinho. De forma semelhante, a quantidade de sal adicionada foi o resultado da adição do KCl na quantidade estabelecida no DCCR complementada pelo NaCl.

Tabela 1 - Níveis de cloreto de potássio (KCl) e da mistura dos óleos de linhaça, de peixe e de oliva pré-emulsionados adicionados nas mortadelas como substitutos parciais do cloreto de sódio e de toucinho, respectivamente

Ensaio	KCl		Mistura de óleos pré-emulsionados	
	g.100 g ⁻¹	codificado	g.100 g ⁻¹	codificado
F1	0,5	-1	3,5	-1
F2	0,5	-1	10,5	1
F3	1	1	3,5	-1
F4	1	1	10,5	1
F5	0,4	-1,414	7	0
F6	1,1	1,414	7	0
F7	0,75	0	2,05	-1,414
F8	0,75	0	11,95	1,414
F9	0,75	0	7	0
F10	0,75	0	7	0
F11	0,75	0	7	0

Em paralelo aos ensaios do DCCR, foi elaborada uma formulação controle de mortadela, sem qualquer substituto de gordura e de NaCl, contendo 14 g.100 g⁻¹ de toucinho e 2 g. 100 g⁻¹ de NaCl, cujas propriedades foram avaliadas para efeito de comparação com as das amostras experimentais, totalizando 12 tratamentos (Tabela 2).

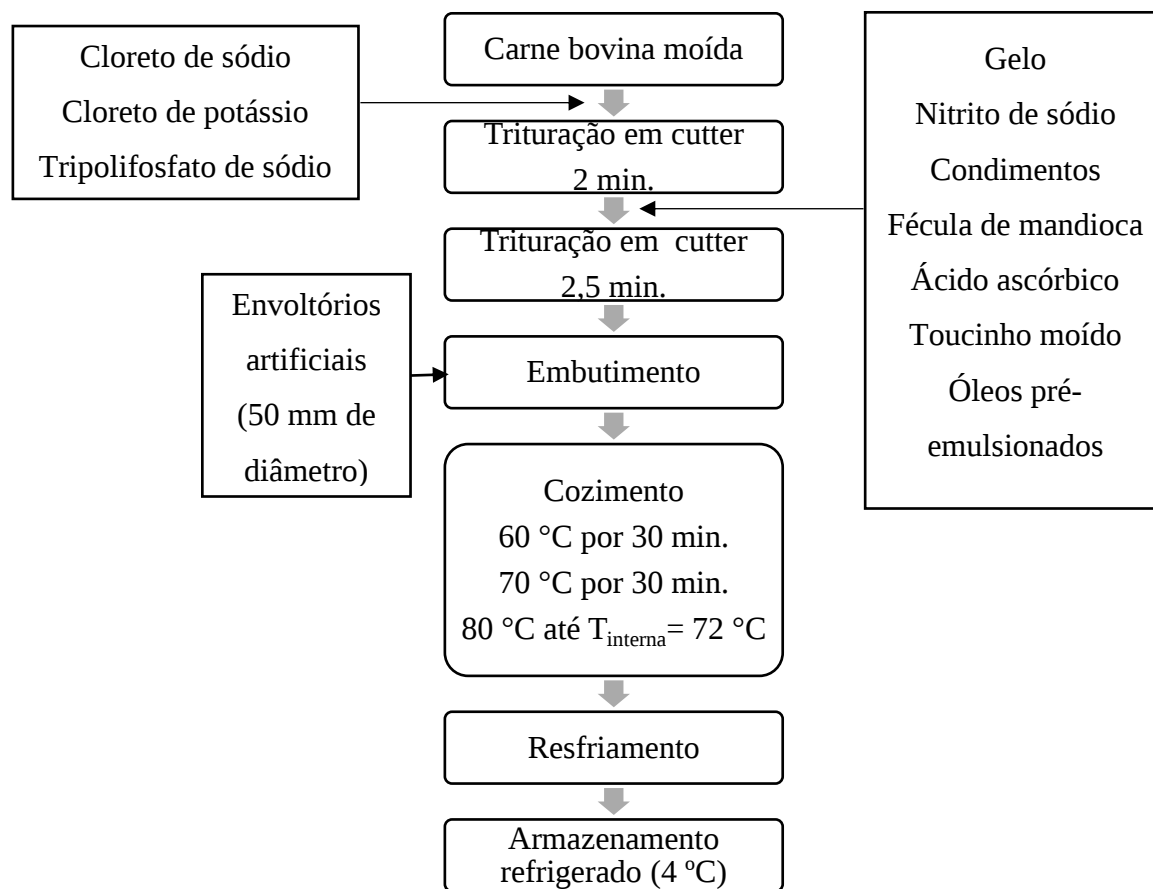
3.1.3 Processamento das mortadelas

A partir da formulação controle foram elaboradas as formulações experimentais (Tabela 2), baseadas na substituição parcial de NaCl por KCl e na substituição parcial do toucinho pela mistura de óleos de oliva, linhaça e de peixe pré-emulsificados de acordo com Delgado-Pando et al. (2010a).

A mistura de óleos foi composta por 44,39% de óleo de oliva, 37,87% de óleo de linhaça e 17,74% de óleo de peixe. Na pré-emulsificação, água, proteína isolada de soja e a mistura de óleos foram empregados nas proporções de 8:1:10 (p:p:p). Inicialmente, a água e a proteína isolada de soja foram homogeneizadas por 2 minutos em um processador de alimentos (Mixer Viva RI1366, Philips Walita). Em seguida, a mistura de óleos foi adicionada e emulsificada por 3 minutos (DELGADO-PANDO et al., 2010a).

As mortadelas foram processadas (Figura 2) de acordo com o procedimento utilizado por Dos Santos Alves et al. (2017). A carne magra moída, o cloreto de sódio e o tripolifosfato de sódio foram cominuídos no cutter (G. Paniz, Brasil) por 2 minutos. Em seguida, foram adicionados lentamente os ingredientes restantes, o toucinho moído e os óleos pré-emulsionados, que foram homogeneizados por 2,5 minutos. Durante a trituração, a temperatura da massa cárnea não excedeu 10 °C. A massa cárnea foi colocada em uma embutideira (Modelo EL 10, Metvisa, Brasil) e ensacada em envoltórios artificiais de 50 mm de diâmetro (Norpack, Minas Gerais, Brasil), resultando em produtos de aproximadamente 300 g. As mortadelas foram cozidas por imersão em um banho-maria cuja temperatura foi elevada gradualmente: 60 °C durante 30 minutos, 70 °C durante 30 minutos e 80 °C até a temperatura interna do produto atingir 72 °C. A temperatura interna das amostras foi verificada utilizando-se um termômetro colocado no centro geométrico do produto. Após o cozimento, as mortadelas foram imediatamente resfriadas em banho de gelo e, em seguida, foram armazenadas sob refrigeração (4 °C).

Figura 2 - Etapas de processamento das mortadelas com substituição parcial de toucinho e de cloreto de sódio



3.1.4 Análises físico-químicas

Os teores de umidade, proteínas e cinzas foram determinados de acordo com as metodologias 950.46B, 981.10 e 920.153 da *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC, 2005). As medidas de atividade de água e de pH foram realizadas utilizando um instrumento analisador de Aa (AquaLab Dew Point, Decagon, USA) e um pHmetro de bancada (modelo PHS-3E, Even, China), respectivamente. Os lipídeos totais foram determinados utilizando metodologia de Folch, Lees e Sloane-Stanley (1957).

3.1.5 Extração e determinação do perfil lipídico

Os lipídeos das mortadelas foram extraídos de acordo a metodologia de Folch, Lees e Sloane-Stanley (1957) e a preparação dos ésteres metílicos dos ácidos graxos contidos no extrato lipídico foi realizada de acordo com a metodologia de Hartman e Lago (1973) . O perfil de ácidos graxos foi determinado utilizando um cromatógrafo gasoso (VARIAN 430-GC, Califórnia, USA), equipado com detector de ionização de chama e coluna capilar de sílica fundida (CP WAX 52 CB, VARIAN) com dimensões de 60 m de comprimento x 0,25 mm de diâmetro interno e 0,25 µm de espessura do filme. A vazão do gás de arraste (hélio) foi de 1 mL/min. A temperatura inicial da coluna foi de 100 °C, aumentando-se 2,5 °C por minuto até atingir 240 °C, permanecendo nessa temperatura por 20 minutos, totalizando 76 minutos. A temperatura do injetor foi mantida em 250 °C e a do detector em 260 °C. Alíquotas de 1 µL do extrato esterificado foram injetadas em injetor tipo Split/Splitless (razão 1:100) a 250 °C. Os cromatogramas foram registrados em *software* tipo *Galaxie Chromatography Data System*. Os ácidos graxos foram identificados por comparação dos tempos de retenção dos ésteres metílicos das amostras com padrões de ácidos graxos. Para a quantificação, por normalização das áreas dos ésteres metílicos, foi utilizado como padrão interno o C19:0 (Sigma-Aldrich, USA) e os resultados foram expressos em percentual de área.

3.1.6 Avaliação da qualidade microbiológica

Antes da realização da avaliação sensorial, as mortadelas foram submetidas à avaliação da qualidade higiênico-sanitária. Foram realizadas determinações de coliformes a 45 °C (UFC/g), estafilococos coagulase positiva (UFC/g), clostrídio sulfito redutor (UFC/g) , *Salmonella* sp. (presença ou ausência em 25 g) para verificar a adequação dos produtos aos padrões estabelecidos na legislação brasileira (BRASIL, 2001).

3.1.7 Avaliação sensorial

Após a aprovação do projeto de pesquisa pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital Universitário Lauro Wanderley HULW/UFPB (CAAE 47909615.2.0000.5183, Anexo A) as mortadelas foram submetidas a testes sensoriais por avaliadores treinados, empregando-se o método da Análise Descritiva Quantitativa (ADQ), desenvolvido por Stone et al. (1974).

Para compor a equipe da ADQ, foram recrutados avaliadores voluntários entre estudantes de Engenharia de Alimentos e de pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos do Campus I, da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), por meio do preenchimento de um questionário de recrutamento (Apêndice A). Com base nas informações coletadas nos questionários, foram pré-selecionados para participar das sessões de análise sensorial, 35 avaliadores maiores de 18 anos, alfabetizados, de ambos os gêneros, em boas condições de saúde, sem deficiências físicas ou fisiológicas que limitem sua percepção sensorial, com interesse e disponibilidade para participar de sessões. Nestes avaliadores, foi verificada a habilidade em detectar propriedades sensoriais dos alimentos através da realização de testes de escala, reconhecimento de odores, identificação de gostos básicos e testes triangulares. Após esses testes, foram selecionados 17 avaliadores.

Os avaliadores selecionados foram reunidos para discussão dos atributos a serem avaliados, das suas respectivas definições e de referências de intensidade para os extremos das escalas de avaliação de cada um desses atributos.

Após escolha dos termos descritores e das referências mediante consenso da equipe (Apêndice B), foi elaborada a ficha de avaliação das amostras com escalas não estruturadas de 9 cm (Apêndice C) ancoradas nos extremos com os termos correspondentes às intensidades mínima e máxima do atributo, à esquerda e à direita, respectivamente.

Foram conduzidas três sessões de treinamento, nas quais foram avaliadas as formulações elaboradas. Durante as sessões, os avaliadores tiveram à sua disposição uma lista com as definições dos termos descritivos e foram orientados para avaliar as amostras de referência de cada atributo (padrões) antes das amostras em análise.

Para a seleção da equipe final, os avaliadores analisaram quatro amostras do produto, em três repetições. Os dados coletados foram tabulados e submetidos à Análise

de Variância (ANOVA) de dois fatores (amostra e repetição) por avaliador, para cada descritor avaliado. Foram selecionados 13 avaliadores com bom poder de discriminação entre amostras ($p_{\text{amostra}} < 0,50$), boa reprodutibilidade ($p_{\text{repetição}} > 0,050$) e concordância com o restante da equipe (DAMASIO; COSTELL, 1991).

Os 13 avaliadores selecionados avaliaram as amostras, em três repetições. Para evitar a fadiga sensorial, foram avaliadas 4 amostras por sessão, totalizando 9 sessões. A intensidade dos atributos das amostras foi avaliada em escalas não estruturadas de 9 cm, utilizando-se o mesmo modelo de ficha utilizado nos treinamentos e na seleção final dos avaliadores.

As fatias das mortadelas com 0,3 cm de espessura foram servidas de forma balanceada, em pratos descartáveis codificados com números aleatórios de três dígitos. Um copo contendo água mineral também foi servido aos avaliadores para limpeza do palato entre as amostras.

Os dados obtidos foram tabulados e submetidos à análise de variância (ANOVA) para análise de três efeitos (amostra, avaliador, interação amostra x avaliador) segundo recomendações de Ellendersen e Wosiacki (2010).

3.1.8 Análise estatística

Os efeitos das variáveis independentes sobre os descritores sensoriais das mortadelas foram investigados usando metodologia de superfície de resposta. As médias dos resultados das variáveis respostas de cada um dos onze experimentos do DCCR foram submetidas à Análise de Variância (ANOVA) para testar a significância dos efeitos e verificar a adequação da função polinomial de segunda ordem dada pela Equação 1:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_{12} x_1 x_2 + \beta_{11} x_1^2 + \beta_{22} x_2^2 \quad (1)$$

Onde y é a variável dependente ou resposta; as variáveis independentes codificadas são representadas por x_1 e x_2 , indicando KCl e os óleos pré-emulsionados, respectivamente e β_0 , β_i , β_{ii} e β_{ij} são coeficientes de regressão (β_0 - constante, β_i - coeficientes lineares, β_{ii} - coeficientes dos termos quadráticos e β_{ij} - coeficientes de interação).

A significância dos efeitos e do modelo matemático completo para cada variável resposta foi avaliada pelo teste F ao nível de confiança de 95,0% ($p < 0,05$). A proporção de variância explicada pelos modelos polinomiais obtidos foi dada pelo coeficiente de determinação múltiplo (R^2), e a adequação do modelo foi verificada usando o teste da falta de ajuste. O processamento dos dados foi realizado com o software *Statistica* versão 5.0 (STATSOFT, 1995).

3.2 EXPERIMENTO 2

3.2.1 Material

As mortadelas foram processadas utilizando cortes comerciais de carne bovina magra (acém) e toucinho obtidos de distribuidores comerciais em João Pessoa, Paraíba. Após a completa remoção da gordura aparente e de aponeuroses da carne, o toucinho sem pele (20,57% de umidade, 0,29 % de cinzas, 6,29% de proteínas e 72,10% de lipídeos) e a carne (75,59% de umidade, 1,01% de cinzas, 20,84% de proteínas e 2,00% de lipídeos) foram moídos, separadamente, em um moedor (C.A.F., Brasil) com disco de 6 mm e armazenados em congelamento a -18°C até o processamento das mortadelas.

Como substitutos parciais de toucinho nas formulações de mortadela, foram utilizados óleos de oliva (*Olea europaea* L.), linhaça (*Linum usitatissimum* L.) e de peixe (Mundo dos Óleos, Brasília-DF, Brasil). Na pré-emulsificação dos óleos, foi utilizada proteína isolada de soja (Ingá Alimentos, Maringá – PR, Brasil).

Os demais ingredientes e aditivos utilizados foram cloreto de sódio (Lebre, Norsal, Brasil), cloreto de potássio (Labsynth, Brasil), fécula de mandioca (Zaeli, Brasil), tripolifosfato de sódio (Labsynth, Brasil), ácido ascórbico (Northeast Pharm, China), nitrito de sódio e BHT (Adicel, Belo Horizonte - MG, Brasil), alho, pimenta preta em pó e as folhas de alecrim adquiridos no comércio de João Pessoa. Foram utilizados envoltórios artificiais de 50 mm de diâmetro (Norpack, Minas Gerais, Brasil).

3.2.2 Obtenção e caracterização da atividade antioxidante do extrato de alecrim

3.2.2.1 Preparação do extrato de alecrim

As folhas de alecrim foram trituradas em processador (Pratic Blender Cadence, BLD300) e, em seguida, o material foi submetido ao peneiramento (peneira de 48 mesh com abertura de 300 μ m). O pó obtido foi imerso em álcool etílico absoluto 99,8% (1:7,5; m/v, g do pó seco/mL de solvente) e a mistura foi submetida a agitação a 191 rpm, na temperatura de 30 °C, por 3 horas, em uma incubadora (Tecnal, TE-420). Após a filtração à vácuo, os extratos foram secos a 40 °C em estufa a vácuo (Tecnal TE-395, -700 mmHg). Após a eliminação do solvente, o extrato de alecrim foi acondicionado em frasco de vidro âmbar com tampa rosqueada e mantido sob refrigeração até a utilização.

3.2.2.2 Determinação do conteúdo total de fenólicos (CTF) do extrato de alecrim

O conteúdo total de fenólicos do extrato de alecrim foi determinado pelo método de Folin-Ciocalteu (SLINKARD; SINGLETON, 1977) com algumas modificações conforme descrito por Alcântara et al. (2019). Uma alíquota de 180 μ L do extrato (1 mg.mL⁻¹ em etanol) foi transferida para um tubo de ensaio contendo 60 μ L de reagente de Folin-Ciocalteu e 2,58 mL de água destilada. A mistura foi agitada e após 1 minuto, 180 μ L de Na₂CO₃ (15%) foram adicionados. Após a incubação das soluções por 2 h em temperatura ambiente, a absorbância da mistura foi medida a 760 nm. O ácido gálico foi utilizado na curva padrão (0,001-0,020 mg/mL em etanol) e os resultados foram expressos em termos de equivalente de ácido gálico (mg EAG/g de extrato).

3.2.2.3 Sequestro do radical livre DPPH• (2,2-difenil-1-picrilhidrazila)

O radical livre estável DPPH• foi usado para determinar a atividade sequestradora de radicais do extrato de alecrim de acordo com Brand-Williams, Cuvelier e Berset (1995), com modificações de Silva et al. (2006). Primeiramente, uma solução do extrato de alecrim em etanol (0,5 mg.mL⁻¹) foi preparada. Depois de realizar testes prévios, quantidades apropriadas de solução etanólica de DPPH• (23,6 μ g.mL⁻¹) foram adicionadas às amostras do extrato afim de obter concentrações finais de 5 a 15 μ g.mL⁻¹. Alíquotas da solução contendo o extrato de alecrim (0,5 mg.mL⁻¹) foram misturadas com

etanol e 2700 µL da solução etanólica de DPPH• (23,6 µg.mL⁻¹). Após 30 minutos na ausência da luz, foi realizada a leitura da absorbância a 517 nm, em espectrofotômetro UV-vis da Shimadzu, modelo UV-2550. Os resultados foram expressos por meio da determinação da porcentagem de atividade antioxidante total (% AAT), calculada de acordo com a equação 2, e do valor da CE₅₀.

$$\%AAT = 100 \times \left(\frac{Abs_{controle} - Abs_{amostra}}{Abs_{controle}} \right) \quad (2)$$

Em que Abs_{controle} é a absorbância da solução etanólica do radical e Abs_{amostra} é a absorbância da solução do radical na presença do extrato.

A partir dos valores obtidos, foi construído um gráfico da %AAT *versus* concentração do extrato em µg.mL⁻¹ e obteve-se a equação da reta. O valor de CE₅₀ foi obtido a partir da equação da reta, substituindo-se o y por 50 para obtenção da concentração da amostra com capacidade de reduzir 50% do radical DPPH•.

3.2.2.4 Determinação do perfil de compostos fenólicos

O perfil de compostos fenólicos presentes no extrato de alecrim foi determinado de acordo com procedimento descrito por Alcântara et al. (2019), utilizando um cromatógrafo líquido de alta eficiência (CLAE) Shimadzu (Kyoto, Japão), equipado com um injetor automático Rheodyne 7125i e um detector UV / VIS. As colunas utilizadas foram uma Shimadzu LC-18 (tamanho de partícula de 25 cm x 4,6 mm, 5 µm, da Supelco, Bellefonte, PA, EUA) e uma pré-coluna Shimadzu C-18 ODS. Para a identificação dos compostos fenólicos, as amostras foram eluídas com um sistema gradiente constituído por solvente A (ácido acético a 2%, v / v) e solvente B (acetonitrila: metanol, 2: 1, v / v), utilizado como fase móvel, com vazão de 1 mL.min⁻¹. A temperatura da coluna foi mantida a 25 °C e o volume de injeção foi de 20 µL. O sistema de gradiente começou na proporção de 90% A a 0 minuto, a 80% A aos 10 minutos, 70% A aos 15 minutos, 60% A aos 25 minutos, 50% A aos 30-40 minutos, 75% A aos 42 minutos, e 90% A a 44 minutos. Os picos dos compostos fenólicos foram monitorados a 280 nm. O *software* LabSolutions (Shimadzu) foi usado para controlar o sistema LC-UV e para processamento de dados.

3.2.2.5 Rancimat

A estabilidade oxidativa por rancimat foi utilizada para estimar o potencial antioxidante do extrato de alecrim na estabilidade oxidativa de uma mistura de óleos de oliva, linhaça e de peixes, nas proporções de 44,39%, 37,87% e 17,74%, respectivamente, empregadas por Delgado-Pando et al. (2010). Os testes de oxidação acelerados foram realizados na mistura de óleos sem adição de antioxidantes, com adição de um antioxidante sintético (BHT) na concentração máxima permitida pela legislação brasileira 100 mg.kg^{-1} (BRASIL, 1998), e com adição de extrato de alecrim em duas concentrações diferentes: 1000 mg.kg^{-1} e 3000 mg.kg^{-1} . Os testes foram conduzidos em um equipamento Metrohm Rancimat 873, a 110°C e fluxo constante de ar (10 L.h^{-1}), de acordo com a norma AOCS Cd 12b-92 (AOCS, 2009), e o período de indução (PI) foi obtido automaticamente, a partir do ponto de inflexão da curva de condutividade, pelo *software* que acompanha o equipamento. Todos os testes foram conduzidos em triplicata.

Os resultados do teste foram utilizados para determinar a concentração de extrato de alecrim, mais adequada para proporcionar a melhor estabilidade oxidativa à mistura de óleos.

3.2.3 Avaliação de índices de qualidade e perfil de ácidos graxos dos óleos

O índice de acidez (IA) e o índice de peróxido dos óleos de oliva, linhaça e de peixes foram determinados utilizando os métodos Cd 3d-63 e Cd 8-53 da *American Oil Chemists' Society* (AOCS, 2009), respectivamente.

Para a determinação do perfil de ácidos graxos dos óleos foi realizada uma esterificação metílica seguindo a metodologia descrita por Hartman e Lago (1973) e a quantificação obtida por curva de calibração com padrões de ésteres metílicos (Supelco® 37 Component FAME Mix), utilizando um GCMS-QP2010 (Shimadzu, Kyoto, Japan) equipado com uma coluna Durabound DB-23 ($30 \text{ m} \times 0,25 \text{ mm} \times 0,25 \mu\text{m}$). A temperatura do injetor e do detector foram fixados em 230°C e temperatura da coluna em 90°C . O gradiente de eluição na coluna foi de 90 a 150°C (10°C/min), 150 a 200°C (2°C/min), 200 a 230°C (10°C/min) em um tempo total de corrida de 39 minutos com um split de 100. O gás transportador foi He.

3.2.4 Pré-emulsificação dos óleos

Os óleos de oliva, linhaça e de peixes foram misturados nas proporções de 44,39%, 37,87% e 17,74%, respectivamente, conforme Delgado-Pando et al. (2010), no dia anterior à preparação da pré-emulsão e armazenados sob refrigeração a 4 °C, em recipientes de vidro com tampa rosqueada, envolvidos por papel alumínio. Foram preparados 3 lotes da mistura de óleos: um sem adição de aditivos (Mix), um aditivado com BHT na concentração de 100 mg.kg⁻¹ (Mix BHT) e outro lote aditivado com extrato de alecrim na concentração de 3000 mg.kg⁻¹ (Mix Alecrim).

A mistura de óleos utilizada como substituta do toucinho nas mortadelas foi pré-emulsionada conforme descrito por Delgado-Pando et al. (2010) no dia do processamento das mortadelas. Para tal, misturou-se 42,1% de água com 5,3% de proteína isolada de soja por 2 minutos em um processador de alimentos. Em seguida, adicionou-se 52,6% da mistura de óleos previamente combinados, e emulsificou-se por 3 minutos.

3.2.5 Processamento das mortadelas

Foram processadas 4 formulações de mortadelas (Tabela 3): MCon, preparada sem alterações nos conteúdos de sal e toucinho, contendo 14% de toucinho e 2% de NaCl; MMix, com adição de 1,25% de NaCl, 0,75% de KCl, 7% de toucinho e 7% dos óleos pré-emulsionados do lote Mix; MMix BHT, com adição de 1,25% de NaCl, 0,75% de KCl, 7% de toucinho e 7% dos óleos pré-emulsionados do lote Mix BHT; e MMix Alecrim, com adição de 1,25% de NaCl, 0,75 % de KCl, 7% de toucinho e 7% dos óleos pré-emulsionados do lote Mix Alecrim. De cada formulação, foram processados 3 lotes independentes.

Tabela 3 - Formulações de mortadelas com diferentes teores de sal, toucinho ou tipo de antioxidantes

Ingredientes	MCon	MMix	MMix BHT	MMix Alecrim
Carne magra (%)	58	58	58	58
Toucinho (%)	14	7	7	7
Pré-emulsão (%)	-			
Água (%)	-	2,95	2,95	2,95
PIS (%)	-	0,37	0,37	0,37
Óleo de oliva (%)	-	1,64	1,64	1,64
Óleo de linhaça (%)	-	1,40	1,40	1,40
Óleo de peixe (%)	-	0,65	0,65	0,65
BHT (mg.kg ⁻¹)	-	-	3,69	-
Extrato de Alecrim (mg.kg ⁻¹)	-	-	-	110,7
NaCl (%)	2	1,25	1,25	1,25
KCl (%)	-	0,75	0,75	0,75
Gelo (%)	20	20	20	20
Fécula de mandioca (%)	5	5	5	5
STPP (%)	0,3	0,3	0,3	0,3
Ácido ascórbico (%)	0,05	0,05	0,05	0,05
Alho em pó (%)	0,535	0,535	0,535	0,535
Pimenta preta (%)	0,1	0,1	0,1	0,1
Nitrito de sódio (%)	0,015	0,015	0,015	0,015

MCon - mortadela preparada sem alterações nos conteúdos de sal e toucinho, contendo 14% de toucinho e 2% de NaCl ; MMix – mortadela com adição de 1,25 % de NaCl, 0,75 % de KCl, 7% de toucinho e 7% dos óleos pré-emulsionados do lote Mix; MMix BHT- mortadela com adição de 1,25 % de NaCl, 0,75 % de KCl, 7% de toucinho e 7% dos óleos pré-emulsionados do lote Mix BHT; e MMix Alecrim – mortadela com adição de 1,25 % de NaCl, 0,75 % de KCl, 7% de toucinho e 7% dos óleos pré-emulsionados do lote Mix Alecrim. PIS – Proteína isolada de soja; STPP – tripolifosfato de sódio.

As mortadelas foram processadas de acordo com o procedimento utilizado por Dos Santos Alves et al. (2017). A carne magra moída, o cloreto de sódio, o cloreto de potássio e o tripolifosfato de sódio foram cominuídos no cutter (G. Paniz, Brasil) por 2

minutos. Em seguida, adicionou-se lentamente os ingredientes restantes, o toucinho moído e os óleos pré-emulsionados, que foram homogeneizados por 2,5 minutos. Durante a trituração, a temperatura da massa cárnea não excedeu 10 °C. A massa cárnea foi colocada em embutideira (Modelo EL 10, Metvisa, Brasil) e ensacada em envoltórios artificiais de 50 mm de diâmetro (Norpack, Minas Gerais, Brasil), resultando em produtos de aproximadamente 300g. As mortadelas foram cozidas por imersão em um banho-maria cuja temperatura foi elevada gradualmente: 60 °C durante 30 minutos, 70 °C durante 30 min e 80 °C até a temperatura interna do produto atingir 72 °C. A temperatura interna das amostras foi verificada utilizando-se um termômetro colocado no centro geométrico do produto. Após o cozimento, as mortadelas foram imediatamente resfriadas em banho de gelo e, em seguida, foram armazenadas sob refrigeração (4 °C) por 35 dias.

3.2.6 Análises físico-químicas

Os teores de umidade, proteínas e cinzas foram determinados de acordo com as metodologias 950.46B, 981.10 e 920.153, respectivamente, da *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC, 2005) e os lipídeos totais foram determinados utilizando metodologia de Folch, Lees e Sloane-Stanley (1957).

Para a determinação do perfil de ácidos graxos contidos no extrato lipídico foi realizada uma esterificação metílica seguindo a metodologia descrita por Hartman e Lago (1973) e a quantificação obtida por curva de calibração com padrões de ésteres metílicos (Supelco® 37 Component FAME Mix), utilizando um GCMS-QP2010 (Shimadzu, Kyoto, Japan) equipado com uma coluna Durabound DB-23 (30 m x 0.25 mm x 0.25 µm). A temperatura do injetor e do detector foram fixados em 230 °C e temperatura da coluna em 90 °C. O gradiente de eluição na coluna foi de 90 a 150 °C (10 °C/min), 150 a 200 °C (2 °C/min), 200 a 230 °C (10 °C/min) em um tempo total de corrida de 39 minutos com um split de 100. O gás transportador foi He.

3.2.7 Estabilidade físico-química das mortadelas

As determinações de pH, cor, textura e número de TBARS foram realizadas depois de 1, 7, 14, 21, 28 e 35 dias de armazenamento refrigerado a 4 °C.

Para a determinação de pH, 10 g da amostra triturada em processador (Pratic Blender Cadence, BLD300) foram misturados com água destilada na proporção de 1:10 (p/v) e homogeneizados para a realização da medida em pHmetro (827 pH lab, Metrohm, Suíça) previamente calibrado. As medidas foram realizadas em triplicata.

As medidas de cor das amostras trituradas foram realizadas em um colorímetro Gretag Macbeth (modelo Color-eye 2180). Foram determinados os parâmetros L* (luminosidade), a* (intensidade de vermelho) e b* (intensidade de amarelo), sendo realizadas 5 leituras por amostra.

A análise do perfil de textura (APT) foi conduzida utilizando um texturômetro CT3 *Texture Analyzer* (Brookfield, USA). As medidas foram realizadas em 10 cilindros por lote de mortadelas, para cada tempo de estocagem avaliado. Os cilindros de 2 cm de diâmetro por 2 cm de altura foram submetidos a dois ciclos de compressão. Os cilindros foram comprimidos para 30% da altura original (SALDAÑA et al., 2015a) com a TA4/1000 probe (diâmetro de 38,1 mm) em uma velocidade de 1mm/s (DOS SANTOS ALVES et al., 2017). Os parâmetros avaliados foram: dureza (N), força máxima durante o primeiro ciclo de compressão; elasticidade, a altura em que o material se recupera durante o tempo que decorre entre o final do primeiro ciclo e o início do segundo ciclo de compressão; coesividade, extensão a que um material pode ser deformado antes da ruptura (razão A2/A1, onde A1 é a energia total necessária para a primeira compressão e A2 é a energia total necessária para a segunda compressão); e mastigabilidade (N), trabalho necessário para mastigar a amostra a ser engolida (DOS SANTOS ALVES et al., 2017; SALDAÑA et al., 2015a).

A extensão da oxidação lipídica das amostras foi medida pela determinação do número das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) de acordo com o método proposto por Rosmini et al. (1996). Os resultados foram expressos em miligramas de malonaldeído por kg da amostra.

3.2.8 Análise estatística

Análise de Variância (ANOVA) e teste de Tukey foram usados para determinar diferenças significativas entre os diferentes tipos de mortadela e entre diferentes tempos de armazenamento. O processamento dos dados foi realizado com o *software Statistica* versão 5.0 (STATSOFT, 1995) e o nível de significância de $p < 0,05$ foi utilizado para todas as avaliações.

REFERÊNCIAS

ABREU, V. K. G. et al. Addition of anacardic acid as antioxidants in broiler chicken mortadella. **Food Science and Technology**, v. 35, n. 3, p. 539–545, 2015.

ABURTO, N. J. et al. Effect of lower sodium intake on health: systematic review and meta-analyses. **Bmj**, v. 346, n. April, p. f1326, 2013.

ALCÂNTARA, M. A. et al. Effect of the solvent composition on the profile of phenolic compounds extracted from chia seeds. **Food Chemistry**, v. 275, p. 489–496, 2019.

AOAC. **Official Methods of Analysis**. 18. ed. Washington: Association of Official Analytical Chemists, 2005.

AOCS. **Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society**. 6. ed. Champaign, IL, USA: AOCS, 2009.

AZIZKHANI, M.; TOORYAN, F. Antioxidant and antimicrobial activities of rosemary extract, mint extract and a mixture of tocopherols in beef sausage during storage at 4°C. **Journal of Food Safety**, v. 35, n. 1, p. 128–136, 2015.

BALDIN, J. C. et al. Effect of microencapsulated Jabuticaba (*Myrciaria cauliflora*) extract on quality and storage stability of mortadella sausage. **Food Research International**, v. 108, p. 551–557, 2018.

BERASATEGI, I. et al. Healthy reduced-fat Bologna sausages enriched in ALA and DHA and stabilized with *Melissa officinalis* extract. **Meat Science**, v. 96, n. 3, p. 1185–1190, 2014a.

BERASATEGI, I. et al. Reduced-fat bologna sausages with improved lipid fraction. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 94, n. 4, p. 744–751, 2014b.

BERIAIN, M. J. et al. The effects of olive oil emulsified alginate on the physico-chemical, sensory, microbial, and fatty acid profiles of low-salt, inulin-enriched sausages. **Meat Science**, v. 88, n. 1, p. 189–197, 2011.

BOLGER, Z. et al. Comminuted meat products—consumption, composition, and approaches to healthier formulations. **Food Reviews International**, v. 33, n. 2, p. 143–166, 2017.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; Berset, C. Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity. **LWT - Food Science and Technology**, v. 28, n. 1, p. 25–30, 1995.

BRASIL. Portaria SVS/MS nº 1004, de 11 de dezembro de 1998. Aprova o Regulamento Técnico: “Atribuição de Função de Aditivos, Aditivos e seus Limites Máximos de uso para a Categoria 8 - Carne e Produtos Cárneos”. **Diário Oficial da União**, 1998.

BRASIL. Instrução normativa MAPA nº 4, de 31 de março de 2000. Aprova os Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade de Carne Mecanicamente Separada, de Mortadela, de Lingüiça e de Salsicha. **Diário Oficial da União**, p. 6, 2000.

BRASIL. Resolução - RDC ANVISA nº 12, de 02 de janeiro de 2001. Aprova o regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos . 2001.

BRASIL. Decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017. Regulamenta a Lei nº 1.283, de 18 de dezembro de 1950, e a Lei nº 7.889, de 23 de novembro de 1989, que dispõem sobre a inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal. **Diário Oficial da União**, 2017.

BREWER, M. S. Natural antioxidants: sources, compounds, mechanisms of action, and potencial applications. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, 2011.

BROWN, I. J. et al. Salt intakes around the world: Implications for public health. **International Journal of Epidemiology**, v. 38, n. 3, p. 791–813, 2009.

CÁCERES, E.; GARCÍA, M. L.; SELGAS, M. D. Effect of pre-emulsified fish oil - as source of PUFA n-3 - on microstructure and sensory properties of mortadella, a Spanish bologna-type sausage. **Meat Science**, v. 80, n. 2, p. 183–193, 2008.

CÂMARA, A. K. F. I.; POLLONIO, M. A. R. Reducing animal fat in Bologna sausage using pre-emulsified linseed oil: technological and sensory properties. **Journal of Food Quality**, v. 38, p. 201–212, 2015.

CAMPAGNOL, P. C. B. et al. Application of lysine, taurine, disodium inosinate and disodium guanylate in fermented cooked sausages with 50% replacement of NaCl by KCl. **Meat Science**, v. 87, n. 3, p. 239–243, 2011.

CAMPAGNOL, P. C. B. et al. A combined approach to decrease the technological and sensory defects caused by fat and sodium reduction in Bologna-type sausages. **Food Science and Technology International**, v. 23, n. 6, p. 471–479, 2017.

CAMPBELL, N. R. C.; NEAL, B. C.; MACGREGOR, G. A. Interested in developing a national programme to reduce dietary salt? **Journal of Human Hypertension**, v. 25, n. 12, p. 705–710, 2011.

CARVALHO, C. B. et al. Evaluation of quality factors of bovine and chicken meat marinated with reduced sodium content. **Food Science and Technology**, v. 33, n. 4, p. 776–783, 2013.

CHAUL, L. T. et al. Engineering spray-dried rosemary extracts with improved physicochemical properties: A design of experiments issue. **Brazilian Journal of Pharmacognosy**, v. 27, n. 2, p. 236–244, 2017.

CHOI, Y.-S. et al. Characteristics of low-fat meat emulsion systems with pork fat replaced by vegetable oils and rice bran fiber. **Meat science**, v. 82, n. 2, p. 266–71, jun. 2009.

CHOI, Y. M. et al. Combined effects of potassium lactate and calcium ascorbate as sodium chloride substitutes on the physicochemical and sensory characteristics of low-sodium frankfurter sausage. **Meat Science**, v. 96, n. 1, p. 21–25, 2014.

CHOI, Y. S. et al. Effects of replacing pork back fat with vegetable oils and rice bran fiber on the quality of reduced-fat frankfurters. **Meat Science**, v. 84, n. 3, p. 557–563, 2010a.

CHOI, Y. S. et al. Optimization of replacing pork back fat with grape seed oil and rice bran fiber for reduced-fat meat emulsion systems. **Meat Science**, v. 84, n. 1, p. 212–218, 2010b.

CUNHA, L. C. M. et al. Natural antioxidants in processing and storage stability of sheep and goat meat products. **Food Research International**, v. 111, p. 379–390, 2018.

DA SILVA, S. L. et al. Fat replacement by oleogel rich in oleic acid and its impact on the technological, nutritional, oxidative, and sensory properties of Bologna-type sausages. **Meat Science**, v. 149, p. 141–148, 2019.

DAMASIO, M. H.; COSTELL, E. Análisis sensorial descriptivo: generación de descriptores y selección de catadores. **Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos**, v. 31, n. 2, p. 165–178, 1991.

DE ALMEIDA, P. L. et al. Effect of jabuticaba peel extract on lipid oxidation, microbial stability and sensory properties of Bologna-type sausages during refrigerated storage. **Meat Science**, v. 110, p. 9–14, 2015.

DELGADO-PANDO, G. et al. Healthier lipid combination oil-in-water emulsions prepared with various protein systems: An approach for development of functional meat products. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v. 112, n. 7, p. 791–801, 2010a.

DELGADO-PANDO, G. et al. Healthier lipid combination as functional ingredient influencing sensory and technological properties of low-fat frankfurters. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v. 112, n. 8, p. 859–870, 2010b.

DESMOND, E. Reducing salt: A challenge for the meat industry. **Meat science**, v. 74, n. 1, p. 188–96, set. 2006.

DOS SANTOS ALVES, L. A. A. et al. Impact of lysine and liquid smoke as flavor enhancers on the quality of low-fat Bologna-type sausages with 50% replacement of NaCl by KCl. **Meat Science**, v. 123, p. 50–56, 2017.

DOS SANTOS, B. A. et al. Monosodium glutamate, disodium inosinate, disodium guanylate, lysine and taurine improve the sensory quality of fermented cooked sausages with 50% and 75% replacement of NaCl with KCl. **Meat Science**, v. 96, n. 1, p. 509–513, 2014.

DOS SANTOS, B. A. et al. Impact of sodium chloride replacement by salt substitutes on the proteolysis and rheological properties of dry fermented sausages. **Journal of Food Engineering**, v. 151, p. 16–24, 2015.

ELLENDERSEN, L. S. N.; WOSIACKI, G. **Análise sensorial descritiva quantitativa: estatística e interpretação**. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2010.

ERDMANN, M. E. et al. Influence of droplet size on the antioxidant activity of rosemary extract loaded oil-in-water emulsions in mixed systems. **Food and Function**, v. 6, n. 3, p. 793–804, 2015.

FARIA, M. DE O. et al. Properties of bologna-type sausages with pork back-fat replaced with pork skin and amorphous cellulose. **Meat Science**, v. 104, p. 44–51, 2015.

FEINER, G. **Meat products Handbook: practical science and technology**. Boca Raton: CRC Press, 2006.

FELISBERTO, M. H. F. et al. Effect of prebiotic ingredients on the rheological properties and microstructure of reduced-sodium and low-fat meat emulsions. **LWT - Food Science and Technology**, v. 60, n. 1, p. 148–155, 2015.

FOLCH, J.; LEES, M.; SLOANE-STANLEY, G. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. **J. biol. Chem.**, v. 226, p. 497–509, 1957.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). Fats and fatty acids in human nutrition: report of an expert consultation. **FAO, Food and Nutrition Paper**, v. 91, p. 166, 2010.

GALLARDO, G. et al. Microencapsulation of linseed oil by spray drying for functional food application. **Food Research International**, v. 52, n. 2, p. 473–482, 2013.

GRASSO, S. et al. Healthy processed meat products e Regulatory , reformulation and consumer challenges. **Trends in Food Science & Technology**, v. 39, n. 1, p. 4–17, 2014.

HARTMAN, L.; LAGO, R. Rapid preparation of fatty acid methyl esters from lipids. **Lab Pract**, v. 22, p. 475–6, 1973.

HE, F. J.; JENNER, K. H.; MACGREGOR, J. A. WASH-world action on salt and health. **Kidney International**, v. 78, p. 745–753, 2010.

HECK, R. T. et al. Oxidative stability of burgers containing chia oil microparticles enriched with rosemary by green-extraction techniques. **Meat Science**, v. 146, p. 147–153, 2018.

HECK, R. T. et al. Volatile compounds and sensory profile of burgers with 50% fat replacement by microparticles of chia oil enriched with rosemary. **Meat Science**, v. 148, p. 164–170, 2019.

HERRERO, A. M. et al. Lipid and protein structure analysis of frankfurters formulated with olive oil-in-water emulsion as animal fat replacer. **Food Chemistry**, v. 135, n. 1, p. 133–139, 2012.

HORITA, C. N. et al. 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**, v. 89, n. 4, p. 426–33, dez. 2011.

HORITA, C. N. et al. Textural, microstructural and sensory properties of reduced sodium frankfurter sausages containing mechanically deboned poultry meat and blends of chloride salts. **Food Research International**, v. 66, p. 29–35, 2014.

INGUGLIA, E. S. et al. Salt reduction strategies in processed meat products – A review.

Trends in Food Science & Technology, v. 59, p. 70–78, 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Pesquisa de orçamentos familiares 2008-2009**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

JIMENEZ-COLMENERO, F. et al. Novel applications of oil-structuring methods as a strategy to improve the fat content of meat products. **Trends in Food Science and Technology**, v. 44, n. 2, p. 177–188, 2015.

JIMÉNEZ-COLMENERO, F. Healthier lipid formulation approaches in meat-based functional foods. Technological options for replacement of meat fats by non-meat fats. **Trends in Food Science & Technology**, v. 18, n. 11, p. 567–578, nov. 2007.

KUMAR, Y. et al. Recent Trends in the Use of Natural Antioxidants for Meat and Meat Products. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 14, n. 6, p. 796–812, 2015.

LÓPEZ-LÓPEZ, I. et al. Design and nutritional properties of potential functional frankfurters based on lipid formulation, added seaweed and low salt content. **Meat science**, v. 83, n. 2, p. 255–62, out. 2009.

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.

LORENZO, J. M. et al. Natural antioxidants to reduce the oxidation process of meat and meat products. **Food Research International**, v. 115, n. November 2018, p. 377–378, 2019.

MARCHETTI, L.; ANDRÉS, S. C.; CALIFANO, A. N. Textural and thermal properties of low-lipid meat emulsions formulated with fish oil and different binders. **LWT - Food Science and Technology**, v. 51, n. 2, p. 514–523, 2013.

MARCHETTI, L.; ANDRÉS, S. C.; CALIFANO, A. N. Low-fat meat sausages with fish oil: Optimization of milk proteins and carrageenan contents using response surface methodology. **Meat Science**, v. 96, n. 3, p. 1297–1303, 2014.

MARCHETTI, L.; ANDRÉS, S. C.; CALIFANO, A. N. Physicochemical, Microbiological and Oxidative Changes During Refrigerated Storage of n-3 PUFA Enriched Cooked Meat Sausages with Partial NaCl Substitution. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 41, n. 3, p. 1–11, 2017.

MARIUTTI, L. R. B.; BRAGAGNOLO, N. Influence of salt on lipid oxidation in meat and seafood products: A review. **Food Research International**, v. 94, p. 90–100, 2017.

MENEGAS, L. Z. et al. Dry-fermented chicken sausage produced with inulin and corn oil: Physicochemical, microbiological, and textural characteristics and acceptability during storage. **Meat Science**, v. 93, n. 3, p. 501–506, 2013.

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. 919–30, dez. 2013.

PAULSEN, M. T. et al. Effects of NaCl substitution on the sensory properties of sausages: Temporal aspects. **Meat Science**, v. 98, n. 2, p. 164–170, 2014.

PELSER, W. M. et al. Lipid oxidation in n - 3 fatty acid enriched Dutch style fermented sausages. **Meat Science**, v. 75, n. 1, p. 1–11, 2007.

PEREIRA, D. et al. Rosemary as natural antioxidant to prevent oxidation in chicken burgers. **Food Science and Technology**, v. 37, p. 17–23, 2017.

PIRES, M. A. et al. The effect of sodium reduction on the microstructure, texture and sensory acceptance of Bologna sausage. **Food Structure**, v. 14, p. 1–7, 2017.

PIRES, M. A.; DE NORONHA, R. L. F.; TRINDADE, M. A. Understanding consumer's perception and acceptance of bologna sausages with reduced sodium content and/or omega-3 addition through conjoint analysis and focus group. **Journal of Sensory Studies**, p. 1–10, 2019.

RIBEIRO-SANTOS, R. et al. A novel insight on an ancient aromatic plant: The rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.). **Trends in Food Science and Technology**, v. 45, n. 2, p. 355–368, 2015.

RIBEIRO, J. S. et al. Natural antioxidants used in meat products : A brief review. **Meat Science**, v. 148, n. October 2018, p. 181–188, 2019.

RINALDI, M. et al. Simulation and experimental validation of simultaneous heat and mass transfer for cooking process of Mortadella Bologna PGI. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 46, n. 3, p. 586–593, 2011.

RODRIGUEZ FURLÁN, L. T.; PADILLA, A. P.; CAMPDERRÓS, M. E. Development of reduced fat minced meats using inulin and bovine plasma proteins as fat replacers. **Meat**

Science, v. 96, n. 1, p. 762–768, 2014.

ROSMINI, M. R. et al. TBA test by an extractive method applied to ‘paté’. **Meat Science**, v. 42, n. 1, p. 103–110, 1996.

RUUSUNEN, M.; PUOLANNE, E. Reducing sodium intake from meat products. **Meat Science**, v. 70, p. 531–541, 2005.

SALCEDO-SANDOVAL, L. et al. Healthier oils stabilized in konjac matrix as fat replacers in n-3 PUFA enriched frankfurters. **Meat science**, v. 93, n. 3, p. 757–66, mar. 2013.

SALDAÑA, E. et al. Microstructure, texture profile and descriptive analysis of texture for traditional and light mortadella. **Food Structure**, v. 6, p. 13–20, 2015a.

SALDAÑA, E. et al. Influence of animal fat substitution by vegetal fat on Mortadella-type products formulated with different hydrocolloids. **Scientia Agricola**, v. 72, n. 6, p. 495–503, 2015b.

SALDAÑA, E. et al. Optimization of lipid profile and hardness of low-fat mortadella following a sequential strategy of experimental design. **Journal of Food Science and Technology**, v. 55, n. 2, p. 811–820, 2018a.

SALDAÑA, E. et al. A sensometric approach to the development of mortadella with healthier fats. **Meat Science**, v. 137, p. 176–190, 2018b.

SALMINEN, H.; HERRMANN, K.; WEISS, J. Oil-in-water emulsions as a delivery system for n-3 fatty acids in meat products. **Meat Science**, v. 93, n. 3, p. 659–667, 2013.

SARNO, F. et al. Estimated sodium intake for the Brazilian population, 2008-2009. **Revista de Saude Publica**, v. 47, n. 3, p. 571–578, 2013.

SCHMIELE, M. et al. Dietary fiber as fat substitute in emulsified and cooked meat model system. **LWT - Food Science and Technology**, v. 61, n. 1, p. 105–111, 2015.

SILVA, T. M. S. et al. Chemical composition and free radical scavenging activity of pollen loads from stingless bee *Melipona subnitida* Ducke. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 19, n. 6–7, p. 507–511, 2006.

SLINKARD, K.; SINGLETON, V. L. Total Phenol Analysis: Automation and Comparison with Manual Methods. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 28, p. 49–55, 1977.

SOCRIER, L. et al. Flax phenolic compounds as inhibitors of lipid oxidation: Elucidation of their mechanisms of action. **Food Chemistry**, v. 274, p. 651–658, 2018.

SOHAIB, M. et al. Antioxidant proteins and peptides to enhance the oxidative stability of meat and meat products: A comprehensive review. **International Journal of Food Properties**, v. 20, n. 11, p. 2581–2593, 2016.

STATSOFT. **Statistica for windows** Tulsa, USA StatSof, , 1995.

STONE, H. et al. Sensory evaluation by Quantitative Descriptive analysis. **Food Technology**, v. 28, n. 11, p. 24–34, 1974.

TAORMINA, P. J. Implications of salt and sodium reduction on microbial food safety. **Critical reviews in food science and nutrition**, v. 50, n. 9, p. 209–227, 2010.

TERRELL, R. N. Reducing the sodium content of processed meats. **Food Technology**, v. 37, n. 7, p. 66–71, 1983.

TOLDRÁ, F.; REIG, M. Innovations for healthier processed meats. **Trends in Food Science & Technology**, v. 22, n. 9, p. 517–522, set. 2011.

TOMASCHUNAS, M. et al. Changes in sensory properties and consumer acceptance of reduced fat pork Lyon-style and liver sausages containing inulin and citrus fiber as fat replacers. **Meat Science**, v. 95, n. 3, p. 629–640, 2013.

TRIKI, M. et al. Chilled storage characteristics of low-fat, n-3 PUFA-enriched dry fermented sausage reformulated with a healthy oil combination stabilized in a konjac matrix. **Food Control**, v. 31, n. 1, p. 158–165, maio 2013.

U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES; U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE. 2015 – 2020 Dietary Guidelines for Americans. 2015. Disponível em: <<https://health.gov/dietaryguidelines/2015/guidelines/>>. Acesso em: 07 dez. 2017.

USDA. **National nutrient database for standard reference**. Disponível em: <<https://ndb.nal.usda.gov/ndb/search>>. Acesso em: 16 dez. 2018.

VIEIRA, S. A.; MCCLEMENTS, D. J.; DECKER, E. A. Challenges of utilizing healthy fats in foods. **Advances in nutrition (Bethesda, Md.)**, v. 6, n. 3, p. 309S–17S, 2015.

WANG, Y. Z. et al. Effects of a natural antioxidant, polyphenol-rich rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) extract, on lipid stability of plant-derived omega-3 fatty-acid rich oil. **LWT - Food Science and Technology**, v. 89, p. 210–216, 2018.

WEISS, J. et al. Advances in ingredient and processing systems for meat and meat products. **Meat science**, v. 86, n. 1, p. 196–213, set. 2010.

WILLIAMS, D. et al. Flax seed oil and flax seed meal reduce the formation of aberrant crypt foci (ACF) in azoxymethane-induced colon cancer in Fisher 344 male rats. **Food and Chemical Toxicology**, v. 45, n. 1, p. 153–159, 2007.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Sodium intake for adults and children. p. 1–46, 2012a. Disponível em: < <http://www.who.int/iris/handle/10665/77985> >. Acesso em: 17 jan. 2017.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Guideline: Potassium intake for adults and children. p. 52, 2012b. Disponível em: < https://www.who.int/nutrition/publications/guidelines/potassium_intake/en/ >. Acesso em: 17 jan. 2017.

WU, H. et al. Proteolysis and sensory properties of dry-cured bacon as affected by the partial substitution of sodium chloride with potassium chloride. **Meat Science**, v. 96, n. 3, p. 1325–1331, 2014.

WU, H. et al. Influence of partial replacement of NaCl with KCl on profiles of volatile compounds in dry-cured bacon during processing. **Food Chemistry**, v. 172, p. 391–399, 2015.

XIE, J. et al. A review on rosemary as a natural antioxidation solution. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v. 119, n. 6, p. 1–10, 2017.

4 RESULTADOS

A apresentação dos resultados obtidos nos experimentos foi realizada em forma de artigos, de acordo com o estabelecido na Norma Complementar nº 03/2011 do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos (PPGCTA/UFPB).

ARTIGO I: Effects of simultaneous partial replacements of sodium chloride and fat in the sensory characteristics of mortadellas

(Submetido ao periódico Journal of Food Science)

ARTIGO II: Effect of rosemary extract in mortadellas enriched with polyunsaturated fatty acids and lower salt content during refrigerated storage

(Submetido ao periódico Meat Science)

Effects of simultaneous partial replacements of sodium chloride and fat in the sensory characteristics of mortadellas

Sonnalle S. Costa^a, Mariana F. Marini^a, Jéssica L. O. Brasileiro^a, Katharina K. B. Sassi^a, Mércia S. Galvão^a, Marta S. Madruga^a Ricardo T. Moreira^a

^aDepartment of Food Engineering, Technology Center, Federal University of Paraíba, CEP 58051-900, João Pessoa, Paraíba, Brazil.

Corresponding author: Sonnalle S. Costa, Department of Food Engineering, Technology Center, Federal University of Paraíba, CEP 58051-900, João Pessoa, Paraíba, Brazil, Email: sonnallecosta@gmail.com

6,089 words

Sensory profile of healthier mortadella (. . .)

Sensory and Consumer Sciences

ABSTRACT: Modifications in the salt and fat content of meat products may adversely affect important quality aspects of these products, including their sensory characteristics. This study aimed to evaluate the effects of simultaneous partial substitutions of sodium chloride by potassium chloride (KCl) and pork-back fat by a pre-emulsified blend of olive, linseed and fish oils in the sensory profile of mortadellas using Quantitative Descriptive Analysis. A Central Composite Rotational Design (CCRD) with two factors (KCl and pre-emulsified blend of oils) at two levels (2^2), plus four axial points and the central point was employed, which was repeated three times, resulting in a total of 11 mortadella formulations. In parallel to the CCRD, a control formulation of mortadella was elaborated for comparison with the experimental samples. The modifications made in some formulations resulted in differences in the pink color, mortadella characteristic flavor, flavor of condiment and saltiness descriptors in relation to the control formulation. However, it was verified that the addition of KCl and the pre-emulsified oils at the central point levels allowed the obtaining of mortadellas with sensory characteristics similar to the control product and with lipid profile more consistent with the health recommendations.

Keywords: meat products, fatty acid profile, response surface methodology, sausage, salt.

Practical Application: Some meat products such as mortadellas are seen by many consumers as unhealthy due to their high content of sodium and fat. Therefore, the use of simultaneous strategies to reduce these components may be an alternative for the meat industry to improve the reputation of these foods. In this perspective, the study contributes with detailed information about how the partial substitutes of salt and pork-back fat affected the sensory properties of mortadella and allows the indication of levels of substitution that can be used by processors to obtain products with better nutritional quality, without adversely affecting its sensory quality.

Introduction

Mortadellas are sausages that are among the most consumed emulsified meat products in many countries and are of great economic importance to the meat industry (da Silva et al., 2019; Faria et al., 2015). These products have a high content of animal fat (from 20% to 30%) and, consequently, a high percentage of saturated fatty acids (Faria et al., 2015), as well as a high sodium content in their composition (dos Santos Alves et al., 2017).

In a technical report released by the Brazilian Health Surveillance Agency (ANVISA) to publicize the results of the sodium analyzes carried out on 26 food categories, collected in the retail market in the years of 2010 and 2011, mortadellas were among foods with the highest levels, with an average of 1303 mg of sodium per 100 g (BRAZIL, 2012). This report also pointed out that a single portion of mortadella (40 g) contribute with about $\frac{1}{4}$ of the daily sodium intake recommended by the World Health Organization (WHO).

Considering the scientific evidence that excessive sodium intake is associated with an increased risk of stroke and coronary heart disease, the WHO recommends a reduction in sodium intake to less than 2000 mg per day (or 5 g of salt) which contributes to reduce the risk of cardiovascular disease and blood pressure in adults (WHO, 2012). The recommendation to limit sodium intake is also present in the 2015 to 2020 Dietary Guidelines for Americans, a publication developed by the US Department of Health and Human Services and the US Department of Agriculture (HHS; USDA, 2015).

Another key quantitative recommendation in this publication is to limit calorie intake from saturated fats to less than 10% per day, based on the evidence that the replacement of saturated fats with unsaturated fats is associated with a reduced risk of cardiovascular disease (HHS; USDA, 2015).

Sodium chloride (NaCl) is the main additive in processed meat due to its preservative properties, its ability to affect taste and improve the flavor of the product and its functional ability to solubilize the myofibrillar proteins that are necessary to increase adhesion and cohesion in meat products (Inguglia, Zhang, Tiwari, Kerry, & Burgess, 2017).

One of the main approaches used to reduce the amount of sodium in meat products is the substitution of NaCl for other salts, such as KCl, CaCl₂ and MgCl₂ (Campagnol, Santos, Morgano, Terra, & Pollonio, 2011; Ruusunen & Puolanne, 2005).

Potassium chloride (KCl) is probably the most common salt substitute used in low or reduced sodium foods (Desmond, 2006; Inguglia et al., 2017; Ruusunen & Puolanne, 2005) and appears to be the best alternative to reduce the amount of sodium in meat products (Campagnol et al., 2011). However, at high replacement rates, undesirable sensory effects such as bitter and metallic residual taste have been reported (Toldrá & Reig, 2011).

In relation to the improvement of the fat content of meat products using reformulation strategies, studies have been conducted employing different oils of vegetable or marine origin, isolated or blended, as a replacement for the animal fat, in order to produce a fatty acid profile more suitable with the health recommendations (da Silva et al., 2019; Delgado-Pando et al., 2011; Delgado-Pando, Cofrades, Ruiz-Capillas, & Jiménez-Colmenero, 2010; Jiménez-Colmenero, Triki, Herrero, Rodríguez-Salas, & Ruiz-Capillas, 2013; Marchetti, Andrés, & Califano, 2017; Salcedo-Sandoval, Cofrades, Ruiz-Capillas Pérez, Solas, & Jiménez-Colmenero, 2013; Saldaña et al., 2018; Triki, Herrero, Rodríguez-Salas, Jiménez-Colmenero, & Ruiz-Capillas, 2013). The incorporation of the oils to the meat products in the form of pre-emulsions is pointed out as a good technological alternative to minimize the possibility of physical separation of the oil during the life of the product (Jiménez-Colmenero, 2007; Jimenez-Colmenero et al., 2015).

However, the replacement of animal fat in meat products is a huge technological challenge. Although it is a high-calorie ingredient in formulations, animal fat has a large and positive contribution in terms of tenderness, juiciness, taste and other important attributes of quality (Schmiele, Nucci Mascarenhas, da Silva Barretto, & Rodrigues Pollonio, 2015).

Both the use of NaCl substitute salts and the replacement of animal fat by vegetable or marine oils at different levels have been studied as strategies for the development of healthier meat products. However, there are few reports in the literature with the simultaneous use of these two reformulation strategies in mortadellas.

In this context, this study aimed to evaluate the effects of simultaneous partial substitutions of sodium chloride by potassium chloride and pork-back fat by a pre-emulsified blend of olive, linseed and fish oils in the sensory characteristics of mortadellas.

Materials and methods

Materials

The mortadellas were processed using commercial cuts of lean beef (chuck) and pork-back fat obtained from commercial distributors in João Pessoa, Paraíba, Brazil. After complete removal of the visible fat and connective tissue from the meat, the skinless pork-back fat and meat were minced separately in a grinder (C.A.F., Brazil) with a 6 mm disc. The ground beef and pork-back fat were packed in plastic bags and stored under freezing at $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ until use. Before mortadellas processing, the ground beef and pork-back fat were thawed overnight in a refrigerator at $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ according to Zhuang et al. (2016). All experiments were performed with the same raw materials.

As partial substitutes for pork-back fat in the mortadellas, olive oil (*Olea europaea* L.), linseed oil (*Linum usitatissimum* L.) and fish oil (Mundo dos Óleos, Brasília-DF, Brazil) were used. Isolated soy protein (Ingá Alimentos, Maringá - PR, Brazil) was used in the pre-emulsification of the oils.

The other ingredients and additives used were sodium chloride (Lebre, Norsal, Brazil), potassium chloride (Labsynth, Brazil), cassava starch (Zaeli, Brazil), sodium tripolyphosphate (Labsynth, Brazil), ascorbic acid (Northeast Pharm, China), sodium nitrite (Adicel, Belo Horizonte - MG, Brazil), garlic and black pepper powder purchased in the local market of João Pessoa. Sausages were stuffed into artificial casings of 50 mm diameter (Norpack, Minas Gerais, Brazil).

Experimental design

To evaluate the effect of the KCl and pre-emulsified blend of olive, linseed and fish oils factor on the sensory properties of the mortadellas, a Central Composite Rotational Design (CCRD) with two factors at two levels (2^2) plus four axial points and the center point was employed, which was repeated three times, resulting in a total of eleven assays (Table 1). The two levels of KCl (0.5% and 1%) and pre-emulsified oil blend (3.5% and 10.5%) tested corresponded to substitutions of 25% and 50% in the NaCl content and 25% to 75% of the pork-back fat employed in the control formulation. Thus, in each formulation, the total amount of fat added was the result of the addition of the pre-emulsified oils in the amount established in the CCRD supplemented by the pork-back fat. Similarly, the amount of salt added was the result of the addition of KCl in the amount established in the CCRD supplemented by NaCl.

In parallel to the CCRD assays, a control formulation of mortadella, without any fat and NaCl substitute, containing 14% of pork-back fat and 2% of NaCl was prepared, totaling 12 treatments.

Production of mortadellas

The experimental formulations were elaborated from the control formulation (Table 2), based on the partial replacement of NaCl by KCl and the partial replacement of pork-back fat by the pre-emulsified blend of olive, linseed and fish oils according to Delgado-Pando et al. (2010a).

The oil blend was composed of 44.39% olive oil, 37.87% linseed oil and 17.74% fish oil. In pre-emulsification, water, soy isolated protein and the oil blend were employed in the ratio of 8:1:10 (w:w:w). Initially, water and soy protein isolated were homogenized for 2 minutes in a food processor (Mixer Viva RI1366, Philips Walita). Then the oil blend was added and emulsified for 3 minutes (Delgado-Pando, Cofrades, Ruiz-Capillas, Solas, et al., 2010).

The mortadellas were processed according to the procedure used by Dos Santos Alves et al. (2017). The lean ground beef, the sodium chloride and the sodium tripolyphosphate were comminuted in the cutter (G. Paniz, Brazil) for 2 minutes. Thereafter, the remaining ingredients, the ground pork-back fat and the pre-emulsified oils were slowly added and the batter was chopped for 2.5 minutes. During chopping, the temperature of the meat batter did not exceed 10 °C. The meat batter was stuffed (Model EL 10, Metvisa, Brazil) into 50 mm impermeable to water plastic casings (Norpack, Minas Gerais, Brazil), resulting in products weighting approximately 300 g. The mortadellas were cooked by immersion in a water bath whose temperature was raised gradually: 60 °C for 30 minutes, 70 °C for 30 min and 80 °C until the core temperature of the product reached 72 °C. The internal temperature of the samples was

verified using a thermometer placed in the geometric center of the product. After cooking, the mortadellas were immediately cooled in an ice bath and then stored under refrigeration (4 °C).

Physical-chemical analysis

The moisture, protein and ash contents were determined according to methodologies 950.46B, 981.10 and 920.153 of the Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2005). Water activity and pH measurements were performed using a water activity meter instrument (AquaLab Dew Point, Decagon, USA) and a benchtop pH meter (model PHS-3E, Even, China), respectively. Total lipids were determined using Folch, Lees and Sloane-Stanley (1957) methodology.

Extraction and determination of the lipid profile

The lipids of the mortadellas were extracted according to the Folch, Lees and Sloane-Stanley (1957) methodology and the preparation of the methyl esters of the fatty acids contained in the lipid extract was performed according to Hartman and Lago (1973) methodology. The fatty acid profile was determined using a gas chromatograph (VARIAN 430-GC, California, USA), equipped with flame ionization detector and fused silica capillary column (CP WAX 52 CB, VARIAN) with dimensions of 60 m in length x 0.25 mm of internal diameter and 0.25 µm of film thickness. The flow rate of the entrainment gas (helium) was 1 mL/min. The initial column temperature was 100 °C, increased by 2.5 °C per minute to 240 °C, remaining at that temperature for 20 minutes, totaling 76 minutes. The temperature of the injector was maintained at 250 °C and the detector at 260 °C. Aliquots of 1 µL of the esterified extract were injected in a Split/Splitless type injector (1:100 ratio) at 250 °C. The chromatograms were recorded in a

Galaxie Chromatography Data System type software. Fatty acids were identified by comparing the methyl esters retention times of the samples with fatty acid standards. For quantification, by standardization of the methyl esters areas, C19:0 (Sigma-Aldrich, USA) was used as the internal standard and the results were expressed as a percentage of area.

Microbiological quality evaluation

Before the sensory evaluation, the mortadellas were submitted to the evaluation of hygienic-sanitary quality. Determinations of Coliform at 45 °C (CFU/g), coagulase positive staphylococci (CFU/g), sulfite-reducing clostridia (CFU/g), *Salmonella* sp. (presence or absence in 25 g) were performed to verify the suitability of the products to the standards established in Brazilian legislation (BRASIL, 2001).

Sensory evaluation

After approval of the research project by the Research Ethics Committee of the Hospital Universitário Lauro Wanderley HULW/UFPB (CAAE 47909615.2.0000.5183), the mortadellas were evaluated by trained panelists, using the Quantitative Descriptive Analysis (QDA) method developed by Stone et al. (1974).

In order to compose the QDA team, 35 volunteer panelists were initially recruited among food engineering students and postgraduate students in Science and Technology of the Federal University of Paraíba (UFPB), Campus I. The ability to detect sensory properties of food was verified in these panelists by carrying out scale tests, odor recognition, identification of basic tastes and triangle tests. After these tests, 17 panelists were selected.

After choosing the descriptor terms and the references by consensus of the team (Table 3), the evaluation card of the samples with unstructured 9 cm scales was elaborated.

Three training sessions were conducted, in which the elaborated formulations were evaluated. During the sessions, the panelists had at their disposal a list of definitions of the descriptive terms and were instructed to evaluate the reference samples of each attribute (standards) before the samples under analysis.

For the selection of the final team, the panelists evaluated four samples of the product in three replicates. The collected data were tabulated and submitted to Analysis of Variance (ANOVA) of two factors (sample and replication) per panelist, for each descriptor evaluated. It were selected 13 panelists with good discrimination power between samples ($p_{\text{sample}} < 0.50$), good reproducibility ($p_{\text{replication}} > 0.050$) and concordance with the rest of the team (Damasio & Costell, 1991).

The 13 panelists selected evaluated the samples in three replicates. To avoid sensory fatigue, 4 samples per session were evaluated, totaling nine sessions. The sensory analyses were carried out in individual booths with white light. The 0.3 cm thick mortadella slices were served at room temperature in a balanced manner, in disposable plates coded with random three-digit numbers. A glass containing mineral water was also served to the panelists to clean the palate between the samples.

The obtained data were tabulated and submitted to analysis of variance (ANOVA) for analysis of three effects (sample, assessor, sample-assessor interaction) according to recommendations of Ellendersen and Wosiacki (2010).

Statistical analysis

The effects of the independent variables on the sensory descriptors of the mortadellas were investigated using response surface methodology (RSM). The average of the results of the response variables of each of the eleven CCRD experiments were submitted to Analysis of Variance (ANOVA) to test the significance of the effects and verify the adequacy of the following polynomial second order function:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_{12} x_1 x_2 + \beta_{11} x_1^2 + \beta_{22} x_2^2 \quad (1)$$

Where y is the dependent variable or response; the independent coded variables are represented by x_1 and x_2 , indicating the KCl and the pre-emulsified oils respectively and β_0 , β_i , β_{ii} and β_{ij} are regression coefficients (β_0 - constant, β_i - linear coefficients, β_{ii} - quadratic coefficient and β_{ij} - coefficients of interaction).

The significance of the effects and the complete mathematical model for each variable of response was evaluated by the F test at a 95.0% level of confidence ($p < 0.05$). The proportion of variance explained by the obtained polynomial models was given by the multiple coefficient of determination (R^2), and the adequacy of the model was verified using the non-fit test. Data processing was performed using the *Statistica software* version 5.0 (StatSoft, 1995).

Results and discussion

Physical-chemical analysis

The results of the physical-chemical determinations carried out on the 12 formulations of mortadella are presented in Table 4. Some significant differences were observed among the 12 formulations of mortadella elaborated. The moisture contents of the samples ranged from 68.64% to 71.39% and lipid contents from 8.77% to 11.62%. Thus, a reduction of up to 24.53% in lipid content was obtained. In general, it was observed that the formulations that differed from the control, presenting an increase in the moisture content and reduction of the lipid content, were those in which there was at least 50% substitution of the pork-back fat by the pre-emulsion of oils.

All of the mortadellas presented fat contents lower than the maximum value recommended by the current legislation (30%). However, the moisture values were higher than the standard, parameter which is established in the maximum value of 65% (BRASIL, 2000). According to Barbieri et al. (2013), the characteristics of meat products are significantly affected by the formulation and quantities of beef cuts used, as well as by some technological aspects, such as the use of certain ingredients and additives, and the processing parameters (time and temperature). In a research carried out to describe the chemical, physical and sensory characteristics of the Italian production of mortadella Bologna, it was verified that products with higher moisture contained little fat and vice versa (Barbieri et al., 2013).

When evaluating the replacement of fat by a pre-emulsion of linseed oil at different levels in the technological and sensory properties of mortadella Bologna, Câmara and Pollonio (2015) obtained values of moisture from 56.53% to 69.17% that were inversely proportional to

fat percentages (from 11.92% to 24.02%) as the fat reductions in the formulations were compensated by the addition of ice.

In relation to pH, no differences were observed between the reformulated mortadellas and the control mortadella and the values obtained (between 6.44 and 6.50) were within a range considered normal (from 5.93 to 6.76) for this type of product in other studies (Barbieri et al., 2013; Berasategi, De Ciriano, et al., 2014; Saldaña et al., 2015).

The addition of KCl and pre-emulsified oils did not affect the protein content or the water activity of the mortadellas. In relation to the protein content, similar behaviors were observed in mortadellas with replacement of pork fat by pre-emulsified linseed oil (Câmara & Pollonio, 2015) or by a combination of linseed and algae oils (Berasategi, Navarro-Blasco, et al., 2014). According to Câmara and Pollonio (2015), as the lean meat content was kept fixed between the formulations, only small differences in the protein contents were observed. While Berasategi et al. (2014b) did not find differences in the percentages of mortadella proteins with or without addition of the pre-emulsified oils. In relation to the values of water activity, the partial replacement of up to 50% of NaCl by KCl, also, did not promote changes in this parameter in meat sausages (dos Santos Alves et al., 2017; Horita, Messias, Morgano, Hayakawa, & Pollonio, 2014).

Fatty acid profile

The fatty acid composition of the lipid fraction of mortadella was altered by the reformulation performed (Table 5). A progressive decrease in total saturated fatty acids (SFA), among which the most abundant were the palmitic acid (C16:0) and the stearic acid (C18:0), was obtained with the increase in the percentage of pre-emulsified oils added to the product. The concentrations of these fatty acids (SFA) decreased from 36.40% (control) to 23.21% (F8),

representing a reduction of 35.38% in relation to the control. This behavior was in agreement with other studies (Delgado-Pando, Cofrades, Ruiz-Capillas, & Jiménez-Colmenero, 2010; Salcedo-Sandoval et al., 2013) in which the addition of pre-emulsified oils (olive, linseed and fish) provided a reduction in the content of SFAs of the sausages due to the characteristics of the combination of oils, which present low proportion of SFAs.

The addition of pre-emulsified oils contributed to a slight increase in the content of monounsaturated fatty acids of the mortadellas (MUFA). This fraction of fatty acids was the highest in all of the mortadellas. These results are consistent with the high content of oleic acid (C18:1n9c) present in the oil blend (Salcedo-Sandoval et al., 2013).

When compared to the control, the reformulated mortadellas had a significant increase in the polyunsaturated fatty acids (PUFA) fraction, whose proportion increased from 13.02% (control) to 23.97% (F8), mainly due to the contribution of linoleic acid (C18:2n6c).

The PUFA/SFA and n-6/n-3 ratios are one of the main parameters used to evaluate the nutritional quality of the lipid fraction in foods (Salcedo-Sandoval et al., 2013) and, according to recommendations, the first ratio should be greater than 0.4 and the last, less than 4 (Marchetti et al., 2017; Wood et al., 2003). The PUFA/SFA ratio showed an increase from 0.38 (control) to until 1.02 (F8). However, the n-6/n-3 ratio increased significantly in most formulations, due to the increase of n-6 PUFA and the reduction of n-3 PUFA in relation to the control. These results diverge from those reported in other meat products in which the substitution of pork-back fat for a combination of oils (olive, linseed and fish) promoted an enrichment of the n-3 PUFA content, mainly due to the high concentration of α -linolenic acid, the linseed oil, and to a lesser extent, the long-chain PUFA n-3, EPA and DHA of the fish oil (Delgado-Pando, Cofrades, Ruiz-Capillas, & Jiménez-Colmenero, 2010; Jiménez-Colmenero et al., 2013; Salcedo-Sandoval et al., 2013).

According to Triki et al. (2013), one of the potential problems derived from formulations of meat products with lipid type modifications is the acceleration in the oxidative process, with implications for quality and health. These authors verified an expressive increase of the lipid oxidation in chorizo that received the mixture of oils and attributed this behavior to the greater susceptibility to lipid oxidation of the unsaturated fatty acids, particularly the polyunsaturated ones, present in high amounts in the products after the partial replacement of the pork fat (Salcedo-Sandoval et al., 2013; Triki et al., 2013).

The lipid oxidation also occurred significantly in emulsified sausages with addition of marine oil and partial replacement of NaCl by KCl in the studies of Marchetti, Andrés and Califano (2017). In these products, the formulation containing only antioxidants commonly used in meat products without reformulation of the lipid content (sodium erythorbate and sodium nitrite), showed a remarkable decrease of EPA, DHA and total PUFA (21.3%, 26.6% and 27.7% % of reduction, respectively), and also, in the contents of oleic, linoleic and linolenic acids at 45 days of storage. However, the addition of an extra antioxidant to the product (50 mg of tocopherols per kg) inhibited the oxidation of oleic, linoleic and linolenic acids and reduced the oxidation of EPA and DHA. Although the substitution of NaCl for KCl reduced the oxidative stability of the product, the addition of tocopherols (50 mg per kg) successfully avoided rancidity in sausages with or without partial replacement of NaCl.

Microbiological quality evaluation

Coliform at 45 °C, coagulase positive staphylococci, sulfite-reducing clostridia and *Salmonella* sp. were not detected in any of the evaluated mortadella formulations, according to the standard established by ANVISA (BRASIL, 2001), which establishes the maximum limits of 10^3 CFU/g, 3×10^3 CFU/g, 5×10^2 CFU/g and absence in 25 g for these microorganisms,

respectively. According to the results obtained, the mortadellas presented satisfactory sanitary hygienic quality and were fit for consumption by the panelists.

Sensory evaluation

The results obtained in the Quantitative Descriptive Analysis (QDA) of the samples are presented in Table 6. No differences were observed between the reformulated mortadellas and the control mortadella for most of the descriptors (amount of fat, characteristic odor of mortadella, condiment odor, fish odor, hardness, juiciness, fat flavour, rancid flavour and strange flavor), that is, considering these descriptors, the addition of KCl and pre-emulsified oils at the levels studied did not promote changes in the product. However, for the descriptors pink color, characteristic mortadella flavour, condiment flavour and saltiness were observed significant differences between some reformulated mortadellas and the control. These four descriptors were the response variables. The regression coefficients and the result of the analysis of variance were grouped in Table 7.

Regardless of the differences observed in relation to the control among the reformulated products, the variables of KCl or pre-emulsified oils had no effect on the pink color, the characteristic mortadella flavor and the flavor of condiment, since the coefficients for these factors (Table 7) were not significant ($p > 0.05$).

The decrease in color intensity was also obtained in mortadella with addition of pre-emulsion of linseed oils by Berasategi et al. (2014a) who did not consider it a significant problem in the product and one that could be corrected with a suitable addition of food coloring. In relation to the perceived decrease in the characteristic mortadella flavor from some formulations, Ruusunen and Puolanne (2005) state that a particular problem of meat products

with low NaCl content is that not only the saltiness perceived but also the intensity of the characteristic flavor of the product decreases when the salt is reduced.

For the saltiness, although it was not possible to obtain a significant statistical model ($p_{\text{lack of fit}} < 0.05$; $R^2 = 0.32$), the significance of the regression coefficients (Table 7) indicates that the values of this descriptor were affected in a negative way by the factors. An increase in the addition of KCl and the pre-emulsified oils, replacing NaCl and pork-back fat, respectively, contributed to the reduction of the saltiness of the mortadellas. These results are consistent with those reported in other studies (Lee, Zhekov, Owens, Kim, & Meullenet, 2012; Lorenzo et al., 2015; Wu et al., 2014), in which the replacement of NaCl by KCl resulted in a reduction of the saltiness in the meat products. On the other hand, in a different way to the one obtained in this work, considering only the effect of the incorporation of pre-emulsified linseed oil, replacing pork-back fat in mortadellas, Berasategi et al. (2014a) verified that the addition did not change the saltiness of the product.

Considering the evaluation of the trained panelists, the mortadella formulations that did not present significant alterations in the sensory attributes of the product, in relation to the control formulation, were the central point ones (F9 and F10) and F1. The other replicate of the central point (F11) also did not differ from the control formulation for the great majority of the descriptors, except for the pink color and the flavor of condiment, which can be improved with the addition of food coloring and the addition of a larger quantity of condiments.

Conclusions

The partial substitutions of NaCl for KCl and of pork-back fat for the pre-emulsified blend of olive, linseed and fish oils at the central point levels allowed the obtainment of mortadella with sensory characteristics similar to the control product with lipid profile more

consistent with the health recommendations. However, there was an unexpected decrease in the amount of n-3 PUFA of these products, possibly due to the greater susceptibility of the samples to lipid oxidation. Thus, further research to determine the effects of induced changes in the oxidation process of the mortadellas, as well as to evaluate the effect of the addition of antioxidants to the formulations is necessary.

Acknowledgements

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001.

Author contributions

S.S.C. designed the study, carried out experiments, analyzed data and wrote the manuscript, M.F.M. and J.L.O.B. assisted in mortadellas preparation and helped run the descriptive analysis, K.K.B.S. helped coordinate and run the descriptive analysis, M.S.G and M.S.M. collaborated to carry out the Gas Chromatographic analysis of fatty acids, and R.T.M. made the final approval of the version for submission.

References

- Barbieri, G., Bergamaschi, M., Barbieri, G., & Franceschini, M. (2013). Survey of the chemical, physical, and sensory characteristics of currently produced mortadella bologna. *Meat Science*, 94(3), 336–340. <http://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.02.007>
- Berasategi, I., De Ciriano, M. G.-Í., Navarro-Blasco, Í., Calvo, M. I., Cavero, R. Y., Astiasarán,

- I., & Ansorena, D. (2014). Reduced-fat bologna sausages with improved lipid fraction. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(4), 744–751. <http://doi.org/10.1002/jsfa.6409>
- Berasategi, I., Navarro-Blasco, Í., Calvo, M. I., Caverio, R. Y., Astiasarán, I., & Ansorena, D. (2014). Healthy reduced-fat Bologna sausages enriched in ALA and DHA and stabilized with *Melissa officinalis* extract. *Meat Science*, 96(3), 1185–1190. <http://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.10.023>
- BRASIL. Resolução - RDC ANVISA nº 12, de 02 de janeiro de 2001. Aprova o regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos, Diário Oficial da União (2001). Brasília.
- Câmara, A. K. F. I., & Pollonio, M. A. R. (2015). Reducing animal fat in Bologna sausage using pre-emulsified linseed oil: technological and sensory properties. *Journal of Food Quality*, 38, 201–212.
- Campagnol, P. C. B., Santos, B. A. dos, Morgano, M. A., Terra, N. N., & Pollonio, M. A. R. (2011). Application of lysine, taurine, disodium inosinate and disodium guanylate in fermented cooked sausages with 50% replacement of NaCl by KCl. *Meat Science*, 87(3), 239–243. <http://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.10.018>
- da Silva, S. L., Amaral, J. T., Ribeiro, M., Sebastião, E. E., Vargas, C., de Lima Franzen, F., ... Campagnol, P. C. B. (2019). Fat replacement by oleogel rich in oleic acid and its impact on the technological, nutritional, oxidative, and sensory properties of Bologna-type sausages. *Meat Science*, 149(August 2018), 141–148. <http://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.11.020>
- Damasio, M. H., & Costell, E. (1991). Análisis sensorial descriptivo: generación de descriptores y selección de catadores. *Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos*, 31(2), 165–178.

- Delgado-Pando, G., Cofrades, S., Ruiz-Capillas, C., & Jiménez-Colmenero, F. (2010). Healthier lipid combination as functional ingredient influencing sensory and technological properties of low-fat frankfurters. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 112(8), 859–870. <http://doi.org/10.1002/ejlt.201000076>
- Delgado-Pando, G., Cofrades, S., Ruiz-Capillas, C., Solas, M. T., Triki, M., & Jiménez-Colmenero, F. (2011). Low-fat frankfurters formulated with a healthier lipid combination as functional ingredient: microstructure, lipid oxidation, nitrite content, microbiological changes and biogenic amine formation. *Meat Science*, 89(1), 65–71. <http://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.03.022>
- Delgado-Pando, G., Cofrades, S., Ruiz-Capillas, C., Solas, M., Teresa, A., & Jiménez-Colmenero, F. (2010). Healthier lipid combination oil-in-water emulsions prepared with various protein systems: An approach for development of functional meat products. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 112(7), 791–801. <http://doi.org/10.1002/ejlt.200900234>
- Desmond, E. (2006). Reducing salt: A challenge for the meat industry. *Meat Science*, 74(1), 188–96. <http://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.04.014>
- dos Santos Alves, L. A. A., Lorenzo, J. M., Gonçalves, C. A. A., dos Santos, B. A., Heck, R. T., Cichoski, A. J., & Campagnol, P. C. B. (2017). Impact of lysine and liquid smoke as flavor enhancers on the quality of low-fat Bologna-type sausages with 50% replacement of NaCl by KCl. *Meat Science*, 123, 50–56. <http://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.09.001>
- Ellendersen, L. S. N., & Wosiacki, G. (2010). *Análise sensorial descritiva quantitativa: estatística e interpretação*. Ponta Grossa: Editora UEPG.
- Faria, M. de O., Cipriano, T. M., da Cruz, A. G., Santos, B. A. dos, Pollonio, M. A. R., & Campagnol, P. C. B. (2015). Properties of bologna-type sausages with pork back-fat replaced with pork skin and amorphous cellulose. *Meat Science*, 104, 44–51.

<http://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.02.002>

- Folch, J., Lees, M., & Sloane-Stanley, G. (1957). A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem*, 226, 497–509. Retrieved from <http://www.aufsi.auburn.edu/recommendedmethods/05B01c03a.pdf>
- Hartman, L., & Lago, R. (1973). Rapid preparation of fatty acid methyl esters from lipids. *Lab Pract*, 22, 475–6.
- Horita, C. N., Messias, V. C., Morgano, M. A., Hayakawa, F. M., & Pollonio, M. A. R. (2014). Textural, microstructural and sensory properties of reduced sodium frankfurter sausages containing mechanically deboned poultry meat and blends of chloride salts. *Food Research International*, 66, 29–35. <http://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.09.002>
- 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. <http://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.10.016>
- Jiménez-Colmenero, F. (2007). Healthier lipid formulation approaches in meat-based functional foods. Technological options for replacement of meat fats by non-meat fats. *Trends in Food Science & Technology*, 18(11), 567–578. <http://doi.org/10.1016/j.tifs.2007.05.006>
- Jimenez-Colmenero, F., Salcedo-Sandoval, L., Bou, R., Cofrades, S., Herrero, A. M., & Ruiz-Capillas, C. (2015). Novel applications of oil-structuring methods as a strategy to improve the fat content of meat products. *Trends in Food Science and Technology*, 44(2), 177–188. <http://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.04.011>
- Jiménez-Colmenero, F., Triki, M., Herrero, A. M., Rodríguez-Salas, L., & Ruiz-Capillas, C. (2013). Healthy oil combination stabilized in a konjac matrix as pork fat replacement in low-fat, PUFA-enriched, dry fermented sausages. *LWT - Food Science and Technology*, 51(1), 158–163. <http://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.10.016>

- Lee, Y. S., Zhekov, Z. G., Owens, C. M., Kim, M., & Meullenet, J. F. (2012). Effects of partial and complete replacement of sodium chloride with potassium chloride on the texture, flavor and water-holding capacity of marinated broiler breast fillets. *Journal of Texture Studies*, 43(2), 124–132. <http://doi.org/10.1111/j.1745-4603.2011.00322.x>
- Lorenzo, J. M., Bermúdez, R., Domínguez, R., Guiotto, A., Franco, D., & Purriños, L. (2015). 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*, 50, 763–769. <http://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.10.019>
- Marchetti, L., Andrés, S. C., & Califano, A. N. (2017). Physicochemical, Microbiological and Oxidative Changes During Refrigerated Storage of n-3 PUFA Enriched Cooked Meat Sausages with Partial NaCl Substitution. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(3), 1–11. <http://doi.org/10.1111/jfpp.12920>
- Ruusunen, M., & Puolanne, E. (2005). Reducing sodium intake from meat products. *Meat Science*, 70, 531–541. <http://doi.org/10.1016/j.meatsci.2004.07.016>
- Salcedo-Sandoval, L., Cofrades, S., Ruiz-Capillas Pérez, C., Solas, M. T., & Jiménez-Colmenero, F. (2013). Healthier oils stabilized in konjac matrix as fat replacers in n-3 PUFA enriched frankfurters. *Meat Science*, 93(3), 757–66. <http://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.11.038>
- Saldaña, E., de Oliveira Garcia, A., Selani, M. M., Haguiwara, M. M. H., de Almeida, M. A., Siche, R., & Contreras-Castillo, C. J. (2018). A sensometric approach to the development of mortadella with healthier fats. *Meat Science*, 137, 176–190. <http://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.11.027>
- Saldaña, E., Lemos, A. L. da S. C., Selani, M. M., Spada, F. P., Almeida, M. A. de, & Contreras-Castillo, C. J. (2015). Influence of animal fat substitution by vegetal fat on Mortadella-

- type products formulated with different hydrocolloids. *Scientia Agricola*, 72(6), 495–503.
<http://doi.org/10.1590/0103-9016-2014-0387>
- Schmiele, M., Nucci Mascarenhas, M. C. C., da Silva Barretto, A. C., & Rodrigues Pollonio, M. A. (2015). Dietary fiber as fat substitute in emulsified and cooked meat model system. *LWT - Food Science and Technology*, 61(1), 105–111.
<http://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.11.037>
- StatSoft. (1995). Statistica for windows. Tulsa, USA: StatSof.
- Stone, H., Sidel, J., Oliver, S., Woolsey, A., & Singleton, R. C. (1974). Sensory evaluation by Quantitative Descriptive analysis. *Food Technology*, 28(11), 24–34.
- Toldrá, F., & Reig, M. (2011). Innovations for healthier processed meats. *Trends in Food Science & Technology*, 22(9), 517–522. <http://doi.org/10.1016/j.tifs.2011.08.007>
- Triki, M., Herrero, A. M., Rodríguez-Salas, L., Jiménez-Colmenero, F., & Ruiz-Capillas, C. (2013). Chilled storage characteristics of low-fat, n-3 PUFA-enriched dry fermented sausage reformulated with a healthy oil combination stabilized in a konjac matrix. *Food Control*, 31(1), 158–165. <http://doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.10.008>
- U.S. Department of Health and Human Services, & U.S. Department of Agriculture. (2015). 2015 – 2020 Dietary Guidelines for Americans. <http://doi.org/10.1097/NT.0b013e31826c50af>
- Wood, J. D., Richardson, R. I., Nute, G. R., Fisher, A. V., Campo, M. M., Kasapidou, E., ... Enser, M. (2003). Effects of fatty acids on meat quality: A review. *Meat Science*, 66(1), 21–32. [http://doi.org/10.1016/S0309-1740\(03\)00022-6](http://doi.org/10.1016/S0309-1740(03)00022-6)
- World Health Organization. (2012). Sodium intake for adults and children, 1–46. Retrieved from http://www.who.int/nutrition/publications/guidelines/sodium_intake/en/
- Wu, H., Zhang, Y., Long, M., Tang, J., Yu, X., Wang, J., & Zhang, J. (2014). Proteolysis and sensory properties of dry-cured bacon as affected by the partial substitution of sodium

chloride with potassium chloride. *Meat Science*, 96(3), 1325–1331.
<http://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.10.037>

Zhuang, X., Han, M., Kang, Z. li, Wang, K., Bai, Y., Xu, X. lian, & Zhou, G. hong. (2016). Effects of the sugarcane dietary fiber and pre-emulsified sesame oil on low-fat meat batter physicochemical property, texture, and microstructure. *Meat Science*, 113, 107–115.
<http://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.11.007>

Table 1 - Levels of potassium chloride (KCl) and pre-emulsified oil blend added to the mortadellas as partial substitutes for sodium chloride and pork-back fat, respectively

Experimental Assays	KCl		Pre-emulsified oil blend	
	g.100 g ⁻¹	encoded	g.100 g ⁻¹	encoded
F1	0.5	-1	3.5	-1
F2	0.5	-1	10.5	1
F3	1	1	3.5	-1
F4	1	1	10.5	1
F5	0.4	-1.414	7	0
F6	1.1	1.414	7	0
F7	0.75	0	2.05	-1.414
F8	0.75	0	11.95	1.414
F9	0.75	0	7	0
F10	0.75	0	7	0
F11	0.75	0	7	0

Table 3 - Descriptor terms, definitions and quantitative references used for sensory evaluation of the mortadellas with addition of potassium chloride and the pre-emulsified oil blend in partial substitution of sodium chloride and pork-back fat, respectively

	Attribute	Definition	References
APPEARANCE	Pink color	Intensity of the pink color characteristic of meat mortadella.	Light: light turkey breast (Seara™) Dark: slice of light Bologna mortadella (Ceratti™)
	Amount of fat	Amount of fat particles in the mortadella slice.	Little: slice of light Bologna mortadella (Ceratti™) Plenty: slice of traditional Bologna mortadella (Ceratti™)
ODOR	Characteristic of mortadella	Intensity of the characteristic odor of mortadella (cooked sausage made of beef with fat and condiments).	Weak: turkey ham Strong: traditional Bologna mortadella (Ceratti™)
	Of condiment	Intensity of the odor of condiment such as garlic and pepper.	Weak: turkey ham Strong: traditional Bologna mortadella (Ceratti™)
	Of fish	Intensity of the characteristic odor of fish.	Absent: traditional Bologna mortadella (Ceratti™) Strong: canned sardines
TEXTURE	Hardness	Amount of strength required in the first bite with the incisor teeth.	Little: Vienna type sausage (Perdigão™) Plenty: Italian type salami (Sadia™)
	Juiciness	Degree of moisture released from the sample during chewing.	Little: Italian type salami (Sadia™) Plenty: traditional Bologna mortadella (Ceratti™)
FLAVOR	Characteristic of mortadella	Intensity of the characteristic flavour of mortadella (cooked sausage made of beef with fat and condiments).	Weak: turkey ham Strong: traditional Bologna mortadella (Ceratti™)
	Of condiment	Intensity of the flavour of condiment such as garlic and pepper.	Weak: 0.5% condiment solution Strong: 3% condiment solution
	Saltiness	Intensity of the saltiness associated with sodium chloride (NaCl).	Weak: 0.25% NaCl solution in mineral water Strong: 1.2% NaCl solution in mineral water
	Of fat	Intensity of the characteristic flavour of fat	Weak: light turkey breast (Seara™) Strong: Italian type salami (Sadia™)
	Rancid	Intensity of the characteristic flavour of oxidized fat.	Weak: light turkey breast (Seara™) Forte: Brazilian “Manteiga da terra”
	Strange	Intensity of the strange taste, atypical for the product.	Weak: traditional Bologna mortadella (Ceratti™) Strong: “fiambre” emulsion product

Table 4 - Physical-chemical characteristics of the mortadellas with addition of potassium chloride and a pre-emulsified oil blend in partial substitution of sodium chloride and pork-back fat, respectively

	Moisture (%)	Proteins (%)	Lipids (%)	Ash (%)	pH	Aw
Control	68.64 ^d ±0.14	10.78 ^a ±0.05	11.62 ^a ±0.86	3.00 ^a ±0.08	6.46 ^{ab} ±0.01	0.9836 ^a ±0.0024
F1	69.02 ^{cd} ±1.02	11.04 ^a ±0.18	10.83 ^{abc} ±0.34	2.86 ^{abcd} ±0.13	6.46 ^{ab} ±0.01	0.9844 ^a ±0.0038
F2	70.37 ^{abcd} ±0.11	11.03 ^a ±0.15	8.98 ^{cd} ±0.08	2.94 ^{ab} ±0.06	6.46 ^{ab} ±0.01	0.9856 ^a ±0.0019
F3	68.83 ^{cd} ±0.54	10.75 ^a ±0.07	11.19 ^{ab} ±0.12	2.87 ^{abcd} ±0.04	6.46 ^{ab} ±0.01	0.9861 ^a ±0.0017
F4	70.52 ^{abc} ±0.14	11.27 ^a ±0.07	8.77 ^d ±0.18	2.72 ^{cd} ±0.09	6.48 ^{ab} ±0.02	0.9835 ^a ±0.0030
F5	70.78 ^{ab} ±0.70	11.36 ^a ±0.28	9.87 ^{abcd} ±0.20	2.82 ^{abcd} ±0.06	6.50 ^a ±0.02	0.9802 ^a ±0.0015
F6	70.38 ^{abcd} ±0.37	10.73 ^a ±0.67	10.12 ^{abcd} ±0.61	2.89 ^{abcd} ±0.08	6.45 ^{ab} ±0.02	0.9844 ^a ±0.0006
F7	69.62 ^{bcd} ±0.19	11.41 ^a ±0.49	11.51 ^a ±0.21	2.94 ^{abc} ±0.06	6.44 ^b ±0.02	0.9843 ^a ±0.0014
F8	71.39 ^a ±0.31	11.20 ^a ±0.07	8.88 ^{cd} ±0.14	2.97 ^a ±0.08	6.46 ^{ab} ±0.01	0.9824 ^a ±0.0012
F9	70.04 ^{abcd} ±0.01	11.08 ^a ±0.10	9.08 ^{cd} ±0.29	2.85 ^{abcd} ±0.02	6.47 ^{ab} ±0.02	0.9815 ^a ±0.0021
F10	69.13 ^{bcd} ±0.21	10.96 ^a ±0.24	9.04 ^{cd} ±0.99	2.73 ^{bcd} ±0.04	6.45 ^b ±0.01	0.9837 ^a ±0.0018
F11	70.44 ^{abc} ±0.38	10.83 ^a ±0.09	9.24 ^{bcd} ±0.70	2.71 ^d ±0.10	6.47 ^{ab} ±0.01	0.9803 ^a ±0.0007

Results are expressed as means ± standard deviation. Means followed by the same letter in the same column did not differ significantly from each other ($p>0.05$) according to the Tukey test.

Table 5 - Composition of fatty acids (%) in the lipid fraction of the mortadellas with addition of potassium chloride and a pre-emulsified oil blend in partial substitution of sodium chloride and pork-back fat, respectively

	Control	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11
C14:0	1.93 ^a	1.54 ^{bc}	0.94 ^e	1.59 ^b	0.88 ^e	1.37 ^{bcd}	1.39 ^{bcd}	1.41 ^{bcd}	0.79 ^e	1.30 ^d	1.27 ^d	1.37 ^{cd}
C14:1n5c	0.17 ^a	0.15 ^{ab}	0.11 ^{abc}	0.17 ^a	0.11 ^{abc}	0.16 ^a	0.15 ^{ab}	0.17 ^a	0.06 ^c	0.14 ^{ab}	0.08 ^{bc}	0.12 ^{abc}
C15:0	0.11 ^{abc}	0.10 ^{abc}	0.16 ^a	0.10 ^{abc}	0.13 ^{abc}	0.11 ^{abc}	0.11 ^{abc}	0.13 ^{abc}	0.15 ^{ab}	0.13 ^{abc}	0.08 ^{bc}	0.07 ^c
C15:1n5c	0.04 ^a	0.06 ^a	0.07 ^a	0.05 ^a	0.04 ^a	0.03 ^a	0.07 ^a	0.08 ^a	0.05 ^a	0.07 ^a	0.11 ^a	0.05 ^a
C16:0	20.80 ^a	18.39 ^b	14.00 ^e	18.63 ^b	13.33 ^f	16.64 ^{cd}	16.72 ^{cd}	17.03 ^c	12.01 ^g	16.80 ^{cd}	16.35 ^d	16.62 ^{cd}
C16:1n7	3.21 ^a	2.73 ^b	1.53 ^f	2.82 ^b	1.51 ^f	2.29 ^{cd}	2.28 ^{cde}	2.36 ^c	1.11 ^g	2.10 ^{de}	2.06 ^e	2.12 ^{de}
C17:0	0.54 ^a	0.56 ^a	0.44 ^b	0.59 ^a	0.38 ^b	0.54 ^a	0.53 ^a	0.60 ^a	0.29 ^c	0.45 ^b	0.40 ^b	0.44 ^b
C17:1n7c	0.59 ^a	0.46 ^{ab}	0.28 ^{cd}	0.44 ^{ab}	0.24 ^{cd}	0.35 ^{bcd}	0.36 ^{bcd}	0.39 ^{bc}	0.20 ^d	0.30 ^{bcd}	0.37 ^{bc}	0.39 ^{bc}
C18:0	11.01 ^a	9.76 ^b	8.58 ^e	9.96 ^b	7.28 ^f	9.08 ^d	9.12 ^d	9.47 ^c	7.22 ^f	8.66 ^e	8.65 ^e	9.16 ^d
C18:1n9t	1.72 ^a	1.43 ^{ab}	0.88 ^{cd}	1.54 ^a	0.58 ^d	1.54 ^a	0.75 ^{cd}	1.09 ^{bc}	0.57 ^d	1.02 ^c	1.13 ^{bc}	0.95 ^{cd}
C18:1n9c	43.07 ^g	43.98 ^{ef}	45.07 ^{bc}	43.45 ^{fg}	45.56 ^{ab}	43.49 ^{fg}	44.31 ^{de}	43.77 ^{ef}	45.75 ^a	44.96 ^{bc}	44.93 ^c	44.84 ^{cd}
C18:2n6t	0.13 ^b	0.21 ^a	0.10 ^{bc}	0.22 ^a	0.10 ^{bc}	0.20 ^a	0.19 ^a	0.20 ^a	0.10 ^{bc}	0.11 ^{bc}	0.07 ^c	0.11 ^{bc}
C18:2n6c	10.94 ^h	13.71 ^g	19.59 ^c	13.49 ^g	21.49 ^b	16.69 ^{de}	16.71 ^{de}	16.07 ^f	22.74 ^a	16.62 ^{de}	16.83 ^d	16.51 ^e
C20:0	0.16 ^f	0.20 ^{def}	0.28 ^{abcd}	0.20 ^{ef}	0.36 ^a	0.29 ^{abc}	0.28 ^{bcd}	0.29 ^{abc}	0.33 ^{ab}	0.28 ^{abc}	0.27 ^{bcd}	0.23 ^{cdef}
C18:3n6	0.74 ^a	0.62 ^b	0.35 ^g	0.61 ^{bc}	0.47 ^{ef}	0.59 ^{bcd}	0.57 ^{bcd}	0.58 ^{bcd}	0.36 ^{fg}	0.49 ^{de}	0.51 ^{cde}	0.55 ^{bcd}
C20:1n9	0.87 ^g	1.74 ^f	3.74 ^c	1.68 ^f	4.44 ^b	2.71 ^d	2.71 ^{de}	2.56 ^e	4.73 ^a	2.70 ^{de}	2.71 ^d	2.64 ^{de}
C18:3n3	0.59 ^a	0.52 ^{ab}	0.45 ^{ab}	0.49 ^{ab}	0.21 ^c	0.46 ^{ab}	0.45 ^{ab}	0.53 ^{ab}	0.25 ^c	0.43 ^b	0.47 ^{ab}	0.44 ^{ab}
C20:2n6c	0.33 ^a	0.28 ^b	0.12 ^e	0.26 ^{bc}	0.13 ^e	0.22 ^{cd}	0.21 ^d	0.22 ^{cd}	0.07 ^f	0.19 ^d	0.22 ^{cd}	0.23 ^{cd}
C22:0	0.05 ^d	0.06 ^d	0.30 ^b	0.06 ^d	0.39 ^a	0.23 ^c	0.22 ^c	0.23 ^c	0.41 ^a	0.20 ^c	0.21 ^c	0.21 ^c
C20:3n6c	0.12 ^a	0.10 ^{abc}	0.04 ^{de}	0.10 ^{ab}	0.05 ^{de}	0.09 ^{abcd}	0.08 ^{abcd}	0.08 ^{abcd}	0.03 ^e	0.05 ^{cde}	0.06 ^{bcd}	0.06 ^{bcd}
C20:3n3c	0.10 ^a	0.07 ^{ab}	0.03 ^b	0.06 ^{ab}	0.03 ^b	0.05 ^{ab}	0.05 ^{ab}	0.05 ^{ab}	0.03 ^b	0.04 ^b	0.03 ^b	0.07 ^{ab}
C20:4n6	0.34 ^a	0.28 ^b	0.17 ^c	0.27 ^b	0.22 ^b	0.26 ^b	0.26 ^b	0.25 ^b	0.17 ^c	0.23 ^b	0.23 ^b	0.27 ^b
C22:2n6c	0.08 ^a	0.05 ^a	0.03 ^a	0.04 ^a	0.02 ^a	0.02 ^a	0.03 ^a	0.03 ^a	0.03 ^a	0.03 ^a	0.06 ^a	0.03 ^a
C24:0	-	0.03 ^{ef}	0.11 ^b	0.03 ^{ef}	0.12 ^{ab}	0.07 ^c	0.07 ^{cd}	0.06 ^{cd}	0.15 ^a	0.06 ^{cde}	0.04 ^{de}	0.07 ^{cd}
C20:5n3c	0.13 ^a	0.10 ^{ab}	0.10 ^{ab}	0.09 ^{abc}	0.09 ^{abc}	0.09 ^{abc}	0.06 ^{bcd}	0.09 ^{abc}	0.09 ^{abc}	0.06 ^{bcd}	0.04 ^d	0.05 ^{cd}
C24:1n9	0.10 ^a	0.05 ^{ab}	0.09 ^a	0.06 ^{ab}	0.04 ^{ab}	0.03 ^{ab}	0.02 ^{ab}	0.04 ^{ab}	0.02 ^{ab}	0.03 ^{ab}	0.05 ^{ab}	0.01 ^b
C22:6n3	0.32 ^a	0.27 ^b	0.13 ^d	0.25 ^b	0.15 ^d	0.22 ^c	0.21 ^c	0.21 ^c	0.10 ^e	0.22 ^c	0.22 ^c	0.22 ^c
Σ SFA	36.40 ^a	33.20 ^c	27.12 ^g	33.91 ^b	24.52 ^h	30.49 ^e	30.53 ^e	31.22 ^d	23.52 ⁱ	30.21 ^{ef}	29.80 ^f	30.34 ^e
Σ MUFA	49.78 ^g	50.59 ^e	51.76 ^b	50.21 ^f	52.52 ^a	50.62 ^e	50.66 ^e	50.47 ^e	52.50 ^a	51.33 ^{cd}	51.45 ^c	51.11 ^d
Σ PUFA	13.82 ^g	16.21 ^f	21.11 ^c	15.89 ^f	22.97 ^b	18.89 ^d	18.81 ^d	18.31 ^e	23.97 ^a	18.47 ^{de}	18.75 ^{de}	18.54 ^{de}
n-6	12.68 ^g	15.25 ^f	20.40 ^c	15.00 ^f	22.49 ^b	18.07 ^d	18.04 ^d	17.43 ^e	23.50 ^a	17.72 ^{de}	17.98 ^d	17.77 ^{de}
n-3	1.14 ^a	0.96 ^{ab}	0.71 ^c	0.89 ^{bc}	0.48 ^d	0.82 ^{bc}	0.77 ^c	0.88 ^{bc}	0.47 ^d	0.75 ^c	0.77 ^c	0.78 ^c
PUFA/SFA	0.38 ^g	0.49 ^f	0.78 ^c	0.47 ^f	0.94 ^b	0.62 ^d	0.62 ^d	0.59 ^e	1.02 ^a	0.61 ^{de}	0.63 ^d	0.61 ^{de}
n-6/n-3	11.14 ^f	15.84 ^{ef}	28.58 ^b	16.85 ^{def}	47.12 ^a	22.07 ^{bcd}	23.32 ^{bcd}	19.83 ^{cde}	49.68 ^a	23.69 ^{bc}	23.29 ^{bcd}	22.85 ^{bcd}

Means followed by the same letter on the same line did not differ significantly from each other ($p>0.05$) according to the Tukey test

Table 6- Means of sensory attributes of mortadella with addition of potassium chloride and a pre-emulsified oil blend in partial substitution of sodium chloride and pork-back fat, respectively

	Control	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11
Pink color	3.43 ^a	2.44 ^{ab}	2.08 ^b	2.46 ^{ab}	2.40 ^{ab}	2.50 ^{ab}	2.28 ^b	2.44 ^{ab}	1.97 ^b	2.56 ^{ab}	3.01 ^{ab}	2.02 ^b
Amount of fat	1.56 ^{ab}	1.33 ^{ab}	0.73 ^b	1.24 ^{ab}	0.99 ^{ab}	1.41 ^{ab}	1.25 ^{ab}	1.78 ^a	1.34 ^{ab}	1.25 ^{ab}	1.33 ^{ab}	1.22 ^{ab}
Characteristic odor of mortadella	4.01 ^a	3.89 ^a	3.58 ^a	3.62 ^a	4.24 ^a	3.74 ^a	3.81 ^a	3.86 ^a	3.61 ^a	3.96 ^a	4.03 ^a	3.59 ^a
Condiment odor	3.91 ^a	3.94 ^a	3.93 ^a	3.46 ^a	3.83 ^a	3.56 ^a	3.70 ^a	4.10 ^a	3.45 ^a	4.00 ^a	3.65 ^a	3.58 ^a
Fish odor	0.80 ^{ab}	0.70 ^{ab}	0.74 ^{ab}	0.78 ^{ab}	0.68 ^{ab}	0.94 ^{ab}	0.60 ^{ab}	0.55 ^{ab}	1.39 ^a	0.57 ^{ab}	0.55 ^{ab}	0.49 ^b
Hardness	2.33 ^a	2.03 ^a	2.64 ^a	2.20 ^a	2.27 ^a	1.73 ^a	2.39 ^a	2.02 ^a	2.05 ^a	2.25 ^a	2.35 ^a	2.16 ^a
Juiciness	4.78 ^a	4.07 ^a	4.15 ^a	4.18 ^a	3.82 ^a	3.93 ^a	3.73 ^a	3.83 ^a	3.46 ^a	4.09 ^a	4.17 ^a	3.64 ^a
Characteristic mortadella flavour	4.79 ^a	4.14 ^{abc}	4.21 ^{abc}	3.94 ^{abc}	4.43 ^{ab}	3.78 ^{abc}	3.89 ^{abc}	3.67 ^{bc}	3.36 ^c	4.68 ^{ab}	4.78 ^a	4.34 ^{abc}
Condiment flavour	4.29 ^a	3.30 ^b	3.47 ^{ab}	3.12 ^b	3.29 ^b	3.14 ^b	3.14 ^b	3.61 ^{ab}	2.90 ^b	3.63 ^{ab}	3.81 ^{ab}	3.18 ^b
Saltiness	4.54 ^a	3.51 ^{abc}	3.71 ^{ab}	3.04 ^{bcd}	3.58 ^{abc}	2.79 ^{bcd}	2.56 ^{cd}	2.67 ^{bcd}	2.23 ^d	3.64 ^{ab}	3.56 ^{abc}	3.51 ^{abc}
Fat flavour	2.16 ^{ab}	1.98 ^b	2.00 ^b	2.20 ^{ab}	2.12 ^{ab}	2.68 ^{ab}	2.06 ^{ab}	3.02 ^a	2.21 ^{ab}	2.21 ^{ab}	2.49 ^{ab}	2.70 ^{ab}
Rancid flavor	1.41 ^a	1.26 ^a	1.16 ^a	1.32 ^a	1.11 ^a	1.07 ^a	1.01 ^a	1.09 ^a	1.13 ^a	1.11 ^a	1.05 ^a	1.33 ^a
Strange flavor	0.76 ^a	0.82 ^a	0.84 ^a	1.15 ^a	0.87 ^a	0.98 ^a	1.02 ^a	0.96 ^a	1.45 ^a	0.53 ^a	0.83 ^a	0.87 ^a

Means followed by the same letter on the same line did not differ significantly from each other ($p>0.05$) according to the Tukey test.

Table 7 – Regression coefficients and Analysis of Variance of the regression models of the sensory descriptors of the mortadellas with addition of potassium chloride and a pre-emulsified oil blend in partial substitution of sodium chloride and pork-back fat, respectively

	Pink color		Mortadella flavour		Condiment flavour		Saltiness	
	RC	P-value	RC	P-value	RC	P-value	RC	P-value
β_0	2.5309	0.0125	4.6000	0.0008	3.5364	0.0028	3.5685	0.0001
β_1	0.0028	0.9885	0.0215	0.8166	-0.0443	0.7368	-0.1153	0.0435
β_2	-0.1357	0.5192	0.0167	0.8567	-0.0828	0.5460	0.0155	0.5974
β_{11}	-0.0573	0.8090	-0.2565	0.1181	-0.1723	0.3345	-0.2231	0.0171
β_{22}	-0.1518	0.5420	-0.4157	0.0503	-0.1170	0.4821	-0.3343	0.0078
β_{12}	0.0731	0.7955	0.1074	0.4496	0.0023	0.9901	0.0833	0.1413
R^2	0.35		0.60		0.36		0.32	
F test (lack of fit)		0.9605		0.2055		0.5922		0.0080

RC: regression coefficients; β_0 (constant); β_1 (KCl); β_2 (pre-emulsified blend of oils); β_{11} (KCl x KCl); β_{22} (pre-emulsified blend of oils x pre-emulsified blend of oils); β_{12} (KCl x pre-emulsified blend of oils)

Significant values ($p < 0.05$) are in bold.

**EFFECT OF ROSEMARY EXTRACT IN MORTADELLAS ENRICHED WITH
POLYUNSATURATED FATTY ACIDS AND LOWER SALT CONTENT DURING
REFRIGERATED STORAGE**

Sonnalle Silva Costa^a, Érica de Andrade Vieira^a, Maristela Alves Alcântara^a, Angela Maria
Tribuzy de Magalhães Cordeiro^a, Ricardo Targino Moreira^a

^aGraduation Program in Food Science and Technology, Department of Food Engineering,
Federal University of Paraíba, CEP 58051-900 João Pessoa, Paraíba, Brazil.

Corresponding author: Sonnalle Silva Costa, Email: sonnallecosta@gmail.com

ABSTRACT

The increase in consumer demand for healthier foods has driven the development of meat products with lower levels of saturated fat and sodium, as well as the search for natural antioxidants to be used instead of synthetic ones. The objective of this study was to evaluate changes in physicochemical characteristics of reformulated mortadella, with added pre-emulsified oils and potassium chloride in partial replacement of pork fat and sodium chloride, along the storage and the effect of the addition of synthetic antioxidants (BHT) or natural ones (rosemary extract) to oils to prevent the lipid oxidation of the product. The reformulated mortadellas presented slight changes in color and texture during storage and higher lipid oxidation than control mortadellas. However, the addition of rosemary extract to the oils gave the reformulated products better (or even similar to control) oxidative stability, in the majority of evaluated periods, differently from the BHT, proving it to be an effective alternative to delay lipid oxidation in mortadella.

Keywords: meat products; polyphenols; Rancimat; malondialdehyde.

1 INTRODUCTION

Emulsified meat products of mortadella type are widely consumed and appreciated in the world, and in countries like Brazil, due to their low cost, and play an important nutritional role in the diet of the population (S. L. da Silva et al., 2019; dos Santos Alves et al., 2017; Horita, Morgano, Celeghini, & Pollonio, 2011). In Brazil, legislation (BRASIL, 2000) establishes, according to the composition of the raw material and the manufacturing techniques employed, a classification for such products: mortadella, poultry mortadella, mortadella like

Bologna, Italian mortadella and mortadella Bologna, which may have up to 30% or 35% of fat, depending on the category to which they belong. In addition to the high fat content, these products generally present high levels of sodium in their composition (1246 mg.100g⁻¹) (USDA, 2018).

Given the recommendations of health organizations for reducing sodium and saturated fat consumption and the increasing consumer demand for healthier foods, several studies have been conducted to reduce and/or replace salt with substitutes with potassium chloride (KCl) (Campagnol, dos Santos, Lorenzo, & Cichoski, 2017; dos Santos Alves et al., 2017; Felisberto, Galvão, Picone, Cunha, & Pollonio, 2015; L. Marchetti, Argel, Andrés, & Califano, 2015; Lucas Marchetti, Andrés, & Califano, 2017), as well as to partially replace animal fat with oils of vegetable or marine origin pre-emulsified to modify the profile of fatty acids in mortadellas (Câmara & Pollonio, 2015; Saldaña, de Oliveira Garcia, et al., 2018; Saldaña, Siche, et al., 2018).

However, these reformulations can affect technological and sensorial characteristics (Campagnol et al., 2017; Felisberto et al., 2015) and oxidative stability of meat products (Lucas Marchetti et al., 2017). One of the potential problems deriving from healthier formulations of meat products with a fatty acid profile is the acceleration of the oxidative processes, with implications for the quality and the health, attributed to the greater susceptibility to lipid oxidation of polyunsaturated fatty acids (PUFA), present in greater quantity in the modified products (Triki, Herrero, Rodríguez-Salas, Jiménez-Colmenero, & Ruiz-Capillas, 2013).

Although synthetic antioxidants such as butylated hydroxyanisole (BHA), butylated hydroxytoluene (BHT), *tert*-Butylhydroquinone (TBHQ) and propyl gallate (PG), which present low cost and high efficiency, are widely used in the meat industry as the main resources to retard lipid oxidation (de Almeida et al., 2015), the use of these additives has aroused criticism from the scientific community for its long-term suspected toxicity (Heck et al., 2018).

Because of the health risks associated with the use of these substances and the better image of natural products with consumers, the use of different plant extracts with antioxidant activity has been widely researched (V. K. G. Abreu, Pereira, de Freitas, Trevisan, & da Costa, 2015).

Among natural antioxidants, rosemary extract is commonly used by the food industries to extend the life of various products because of its strong antioxidant effectiveness and cost (Erdmann et al., 2015; Xie, VanAlstyne, Uhlir, & Yang, 2017). This antioxidant activity is related to the presence of high levels of phenolic compounds, carnosic acid, carnosol and rosmarinic acid being the main active compounds identified (Xie et al., 2017).

In a previous study, a formulation of mortadella with 50% substitution of pork fat with a mixture of oils, with a healthier fatty acid profile (lower amount of saturated fatty acids and higher amount of polyunsaturated fatty acids), pre-emulsified and 37.5% NaCl replacement with KCl, without significant changes in the sensorial characteristics of the product. However, the effects of these reformulations on the stability of the product during storage were not evaluated. In this context, the objective was to evaluate changes in the physical and chemical characteristics and oxidative stability of these mortadellas along the refrigerated storage, as well as the effect of the addition of synthetic antioxidants (BHT) or natural antioxidants (rosemary extract) in the prevention of lipid oxidation.

2 MATERIAL AND METHODS

2.1 MATERIAL

Mortadellas were processed using commercial cuts of lean beef (chuck) and pork back fat obtained from commercial distributors in João Pessoa, Paraíba, Brazil. After the complete removal of the apparent fat and aponeuroses from the meat, the skinless pork fat (20.57%

moisture, 0.29% ash, 6.29% proteins and 72.10% lipids) and meat (75.59% moisture, 1.01% ash, 20.84% proteins and 2.00% lipids) were ground separately in a 6 mm disk grinder (C.A.F., Brazil) and stored in freezing at -18 °C until the processing of the bologna.

As partial substitutes for pork fat in mortadella formulations, olive oils (*Olea europaea* L.), linseed oils (*Linum usitatissimum* L.) and fish oils (Mundo dos Óleos, Brasília-DF, Brazil) were used. In the pre-emulsification of the oils, isolated soy protein was used (Ingá Alimentos, Maringá – PR, Brazil).

The other ingredients and additives used were NaCl (Lebre, Norsal, Brazil), KCl (Labsynth, Brazil), cassava starch (Zaeli, Brazil), sodium tripolyphosphate (Labsynth, Brazil), ascorbic acid (Northeast Pharm, China), sodium nitrite and BHT (Adicel, Belo Horizonte - MG, Brazil), garlic and black pepper powder purchased in a shop in João Pessoa. Artificial wraps 50 mm in diameter were used (Norpack, Minas Gerais, Brazil).

2.2 OBTAINING AND CHARACTERIZING THE ANTIOXIDANT ACTIVITY OF ROSEMARY EXTRACT

2.2.1 Preparation of rosemary extract

The rosemary leaves were crushed in a processor (Pratic Blender Cadence, BLD300) and then the material was subjected to sieving (48 mesh sieve with 300 mm opening). The powder obtained was immersed in 99.8% absolute ethyl alcohol (1:7,5; m/v, g of the dry powder/ml solvent) and the mixture was stirred at 191 rpm at a temperature of 30 °C, for 3 hours in an incubator (Tecnal, TE-420). After vacuum filtration, the extracts were dried at 40 °C in a vacuum oven (Tecnal TE-395, -700 mmHg). After removal of the solvent, the rosemary

extract was packed in an amber glass bottle with screw cap and kept under refrigeration until use.

2.2.2 Determination of the total phenolic content (TPC) of rosemary extract

The total phenolic content of the rosemary extract was determined by the Folin-Ciocalteu method (Slinkard & Singleton, 1977) with some modifications as described by Alcântara et al. (2019). A 180 μL aliquot of the extract (1 mg.mL^{-1} in ethanol) was transferred to a test tube containing 60 μL of Folin-Ciocalteu reagent and 2.58 mL of distilled water. The mixture was stirred and after 1 minute, 180 μL of Na_2CO_3 (15%) was added. After incubation of the solutions for 2 h at room temperature, the absorbance of the mixture was measured at 760 nm. Gallic acid was used in the standard curve ($0.001\text{-}0.020 \text{ mg / mL}$ in ethanol) and the results were expressed in terms of gallic acid equivalent (mg EAG/g extract).

2.2.3 Scavenging of free radical DPPH• (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl)

The stable free radical DPPH• was used to determine the radical scavenging activity of rosemary extract according to Brand-Williams, Cuvelier & Berset (1995), with modifications of Silva et al. (2006). Aliquots of the solution containing the rosemary extract (0.5 mg.mL^{-1}) were mixed with ethanol and 2700 μL of the ethanolic solution of DPPH• ($23.6 \mu\text{g.mL}^{-1}$). After 30 minutes in the absence of light, the absorbance was read at 517 nm in a Shimadzu UV-vis spectrophotometer, model UV-2550. The results were expressed by determining the percentage of total antioxidant activity (% TAA), calculated according to equation 1, and the value of EC_{50} .

$$\% \text{TAA} = 100 \times \left(\frac{\text{Abs}_{\text{control}} - \text{Abs}_{\text{sample}}}{\text{Abs}_{\text{control}}} \right) \quad (1)$$

Where $Abs_{control}$ is the absorbance of the ethanolic solution of the radical and Abs_{sample} is the absorbance of the solution of the radical in the presence of the extract.

From the obtained values, a graph of the %TAA *versus* concentration of the extract in $\mu\text{g.mL}^{-1}$ was constructed and the equation of the line was obtained. The EC_{50} value was obtained from the equation of the line, replacing the y by 50 to obtain the sample concentration capable of reducing 50% of the DPPH• radical.

2.2.2.4 Determination of the profile of phenolic compounds

The profile of phenolic compounds present in the rosemary extract was determined according to the procedure described by Alcântara et al. (2019), using a Shimadzu (Kyoto, Japan) High Performance Liquid Chromatograph (HPLC), equipped with a Rheodyne 7125i automatic injector and a UV / VIS detector. The columns used were a Shimadzu LC-18 (particle size 25 cm x 4.6 mm, 5 μm , from Supelco, Bellefonte, PA, USA) and a Shimadzu C-18 ODS pre-column. Peaks of the phenolic compounds were monitored at 280 nm. LabSolutions (Shimadzu) software was used to control the LC-UV system and for data processing.

2.2.2.5 Rancimat

The rancimat method was used to estimate the effect of rosemary extract on the oxidative stability of a mixture of olive, linseed and fish oils, in the proportions of 44.39%, 37.87% and 17.74%, respectively, employed by Delgado-Pando et al. (2010), which were used as partial substitutes for pork fat in mortadellas. The accelerated oxidation tests were carried out in the mixture of oils without addition of antioxidants, with the addition of a synthetic antioxidant (BHT) in the maximum concentration allowed by the Brazilian legislation 100

mg.kg⁻¹ (BRASIL, 1998), and with the addition of rosemary extract in two different concentrations: 1000 mg.kg⁻¹ and 3000 mg.kg⁻¹. The tests were conducted on a Metrohm Rancimat 873 equipment at 110 °C and constant air flow (10 L.h⁻¹) according to AOCS Cd 12b-92 method (AOCS, 2009), and the induction period (IP) was automatically obtained, from the inflection point of the conductivity curve, by the software that accompanies the equipment. All tests were conducted in triplicate.

The test results were used to determine the concentration of rosemary extract, most suitable to provide the best oxidative stability to the blend of oils.

2.3 EVALUATION OF QUALITY INDICES AND PROFILES OF OIL FATTY ACIDS

The acidity index (AI) and the peroxide value of olive, linseed and fish oils were determined using the methods Cd 3d-63 and Cd 8-53 of the *American Oil Chemists' Society* (AOCS, 2009), respectively.

To determine the fatty acid profile of the oils, a methyl esterification was performed following the methodology described by Hartman & Lago (1973) and the quantification obtained by calibration curve with patterns of methyl esters (Supelco® 37 Component FAME Mix) using a GCMS-QP2010 (Shimadzu, Kyoto, Japan) equipped with a Durabound DB-23 (30m x 0.25mm x 0.25µm) column. The temperature of the injector and the detector were set at 230 °C and column temperature at 90 °C. The elution gradient in the column was 90 to 150 °C (10 °C/min), 150 to 200 °C (2 °C/min), 200 to 230 °C (10 °C/min) in a total time of 39 minutes running with a split of 100. The gas carrier was He.

2.4 PRE-EMULSIFICATION OF OILS

Olive, linseed and fish oils were mixed in the proportions of 44.39%, 37.87% and 17.74%, respectively, according to Delgado-Pando et al. (2010), on the day prior to preparation of the pre-emulsion and stored under refrigeration at 4 °C in screw capped glass containers wrapped with aluminum foil. Three batches of the oil blend were prepared: one without addition of additives (Mix), one with the addition of BHT at 100 mg.kg⁻¹ (Mix BHT) and another batch with rosemary extract at a concentration of 3000 mg.kg⁻¹ (Mix Rosemary).

The oil blend used as a substitute for pork fat in mortadellas was pre-emulsified as described by Delgado-Pando et al. (2010) on the day of processing the mortadellas. To this end, 42.1% water was mixed with 5.3% soy protein isolate for 2 minutes in a food processor. Thereafter, 52.6% of the blend of previously combined oils was added and emulsified for 3 minutes.

2.5 PROCESSING OF THE MORTADELLAS

Four formulations of mortadellas (Table 1) were processed: MCon, prepared without alterations in the contents of salt and pork fat, containing 14% of pork fat and 2% of NaCl; MMix, with addition of 1.25% NaCl, 0.75% KCl, 7% of pork fat and 7% of the pre-emulsified oils of the Mix batch; MMix BHT, with addition of 1.25% NaCl, 0.75% KCl, 7% of pork fat and 7% of the pre-emulsified oils of the Mix BHT batch; and MMix Rosemary, with addition of 1.25% NaCl, 0.75% KCl, 7% of pork fat and 7% of the pre-emulsified oils of the Mix Rosemary batch. Of each formulation, 3 independent batches were processed.

The mortadellas were processed according to the procedure used by Dos Santos Alves et al. (2017). Lean ground beef, NaCl, KCl and sodium tripolyphosphate were comminuted in

the cutter (G. Paniz, Brazil) for 2 minutes. Thereafter, the remaining ingredients, the ground pork fat and the pre-emulsified oils were slowly added, which were homogenized for 2.5 minutes. During grinding, the temperature of the meat batter did not exceed 10 °C. The meat batter was placed in a vacuum filler (Model EL 10, Metvisa, Brazil) and bagged in 50 mm diameter artificial wraps (Norpack, Minas Gerais, Brazil), resulting in products of approximately 300 g. Mortadellas were cooked by immersion in a water bath whose temperature was raised gradually: 60 °C for 30 minutes, 70 °C for 30 min and 80 °C until the internal temperature of the product reached 72 °C. The internal temperature of the samples was verified using a thermometer placed in the geometric center of the product. After cooking, the mortadellas were immediately cooled in an ice bath and then stored under refrigeration (4 °C) for 35 days.

2.6 PHYSICOCHEMICAL ANALYSIS

The moisture, protein and ash contents were determined according to the methodologies 950.46B, 981.10 and 920.153 of the *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC, 2005) and the total lipids were determined using the methodology of Folch, Lees e Sloane-Stanley (1957).

2.7 PHYSICOCHEMICAL STABILITY OF MORTADELLAS

Determinations of pH, color, texture and number of TBARS were performed after 1, 7, 14, 21, 28 and 35 days of refrigerated storage at 4 °C.

For pH determination, 10 g of the sample crushed in a processor (Pratic Blender Cadence, BLD300) were mixed with 1:10 (w/v) distilled water and homogenized for pHmeter

measurement (827 pH lab, Metrohm, Switzerland) previously calibrated. The measurements were performed in triplicate.

The color measurements of the crushed samples were performed on a Gretag Macbeth colorimeter (model Color-eye 2180). The parameters L^* (luminosity), a^* (intensity of red) and b^* (intensity of yellow) were determined, with 5 readings per sample.

Texture profile analysis (TPA) was conducted using a CT3 *Texture Analyzer* texturometer (Brookfield, USA). The measurements were performed in 10 cylinders per batch of mortadellas, for each evaluated storage time. The cylinders of 2 cm in diameter by 2 cm in height were submitted to two cycles of compression. The cylinders were compressed to 30% of the original height (Saldaña, Behrens, et al., 2015) with the TA4/1000 probe (diameter 38.1 mm) at a speed of 1mm/s (dos Santos Alves et al., 2017) The parameters evaluated were: hardness (N), springiness, cohesiveness, and chewiness (N).

The extent of the lipid oxidation of the samples was measured by determining the number of thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) according to the method proposed by Rosmini et al. (1996). The results were expressed in milligrams of malondialdehyde per kg of the sample.

2.8 STATISTICAL ANALYSIS

Analysis of Variance (ANOVA) and Tukey's test were used to determine significant differences among different types of mortadella and among different storage times. Data processing was performed using *Statistica* software version 5.0 (StatSoft, 1995) and the significance level of $P < 0.05$ was used for all evaluations.

3 RESULTS AND DISCUSSION

3.1 CHARACTERIZATION OF THE ANTIOXIDANT ACTIVITY OF ROSEMARY EXTRACT

3.1.1 Total phenolic content

The ethanolic extract of rosemary presented a total phenolic content (191.54 ± 3.35 mg GAE / g of extract) higher than that reported by Sayyad, Jafari & Ghomi (2017) (81.37 mg GAE / g of extract) and by Chammem et al. (2015) (112 mg GAE / g of extract) in rosemary extracts prepared using the same extraction solvent (ethanol) and by Pereira et al. (2017) (40.15 mg GAE / g of extract) using 80% (v / v) ethanol. In addition to differences in extraction procedures and solvent polarity, factors such as genetics, harvesting time and plant maturity may affect the composition of polyphenols in rosemary extract (Chammem et al., 2015).

3.1.2 Scavenging of free radical DPPH• (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl)

The ethanolic extract of rosemary presented an EC_{50} value of $8.79 \mu\text{g.mL}^{-1}$. This value is within the range of $3.2 \mu\text{g.mL}^{-1}$ to $500 \mu\text{g.mL}^{-1}$ (RODRÍGUEZ-ROJO et al., 2012), reported for ethanolic extracts obtained from different pre-treatments of rosemary and/or different extraction processes, and is lower than that obtained in ethanolic extract of rosemary employed to increase the oxidative stability of soybean oil ($42,75 \mu\text{g.mL}^{-1}$) (Sayyad et al., 2017).

3.1.3 Determination of the profile of phenolic compounds

In the ethanolic extract of rosemary, 16 compounds were identified: 3,4-dihydroxybenzoic acid (7.5 mg.g^{-1}), catechin (20.5 mg.g^{-1}), 2,5-dihydroxybenzoic acid (26 mg.g^{-1}), 4-hydroxybenzoic acid (8 mg.g^{-1}), vanillic acid (13 mg.g^{-1}), syringic acid (1.5 mg.g^{-1}), p-coumaric acid (1 mg.g^{-1}), synapic acid (2 mg.g^{-1}), rutin (2 mg.g^{-1}), myricetin (22.5 mg.g^{-1}), rosmarinic acid (65.5 mg.g^{-1}), caffeic acid (27.5 mg.g^{-1}), quercetin (13 mg.g^{-1}), trans-cinnamic acid (1 mg.g^{-1}), kaempferol (16.5 mg.g^{-1}) and chrysin (7.5 mg.g^{-1}), rosmarinic acid being the major compound. This acid together with carnosic acid and carnosol are the main phenolic compounds responsible for the powerful antioxidant activity of rosemary (Andrade, Ribeiro-Santos, Costa Bonito, Saraiva, & Sanches-Silva, 2018).

Similarly, in the evaluation of the ethanolic extract obtained from rosemary, previously distilled for extraction of essential oil, rosmarinic acid was the phenolic compound present in greater quantity (36.3 mg.g^{-1}), the content of carnosol was of only $4,355 \text{ mg.g}^{-1}$ and the carnosic acid was absent, probably due to degradation during the extraction process (Choulitoudi et al., 2017).

In another study, in which the authors quantified the contents of rosmarinic, carnosic and carnosol acids in rosemary extracts, these components ranged from 26.3 mg.g^{-1} , 88.1 mg.g^{-1} , 44.28 mg.g^{-1} , respectively, for 0.859 mg.g^{-1} , 146.5 mg.g^{-1} , 28.8 mg.g^{-1} , when there was a change of solvent (ethanol or chloroform) and of the extraction method (Hernández-Hernández, Ponce-Alquicira, Jaramillo-Flores, & Guerrero Legarreta, 2009). Other researchers verified that the composition of the ethanolic extract of rosemary was altered according to the seasonality of the harvest of the plant leaves, with rosmarinic acid contents varying from 0.23 mg.g^{-1} to 0.95 mg.g^{-1} and carnosic acid from $<0.01 \text{ mg.g}^{-1}$ to 19.64 mg.g^{-1} , depending on the harvest period (Lemos, Lemos, Pacheco, Endringer, & Scherer, 2015). In addition to seasonality, phenolic

composition in rosemary extract may be affected by other factors such as genetic and maturity aspects of the plant, type of leaf storage, drying process and extraction procedures (Chammem et al., 2015; Mulinacci et al., 2011), among others.

3.1.4 Rancimat

The induction period (IP) obtained from the Rancimat test is used to characterize the resistance of an oil to oxidation, and the longer the induction time, the greater the oxidation stability (Yang et al., 2016). The mixture of oils supplemented with rosemary extract at the two concentrations employed presented higher oxidative stability than the mixture of oils without antioxidants or even with the addition of BHT (Table 2). At the highest concentration employed (3000 mg.kg⁻¹), rosemary extract provided a relative protection factor of the oil blend of about 261% while BHT exerted a protection factor of 11%. Thus, rosemary extract proved to be an effective alternative to prevent and/or delay lipid oxidation in the mixture of oils with high content of PUFA fatty acids.

3.2 QUALITY INDICES AND OIL FATTY ACID PROFILE

3.2.1 Acidity indices and peroxide values of oils

The acid and peroxide indices of the oils are presented in Table 3. According to international organization standards (Codex Alimentarius Commission, 2017a, 2017b), the acid index (AI) and the peroxide value (PV) for olive oil and other cold pressed vegetable oils should be $AI \leq 4$ mg KOH/g and $PV \leq 15$ mEq O₂/kg. For fish oil, these indices should be $AI \leq 3$ mg KOH/g and $PV \leq 5$ mEq O₂/kg.

Thus, the oils evaluated met most of the requirements for these parameters, except for fish oil, which presented a higher acid value than the recommended one. The acid value is a measure of the amount of free acids produced from the hydrolysis of triacylglycerols in edible oils (Jiang et al., 2016; Simplicio et al., 2018), being an important parameter to evaluate the quality of the oil, as well as the degree of refining. The lower the value of the acidity, the better the quality, the freshness and the refining of the oil (Zhang et al., 2015). The amount of free fatty acids present in the oil depends on several factors such as the degree of lipid hydrolysis in the raw material (Ferdosh et al., 2015), extraction method (Simplicio et al., 2018), oil storage conditions such as temperature and time (Aryee, Simpson, Phillip, & Cue, 2012), presence of antioxidant in oils (D. A. P. de Abreu, Rodríguez, & Cruz Freire, 2011), among others.

3.2.2 Fatty acids profile of oils

The fatty acid profile of olive oil (Table 4) was composed of 73.44% of MUFA, with oleic acid as the major constituent (69.8%), 18.51% of SFA and 8.05% of PUFA, being characteristic of this type of vegetable oil, in a similar way as reported by Delgado-Pando et al. (2010). linseed oil presented 55.24% PUFA, 30.86% MUFA and 13.9% SFA. The major fatty acids were linoleic (PUFA n-6) with 47.11% and oleic acid (MUFA) with 29.59%. The α -linolenic acid (PUFA n-3) represented 8.13% of total fatty acids. These results differ from the composition of linseed oil used by Delgado-Pando et al. (2010), the most present fatty acids were α -linolenic (53.08%), oleic (20.77%) and linoleic (15.23%), and by Alejandro et al. (2016), with α -linolenic acid (58.9%), linoleic (15.9%) and oleic (15.8%) as the majority. In literature, the concentration of α -linolenic acid in linseed oil varies from approximately 40% to 60% and linoleic and oleic acids are present at levels of 15% (Williams et al., 2007).

In fish oil, the most present fatty acids were linoleic (45.38%), oleic (27.18%) and palmitic (12.42%) fatty acids, containing fractions of PUFA, MUFA and SFA of 52.05%, 29.84% and 18.11%, respectively. Total n-3 PUFA was only 6.67% and long chain n-3 PUFA DHA and EPA represented only 1.52% and 0.84%, respectively. The results obtained were different from those reported in one study (Simplice et al., 2018) conducted to evaluate the chemical composition of oils derived from two different fish species (*Chrysichthys nigrodigitatus* and *Hepsetus odoe*), in which the fatty acids present in greater quantity were the palmitic (SFA) and oleic (MFA) ones. These authors also observed that the fatty acid composition of fish oils varies according to the fish species and/or the extraction method employed.

In fat-replacement studies by pre-emulsions containing fish oil, researchers used oils containing fractions of long-chain PUFA n-3 fatty acids larger than those found in this study: 17.62% EPA and 7.73% DHA (Saldaña, Siche, et al., 2018); 9.69% EPA and 15.63% DHA (L. Marchetti et al., 2015) and 18.7% EPA and 12% of DHA (Delgado-Pando et al., 2010).

3.3 PHYSICOCHEMICAL ANALYSIS OF MORTADELLAS

Except for moisture (Table 5), the other parameters evaluated complied with current legislation (BRASIL, 2000), which establishes maximum levels for moisture (65%) and fat (30% or 35%, depending on mortadella classification) and minimum for proteins (12%). Higher moisture values than those stipulated in the legislation, including for the control formulation, may be related to the low fat content in lean meat (2.0%) used in the processing of all batches of the product.

The reformulated mortadellas showed higher moisture contents and lower lipid contents than the control formulation due to differences in the composition of the pork fat and pre-

emulsion. While the pork fat contained 20.57% moisture and 72.10% lipids in the composition, the pre-emulsions contained about 42% water and 52.6% of the oil blend in the composition. Thus, the partial replacement of the pork fat allowed a reduction in lipid content of about 21.5% in relation to the control.

The increase in moisture content and the decrease in lipid content in meat products with replacement of animal fat by oils, added as pre-emulsions, has also been reported in other studies (Backes et al., 2017; Câmara & Pollonio, 2015; Serdaroğlu, Nacak, & Karabıyıkoglu, 2017).

The reformulation did not promote significant changes in the protein content of mortadellas and the ash content presented a small variation.

3.3.1 Fatty acid profile of mortadellas

The partial replacement of the pork fat with the mixture of pre-emulsified oils resulted in changes in the fatty acid profile of mortadellas (Table 6).

In mortadellas of the control formulation, the fraction of fatty acids present in greater quantity was SFA, followed by the fractions of MUFA and PUFA. In the reformulated mortadellas, the MUFA represented most of the fatty acids, followed by SFA and PUFA, respectively. These changes were due to the reduction of palmitic and stearic fatty acids (SFA) and an increase in the content of oleic (MUFA), linolenic and α -linolenic (PUFA) fatty acids, present in large amounts in the oil mixture used as a substitute for pork fat.

The reformulation of the mortadellas allowed, on average, to reduce the fraction of SFA by 24.8% and to increase the fractions of MUFA and PUFA by 9.8% and 78.03%, respectively, in relation to the control formulation. The reformulated mortadellas differed only with respect to the content of n-3 PUFA present in a slightly higher amount in the mortadellas of the

formulation whose mixture of oils used was pre-additive with rosemary extract (MMix rosemary) when compared to the formulation whose mixture of oils was pre-additive with BHT (MMix BHT).

3.4 STABILITY OF MORTADELLAS

The pH values of the mortadellas (Table 7) were not affected by the treatments or the refrigerated storage time at 4 °C and were within a range considered normal for this type of emulsified product (Jorge et al., 2015; Saldaña, Lemos, et al., 2015).

The color of the products was influenced by the different formulations (Table 7) but did not show changes over the refrigerated storage time. The reformulated mortadellas presented a small increase of the luminosity (L^*) and the yellow color (b^*), and a decrease in the red coloration (a^*). This behavior was also verified in other studies with mortadellas (Berasategi et al., 2014; Câmara & Pollonio, 2015), in which the increase of the levels of pre-emulsified oils in the formulations promoted an increase in the luminosity and the yellow color and reduction of the red color of the products.

The texture profile of a product may reflect possible changes that, if perceived by consumers, may impact consumer acceptance of the product (Lucas Marchetti et al., 2017). Most of the texture properties evaluated were not altered by the formulations or during storage time (Table 7). Only the cohesiveness presented a small variation between the formulations from the 14th day of storage. At the last storage time evaluated, it was found that only the cohesiveness of the formulation with BHT differed slightly from the control formulation.

The evolution of the number of TBARS from mortadellas during storage can be visualized in Figure 1. The TBARS numbers determined on the first day of storage were the highest values obtained for all formulations. According to Marchetti, Andrés & Califano

(2017), the evolution of the TBARS value is related to the formation of malondialdehyde in the oxidation, which, at first, presents a formation rate higher than the extinction rate and, after a certain time, the opposite happens. A behavior similar to that obtained in the present study was observed by Jamora e Rhee (2002) in an extruded meat product formulation and non-meat ingredients whose TBARS values decreased over 60 days of storage. For the authors, initially formed malondialdehyde may have undergone intermolecular reactions, including polymerization and reactions with other constituents, especially amino acids/proteins, and thus the rate of loss of malondialdehyde may have exceeded the formation rate by lipid oxidation. For Ninan, Bindu e Joseph (2008), the decrease in the TBARS value during storage of fish derivatives may also have been caused by the interaction of malondialdehyde with proteins.

On day 1, reformulated mortadellas without additional antioxidant and with addition of BHT presented the highest TBARS values while the mortadellas in which there was addition of rosemary extract (MMix rosemary) had the lowest value of this parameter, being lower than the control formulation. On most storage days evaluated, the mortadellas with rosemary extract did not differ from those of the control formulation, except on days 14 and 21. In the last evaluated days (28 and 35), there was no significant difference between control mortadellas and MMix rosemary.

The results obtained in this study indicate that the reformulation, without addition of extra antioxidants or even with the addition of BHT to the oils, promoted an increase in the lipid oxidation of mortadellas. However, the addition of rosemary extract proved to be an effective alternative to delay this important deterioration reaction of the product.

4 CONCLUSIONS

The reformulation based on the partial substitution of the pork fat and the NaCl made it possible to obtain mortadellas with a lower percentage of lipids and with a more desirable fatty acid profile, such as a lower fraction of SFA and an increase of MUFA and PUFA. During product storage, slight changes in color, texture and increased lipid oxidation were observed. However, the addition of rosemary extract to the oil blend gave the reformulated mortadellas better or similar control oxidative stability over most of the evaluated period, unlike the synthetic antioxidant. Thus, rosemary extract proved to be an effective alternative to delay lipid oxidation in reformulated mortadellas to contain higher levels of PUFA fatty acids.

ACKNOWLEDGEMENTS

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001.

REFERENCES

- Abreu, V. K. G., Pereira, A. L. F., de Freitas, E. R., Trevisan, M. T. S., & da Costa, J. M. C. (2015). Addition of anacardic acid as antioxidants in broiler chicken mortadella. *Food Science and Technology*, 35(3), 539–545. <http://doi.org/10.1590/1678-457X.6771>
- Alcântara, M. A., de Lima Brito Polari, I., de Albuquerque Meireles, B. R. L., de Lima, A. E. A., da Silva Junior, J. C., de Andrade Vieira, É., ... de Magalhães Cordeiro, A. M. T. (2019). Effect of the solvent composition on the profile of phenolic compounds extracted from chia seeds. *Food Chemistry*, 275, 489–496.

<http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.09.133>

Alejandro, M., Poyato, C., Ansorena, D., & Astiasarán, I. (2016). Linseed oil gelled emulsion:

A successful fat replacer in dry fermented sausages. *Meat Science*, 121, 107–113.

<http://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.05.010>

Andrade, M. A., Ribeiro-Santos, R., Costa Bonito, M. C., Saraiva, M., & Sanches-Silva, A.

(2018). Characterization of rosemary and thyme extracts for incorporation into a whey protein based film. *Lwt*, 92(February), 497–508. <http://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.02.041>

AOAC. (2005). *Official Methods of Analysis* (18th ed.). Washington: Association of Official Analytical Chemists.

AOCS. (2009). *Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society* (6th ed.). Champaign, IL, USA: AOCS.

Aryee, A. N. A., Simpson, B. K., Phillip, L. E., & Cue, R. I. (2012). Effect of temperature and time on the stability of salmon skin oil during storage. *JAOCs, Journal of the American Oil Chemists' Society*, 89(2), 287–292. <http://doi.org/10.1007/s11746-011-1902-0>

Backes, A. M., Cavaleiro, C. P., Stefanello, F. S., Lüdtke, F. L., Terra, N. N., & Fries, L. L. M. (2017). Chemical composition, microbiological properties, and fatty acid profile of Italian-type salami with pork backfat substituted by emulsified canola oil. *Ciência Rural*, 47(8). <http://doi.org/10.1590/0103-8478cr20160688>

Berasategi, I., De Ciriano, M. G.-Í., Navarro-Blasco, Í., Calvo, M. I., Caverio, R. Y., Astiasarán, I., & Ansorena, D. (2014). Reduced-fat bologna sausages with improved lipid fraction. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(4), 744–751. <http://doi.org/10.1002/jsfa.6409>

Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. (1995). Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity. *LWT - Food Science and Technology*, 28(1), 25–30. [http://doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](http://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5)

- BRASIL. (1998). Portaria SVS/MS nº 1004, de 11 de dezembro de 1998. *Diário Oficial Da União*.
- BRASIL. (2000). Instrução normativa MAPA nº 4, de 31 de março de 2000. *Diário Oficial Da União*.
- Câmara, A. K. F. I., & Pollonio, M. A. R. (2015). Reducing animal fat in Bologna sausage using pre-emulsified linseed oil: technological and sensory properties. *Journal of Food Quality*, 38, 201–212.
- Campagnol, P. C. B., dos Santos, B. A., Lorenzo, J. M., & Cichoski, A. J. (2017). A combined approach to decrease the technological and sensory defects caused by fat and sodium reduction in Bologna-type sausages. *Food Science and Technology International*, 23(6), 471–479. <http://doi.org/10.1177/1082013217701859>
- Chammem, N., Saoudi, S., Sifaoui, I., Sifi, S., de Person, M., Abderraba, M., ... Hamdi, M. (2015). Improvement of vegetable oils quality in frying conditions by adding rosemary extract. *Industrial Crops and Products*, 74, 592–599. <http://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.05.054>
- Choulitoudi, E., Ganiari, S., Tsironi, T., Ntzimani, A., Tsimogiannis, D., Taoukis, P., & Oreopoulou, V. (2017). Edible coating enriched with rosemary extracts to enhance oxidative and microbial stability of smoked eel fillets. *Food Packaging and Shelf Life*, 12(December 2016), 107–113. <http://doi.org/10.1016/j.fpsl.2017.04.009>
- Codex Alimentarius Commission. (2017a). Standard for Edible Fats and Oils Not Covered By Individual Standards. Retrieved from <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/list-standards/en/>.
- Codex Alimentarius Commission. (2017b). Standard for Fish Oils. Retrieved from <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/list-standards/en/>.
- da Silva, S. L., Amaral, J. T., Ribeiro, M., Sebastião, E. E., Vargas, C., de Lima Franzen, F., ...

- Campagnol, P. C. B. (2019). Fat replacement by oleogel rich in oleic acid and its impact on the technological, nutritional, oxidative, and sensory properties of Bologna-type sausages. *Meat Science*, 149(August 2018), 141–148. <http://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.11.020>
- de Abreu, D. A. P., Rodríguez, K. V., & Cruz Freire, J. M. (2011). Effectiveness of antioxidants on lipid oxidation and lipid hydrolysis of cod liver oil. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 113(11), 1395–1401. <http://doi.org/10.1002/ejlt.201100189>
- de Almeida, P. L., de Lima, S. N., Costa, L. L., de Oliveira, C. C., Damasceno, K. A., dos Santos, B. A., & Campagnol, P. C. B. (2015). Effect of jabuticaba peel extract on lipid oxidation, microbial stability and sensory properties of Bologna-type sausages during refrigerated storage. *Meat Science*, 110, 9–14. <http://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.06.012>
- Delgado-Pando, G., Cofrades, S., Ruiz-Capillas, C., Solas, M., Teresa, A., & Jiménez-Colmenero, F. (2010). Healthier lipid combination oil-in-water emulsions prepared with various protein systems: An approach for development of functional meat products. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 112(7), 791–801. <http://doi.org/10.1002/ejlt.200900234>
- dos Santos Alves, L. A. A., Lorenzo, J. M., Gonçalves, C. A. A., dos Santos, B. A., Heck, R. T., Cichoski, A. J., & Campagnol, P. C. B. (2017). Impact of lysine and liquid smoke as flavor enhancers on the quality of low-fat Bologna-type sausages with 50% replacement of NaCl by KCl. *Meat Science*, 123, 50–56. <http://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.09.001>
- Erdmann, M. E., Zeeb, B., Salminen, H., Gibis, M., Lautenschlaeger, R., & Weiss, J. (2015). Influence of droplet size on the antioxidant activity of rosemary extract loaded oil-in-water emulsions in mixed systems. *Food and Function*, 6(3), 793–804. <http://doi.org/10.1039/c4fo00878b>

- Felisberto, M. H. F., Galvão, M. T. E. L., Picone, C. S. F., Cunha, R. L., & Pollonio, M. A. R. (2015). Effect of prebiotic ingredients on the rheological properties and microstructure of reduced-sodium and low-fat meat emulsions. *LWT - Food Science and Technology*, 60(1), 148–155. <http://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.08.004>
- Ferdosh, S., Sarker, Z. I., Norulaini, N., Oliveira, A., Yunus, K., Chowdury, A. J., ... Omar, M. (2015). Quality of Tuna Fish Oils Extracted from Processing the By-Products of Three Species of Neritic Tuna Using Supercritical Carbon Dioxide. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39(4), 432–441. <http://doi.org/10.1111/jfpp.12248>
- Folch, J., Lees, M., & Sloane-Stanley, G. (1957). A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem*, 226, 497–509. Retrieved from <http://www.aufsi.auburn.edu/recommendedmethods/05B01c03a.pdf>
- Hartman, L., & Lago, R. (1973). Rapid preparation of fatty acid methyl esters from lipids. *Lab Pract*, 22, 475–6.
- Heck, R. T., Lucas, B. N., Santos, D. J. P. Dos, Pinton, M. B., Fagundes, M. B., de Araújo Etchepare, M., ... Campagnol, P. C. B. (2018). Oxidative stability of burgers containing chia oil microparticles enriched with rosemary by green-extraction techniques. *Meat Science*, 146(July), 147–153. <http://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.08.009>
- Hernández-Hernández, E., Ponce-Alquicira, E., Jaramillo-Flores, M. E., & Guerrero Legarreta, I. (2009). Antioxidant effect rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) and oregano (*Origanum vulgare* L.) extracts on TBARS and colour of model raw pork batters. *Meat Science*, 81(2), 410–417. <http://doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.09.004>
- Horita, C. N., Morgano, M. A., Celeghini, R. M. S., & Pollonio, M. A. R. (2011). 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*, 89(4), 426–33. <http://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.05.010>

- Jamora, J. J., & Rhee, K. S. (2002). Storage stability of extruded products from blends of meat and nonmeat ingredients: Evaluation methods and antioxidative effects of onion, carrot, and oat ingredients. *Journal of Food Science*, 67(5), 1654–1659. <http://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2002.tb08700.x>
- Jiang, X., Li, S., Xiang, G., Li, Q., Fan, L., He, L., & Gu, K. (2016). Determination of the acid values of edible oils via FTIR spectroscopy based on the O-H stretching band. *Food Chemistry*, 212, 585–589. <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.06.035>
- Jorge, E. da C., Mendes, A. C. G., Auriema, B. E., Cazedey, H. P., Fontes, P. R., Ramos, A. de L. S., & Ramos, E. M. (2015). Application of a check-all-that-apply question for evaluating and characterizing meat products. *Meat Science*, 100, 124–133. <http://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.10.002>
- Lemos, M. F., Lemos, M. F., Pacheco, H. P., Endringer, D. C., & Scherer, R. (2015). Seasonality modifies rosemary's composition and biological activity. *Industrial Crops and Products*, 70, 41–47. <http://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.02.062>
- Marchetti, L., Andrés, S. C., & Califano, A. N. (2017). Physicochemical, Microbiological and Oxidative Changes During Refrigerated Storage of n-3 PUFA Enriched Cooked Meat Sausages with Partial NaCl Substitution. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(3), 1–11. <http://doi.org/10.1111/jfpp.12920>
- 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. <http://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.02.005>
- Mulinacci, N., Innocenti, M., Bellumori, M., Giaccherini, C., Martini, V., & Michelozzi, M. (2011). Storage method, drying processes and extraction procedures strongly affect the phenolic fraction of rosemary leaves: An HPLC/DAD/MS study. *Talanta*, 85(1), 167–176. <http://doi.org/10.1016/j.talanta.2011.03.050>

- Ninan, G., Bindu, J., & Joseph, J. (2008). Frozen storage studies of mince based products developes from tilapia (*Oreochromis mossambicus*, Peter 1852). *Fishery Technology*, 35–42.
- Pereira, D., Pinheiro, R. S., Heldt, L. F. S., Moura, C. de, Bianchin, M., Almeida, J. de F., ... Carpes, S. T. (2017). Rosemary as natural antioxidant to prevent oxidation in chicken burgers. *Food Science and Technology*, 37(suppl 1), 17–23. <http://doi.org/10.1590/1678-457x.31816>
- Rosmini, M. R., Perlo, F., Pérez-Alvarez, J. A., Pagán-Moreno, M. J., Gago-Gago, A., López-Santoveña, F., & Aranda-Catalá, V. (1996). TBA test by an extractive method applied to ‘paté.’ *Meat Science*, 42(1), 103–110. [http://doi.org/10.1016/0309-1740\(95\)00010-0](http://doi.org/10.1016/0309-1740(95)00010-0)
- Saldaña, E., Behrens, J. H., Serrano, J. S., Ribeiro, F., de Almeida, M. A., & Contreras-Castillo, C. J. (2015). Microstructure, texture profile and descriptive analysis of texture for traditional and light mortadella. *Food Structure*, 6, 13–20. <http://doi.org/10.1016/j.foostr.2015.09.001>
- Saldaña, E., de Oliveira Garcia, A., Selani, M. M., Haguiwara, M. M. H., de Almeida, M. A., Siche, R., & Contreras-Castillo, C. J. (2018). A sensometric approach to the development of mortadella with healthier fats. *Meat Science*, 137, 176–190. <http://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.11.027>
- Saldaña, E., Lemos, A. L. da S. C., Selani, M. M., Spada, F. P., Almeida, M. A. de, & Contreras-Castillo, C. J. (2015). Influence of animal fat substitution by vegetal fat on Mortadella-type products formulated with different hydrocolloids. *Scientia Agricola*, 72(6), 495–503. <http://doi.org/10.1590/0103-9016-2014-0387>
- Saldaña, E., Siche, R., da Silva Pinto, J. S., de Almeida, M. A., Selani, M. M., Rios-Mera, J., & Contreras-Castillo, C. J. (2018). Optimization of lipid profile and hardness of low-fat mortadella following a sequential strategy of experimental design. *Journal of Food*

- Science and Technology*, 55(2), 811–820. <http://doi.org/10.1007/s13197-017-3006-9>
- Sayyad, R., Jafari, S., & Ghomi, M. (2017). Thermoxidative stability of soybean oil by natural extracted antioxidants from rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.). *International Journal of Food Properties*, 20(2), 436–446. <http://doi.org/10.1080/10942912.2016.1166127>
- Serdaroğlu, M., Nacak, B., & Karabıyıklıoğlu, M. (2017). Effects of Beef Fat Replacement with Gelled Emulsion Prepared with Olive Oil on Quality Parameters of Chicken Patties. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 37(3), 376–384. <http://doi.org/10.5851/kosfa.2017.37.3.376>
- Silva, T. M. S., Camara, C. A., da Silva Lins, A. C., Barbosa-Filho, J. M., da Silva, E. M. S., Freitas, B. M., & dos Santos, F. de A. R. (2006). Chemical composition and free radical scavenging activity of pollen loads from stingless bee *Melipona subnitida* Ducke. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19(6–7), 507–511. <http://doi.org/10.1016/j.jfca.2005.12.011>
- Simplice, M. R., Macaire, W. H., Hervé, N. N. F., Fabrice, T. D., Justin, D. Dj., François, T., & Jules-Roger, K. (2018). Chemical composition and antibacterial activity of oils from *Chrysichthys nigrodigitatus* and *Hepsetus odoe*, two freshwater fishes from Yabassi, Cameroon. *Lipids in Health and Disease*, 17(1), 1–7. <http://doi.org/10.1186/s12944-018-0690-z>
- Slinkard, K., & Singleton, V. L. (1977). Total Phenol Analysis: Automation and Comparison with Manual Methods. *American Journal of Enology and Viticulture*, 28, 49–55.
- StatSoft. (1995). Statistica for windows. Tulsa, USA: StatSof.
- Triki, M., Herrero, A. M., Rodríguez-Salas, L., Jiménez-Colmenero, F., & Ruiz-Capillas, C. (2013). Chilled storage characteristics of low-fat, n-3 PUFA-enriched dry fermented sausage reformulated with a healthy oil combination stabilized in a konjac matrix. *Food Control*, 31(1), 158–165. <http://doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.10.008>

- USDA. (2018). National nutrient database for standard reference. Retrieved from <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/search>
- Williams, D., Verghese, M., Walker, L. T., Boateng, J., Shackelford, L., & Chawan, C. B. (2007). Flax seed oil and flax seed meal reduce the formation of aberrant crypt foci (ACF) in azoxymethane-induced colon cancer in Fisher 344 male rats. *Food and Chemical Toxicology*, 45(1), 153–159. <http://doi.org/10.1016/j.fct.2006.08.014>
- Xie, J., VanAlstyne, P., Uhler, A., & Yang, X. (2017). A review on rosemary as a natural antioxidation solution. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 119(6), 1–10. <http://doi.org/10.1002/ejlt.201600439>
- Yang, Y., Song, X., Sui, X., Qi, B., Wang, Z., Li, Y., & Jiang, L. (2016). Rosemary extract can be used as a synthetic antioxidant to improve vegetable oil oxidative stability. *Industrial Crops and Products*, 80, 141–147. <http://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.11.044>
- Zhang, W., Li, N., Feng, Y., Su, S., Li, T., & Liang, B. (2015). A unique quantitative method of acid value of edible oils and studying the impact of heating on edible oils by UV-Vis spectrometry. *Food Chemistry*, 185, 326–332. <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.04.005>

Table 1 - Mortadella formulations with different levels of salt, pork fat or type of antioxidants

Ingredients	MCon	MMix	MMix BHT	MMix Rosemary
Lean meat (%)	58	58	58	58
Pork back fat (%)	14	7	7	7
Pre-emulsion (%)	-			
Water (%)	-	2.95	2.95	2.95
Soy protein isolate (%)	-	0.37	0.37	0.37
Olive oil (%)	-	1.64	1.64	1.64
Linseed oil (%)	-	1.40	1.40	1.40
Fish oil (%)	-	0.65	0.65	0.65
BHT (mg.kg ⁻¹)	-	-	3.69	-
Rosemary extract (mg.kg ⁻¹)	-	-	-	110.7
NaCl (%)	2	1.25	1.25	1.25
KCl (%)	-	0.75	0.75	0.75
Ice (%)	20	20	20	20
Cassava starch (%)	5	5	5	5
Sodium tripolyphosphate (%)	0.3	0.3	0.3	0.3
Ascorbic acid (%)	0.05	0.05	0.05	0.05
Garlic (%)	0.535	0.535	0.535	0.535
Black pepper (%)	0.1	0.1	0.1	0.1
Sodium nitrite (%)	0.015	0.015	0.015	0.015

MCon – mortadella prepared without alterations in the contents of salt and pork fat, containing 14% of pork fat and 2% of NaCl; MMix - mortadella with addition of 1.25% NaCl, 0.75% KCl, 7% of pork fat and 7% of the pre-emulsified oils of the Mix batch; MMix BHT – mortadella with addition of 1.25% NaCl, 0.75% KCl, 7% of pork fat and 7% of the pre-emulsified oils of the Mix BHT batch; MMix Rosemary - mortadella with addition of 1.25% NaCl, 0.75% KCl, 7% of pork fat and 7% of the pre-emulsified oils of the Mix Rosemary batch.

Table 2 - Induction period (IP) of the Rancimat accelerated test performed in the mixture of oils to be used as fat substitutes in mortadellas

	Mix	Mix BHT	Mix Rosemary 1000	Mix Rosemary 3000
IP (h)	9.06 ^d ± 0.15	9.84 ^c ± 0.25	16.68 ^b ± 0.11	23.63 ^a ± 0.46

Means ± standard deviation followed by the same letter did not differ significantly from each other ($P>0.05$) according to the Tukey test.

Mix - mixture of oils without addition of antioxidants; Mix BHT - mixture of oils with the addition of BHT (100 mg.kg⁻¹); Mix rosemary 1000 - mixture of oils with the addition rosemary extract (1000 mg.kg⁻¹); Mix rosemary 3000 - mixture of oils with the addition rosemary extract (3000 mg.kg⁻¹).

Table 3 - Quality indices of the oils used as partial substitutes of pork fat in mortadellas

	Olive oil	Linseed oil	Fish oil
Acid index (mg KOH/g)	1.12 $\pm$ 0.08	0.70 $\pm$ 0.12	4.5 $\pm$ 0.03
Peroxide value (mEq O ₂ /kg)	9.01 $\pm$ 1.41	6.52 $\pm$ 0.71	1.49 $\pm$ 0.69
Means $\pm$ standard deviation			

Table 4 - Fatty acid profile (g 100g⁻¹) of the oils used as partial substitutes of pork fat in mortadellas

Fatty acid	Olive oil	Linseed oil	Fish oil
Myristic (C14:0)	0.59	0.13	0.92
Palmitic (C16:0)	14.64	10.18	12.42
Palmitoleic (C16:1)	1.05	-	0.63
Stearic (C18:0)	3.28	3.59	4.10
Elaidic (C18:1n9t)	2.59	1.27	1.68
Oleic (C18:1n9c)	69.80	29.59	27.18
Linoleic (C18:2n6c)	8.05	47.11	45.38
α -Linolenic (C18:3n3)	-	8.13	4.31
Arachidic (C20:0)	-	-	0.33
cis-11-Eicosenoic (C20:1)	-	-	0.35
cis-5,8,11,14,17-Eicosapentaenoic (EPA) (c20:5n3)	-	-	0.84
Behenic (C22:0)	-	-	0.34
cis-4,7,10,13,16,19-Docosahexaenoic (DHA) (c22:6n3)	-	-	1.52
Σ SFA	18.51	13.9	18.11
Σ MUFA	73.44	30.86	29.84
Σ PUFA	8.05	55.24	52.05
Σ n-6 PUFA	8.05	47.11	45.38
Σ n-3 PUFA	0	8.13	6.67

SFA – saturated fatty acids; MUFA – monounsaturated fatty acids; PUFA – polyunsaturated fatty acids; n-6 - omega-6; n-3 - omega-3.

Table 5 - Physicochemical analyzes of mortadellas with different levels of salt, pork fat or type of antioxidants

	MCon	MMix	MMix BHT	MMix Rosemary
Moisture (%)	68.61 ^b ± 0.17	69.59 ^a ± 0.15	69.65 ^a ± 0.17	69.94 ^a ± 0.08
Ash (%)	2.89 ^b ± 0.04	2.92 ^b ± 0.06	2.90 ^b ± 0.09	3.15 ^a ± 0.12
Protein (%)	13.31 ^a ± 0.35	13.40 ^a ± 0.27	12.72 ^a ± 0.06	13.44 ^a ± 0.05
Fat (%)	11.22 ^a ± 0.92	8.88 ^b ± 0.39	8.63 ^b ± 0.99	8.92 ^b ± 0.76

Means followed by the same letter on the same line did not differ significantly from each other ($P>0.05$) according to the Tukey test.

MCon – mortadella prepared without alterations in the contents of salt and pork fat, containing 14% of pork fat and 2% of NaCl; MMix - mortadella with addition of 1.25% NaCl, 0.75% KCl, 7% of pork fat and 7% of the pre-emulsified oils of the Mix batch; MMix BHT – mortadella with addition of 1.25% NaCl, 0.75% KCl, 7% of pork fat and 7% of the pre-emulsified oils of the Mix BHT batch; MMix Rosemary - mortadella with addition of 1.25% NaCl, 0.75% KCl, 7% of pork fat and 7% of the pre-emulsified oils of the Mix Rosemary batch.

Table 6 - Fatty acid composition (g.100g⁻¹) in the lipid fraction of the reformulated mortadellas

Fatty acid	MCon	MMix	MMix BHT	MMix Rosemary
Myristic (C14:0)	2.24 ^a	1.39 ^a	1.36 ^a	1.29 ^a
Palmitic (C16:0)	30.02 ^a	21.56 ^b	21.34 ^b	21.32 ^b
Palmitoleic (C16:1)	2.32 ^a	1.76 ^a	1.79 ^a	1.80 ^a
Heptadecanoic (C17:0)	0.75 ^a	0.54 ^a	0.60 ^a	0.64 ^a
Cis-10-Heptadecenoic (C17:1)	0.60 ^a	0.41 ^a	0.55 ^a	0.50 ^a
Stearic (C18:0)	12.94 ^a	11.26 ^b	11.34 ^b	11.01 ^b
Elaidic (C18:1n9t)	2.27 ^a	2.19 ^a	2.18 ^a	2.35 ^a
Oleic (C18:1n9c)	39.94 ^b	45.20 ^a	44.84 ^a	45.06 ^a
Linoleic (C18:2n6c)	8.95 ^b	14.03 ^a	14.39 ^a	14.25 ^a
α-Linolenic (C18:3n3)	0.00 ^c	1.68 ^{ab}	1.64 ^b	1.80 ^a
Σ SFA	45.94 ^a	34.75 ^b	34.63 ^b	34.25 ^b
Σ MUFA	45.12 ^b	49.56 ^a	49.35 ^a	49.70 ^a
Σ PUFA	8.95 ^b	15.70 ^a	16.03 ^a	16.05 ^a
Σ n-6 PUFA	8.95 ^b	14.03 ^a	14.39 ^a	14.25 ^a
Σ n-3 PUFA	0.00 ^c	1.68 ^{ab}	1.64 ^b	1.80 ^a
n-6 PUFA /n-3 PUFA	-	8.38 ^a	8.81 ^a	7.92 ^a

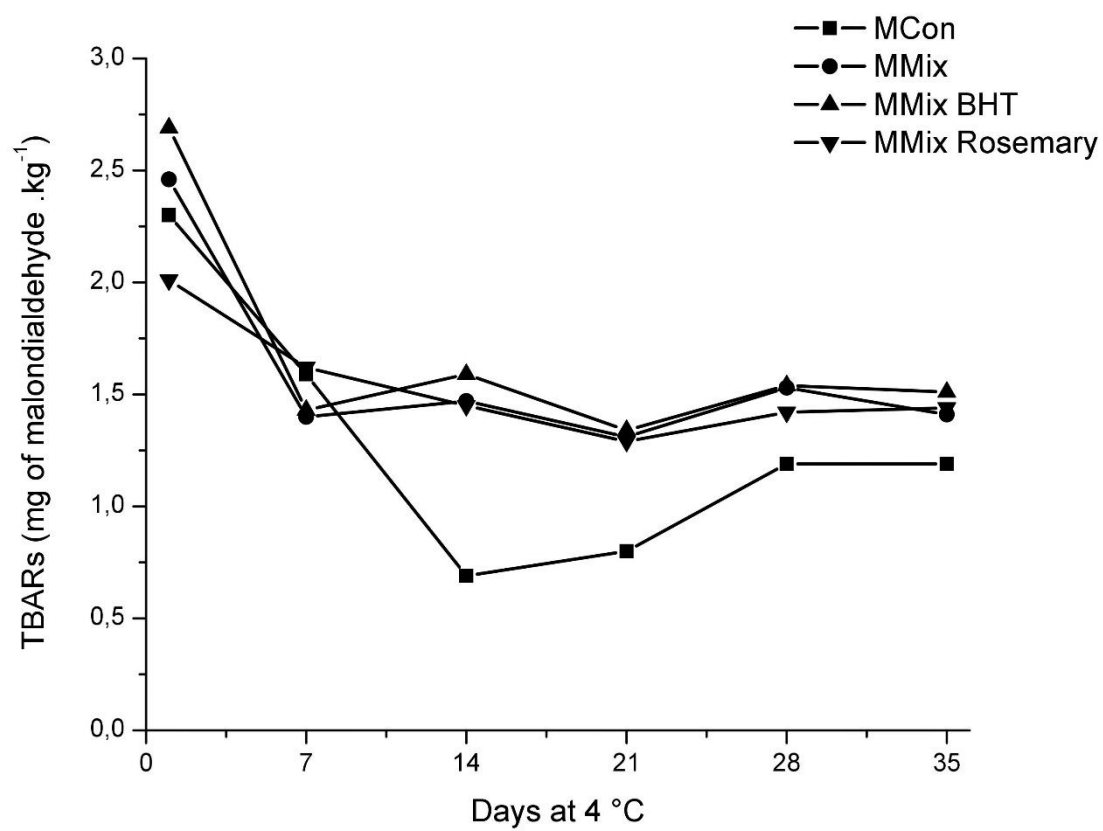
Means followed by the same letter on the same line did not differ significantly from each other ($P>0.05$) according to the Tukey test.

Table 7 - Effect of reformulations on pH, color (L*, a * and b*) and texture profile analysis (TPA) of mortadellas during refrigerated storage

	Days	MCon	MMix	MMix BHT	MMix Rosemary
pH	-	6.41 ^a	6.41 ^a	6.42 ^a	6.41 ^a
L*	-	57.99 ^b	59.30 ^a	59.66 ^a	59.47 ^a
a*	-	11.61 ^a	11.31 ^b	11.49 ^{ab}	11.06 ^c
b*	-	13.29 ^d	14.34 ^b	14.10 ^c	14.56 ^a
Hardness (N)	1	10.39 ^{aA}	10.02 ^{aA}	10.31 ^{aA}	10.15 ^{aA}
	7	10.66 ^{aA}	10.90 ^{aA}	10.67 ^{aA}	10.83 ^{aA}
	14	10.61 ^{aA}	10.28 ^{aA}	10.30 ^{aA}	10.72 ^{aA}
	21	10.38 ^{aA}	10.18 ^{aA}	10.38 ^{aA}	10.67 ^{aA}
	28	10.34 ^{aA}	10.90 ^{aA}	10.55 ^{aA}	10.58 ^{aA}
	35	10.95 ^{aA}	10.66 ^{aA}	10.82 ^{aA}	10.71 ^{aA}
Springiness	1	0.92 ^{aA}	0.92 ^{aA}	0.91 ^{aA}	0.91 ^{aA}
	7	0.91 ^{aA}	0.92 ^{aA}	0.92 ^{aA}	0.91 ^{aA}
	14	0.91 ^{aA}	0.90 ^{aA}	0.92 ^{aA}	0.91 ^{aA}
	21	0.91 ^{aA}	0.91 ^{aA}	0.91 ^{aA}	0.91 ^{aA}
	28	0.90 ^{aA}	0.92 ^{aA}	0.92 ^{aA}	0.90 ^{aA}
	35	0.90 ^{aA}	0.90 ^{aA}	0.91 ^{aA}	0.90 ^{aA}
Cohesiveness	1	0.84 ^{aA}	0.85 ^{aA}	0.84 ^{aBC}	0.84 ^{aBC}
	7	0.83 ^{aA}	0.83 ^{aBC}	0.84 ^{aBC}	0.83 ^{aC}
	14	0.84 ^{bA}	0.83 ^{bBC}	0.85 ^{aAB}	0.84 ^{bABC}
	21	0.83 ^{bA}	0.84 ^{abAB}	0.84 ^{abB}	0.85 ^{aAB}
	28	0.84 ^{bA}	0.85 ^{abA}	0.86 ^{aA}	0.85 ^{abA}
	35	0.82 ^{bB}	0.82 ^{abC}	0.83 ^{aC}	0.83 ^{abC}
Chewiness (N)	1	8.25 ^{aA}	8.25 ^{aA}	8.01 ^{aA}	8.04 ^{aA}
	7	8.31 ^{aA}	8.55 ^{aA}	8.75 ^{aA}	8.6 ^{aA}
	14	8.40 ^{aA}	8.58 ^{aA}	8.49 ^{aA}	8.45 ^{aA}
	21	8.47 ^{aA}	8.52 ^{aA}	8.43 ^{aA}	8.57 ^{aA}
	28	8.09 ^{aA}	8.15 ^{aA}	8.23 ^{aA}	8.85 ^{aA}
	35	8.20 ^{aA}	8.33 ^{aA}	8.55 ^{aA}	8.70 ^{aA}

Means followed by the same lowercase letter on the same line did not differ significantly from each other ($P>0.05$) according to the Tukey test. Means followed by the same upper letter on the same column did not differ significantly from each other ($P>0.05$) according to the Tukey test.

Figure 1 - Evolution of the number of TBARs from mortadellas during refrigerated storage



5 CONCLUSÕES

As substituições parciais simultâneas de NaCl por KCl e de toucinho pela mistura dos óleos de oliva, linhaça e de peixes pré-emulsionados realizadas em algumas formulações de mortadela promoveram alterações nos descritores cor rosa, sabor característico de mortadela, sabor de condimento e sabor salgado em relação às mortadelas tradicionais (controle).

Os níveis de KCl e de óleos pré-emulsionados equivalentes ao ponto central resultaram em mortadelas com características sensoriais similares ao produto controle e com perfil lipídico mais condizentes com as recomendações de saúde.

Durante o armazenamento dos produtos reformulados, verificou-se ligeiras alterações na cor, textura e maior oxidação lipídica. Entretanto, a adição do extrato de alecrim à mistura de óleos proporcionou às mortadelas reformuladas estabilidade oxidativa superior ou semelhante ao controle, na maioria do período avaliado, diferentemente do antioxidante sintético, mostrando-se uma estratégia eficaz para retardar a oxidação lipídica no produto.

Dessa forma, considerando os aspectos avaliados, o emprego simultâneo dos substitutos parciais de sal e toucinho, associado à incorporação do extrato de alecrim à mistura de óleos podem ser considerados alternativas promissoras para obter mortadelas com melhor qualidade nutricional.

APÊNDICE A – Questionário de recrutamento de julgadores para a avaliação sensorial das mortadelas

QUESTIONÁRIO DE RECRUTAMENTO DE PROVADORES

Neste momento, desejamos formar uma equipe treinada de provadores, capacitada para medir a intensidade das características sensoriais (aparência, sabor, aroma e textura) de mortadelas. Ser um provador não tomará muito de seu tempo e não envolverá nenhuma tarefa difícil. A equipe de provadores se reunirá uma ou duas vezes por semana, por um período de 30 minutos, no laboratório de Análise Sensorial de Alimentos.

Se você deseja participar da equipe de provadores, por favor, preencha este formulário. Se você tiver alguma dúvida ou necessitar de informações adicionais, entre em contato com Sonalle Costa (sonalle@hotmail.com, (83) 99951-1651).

Nome: _____ Data: _____

Email: _____ Celular: _____

Faixa Etária:

☐ 18-30 ☐ 31-40 ☐ 41-50 ☐ 51-60 ☐ acima de 60

Gênero: ☐ M ☐ F

Escolaridade:

☐ Ensino Fundamental ☐ Ensino Superior

☐ Ensino Médio ☐ Pós-Graduação

Quais são os horários e dias da semana que tem maior disponibilidade para participar do treinamento?

☐ Segunda-feira ☐ 10h ☐ 11h ☐ 15h ☐ 16h

☐ Terça-feira ☐ 10h ☐ 11h ☐ 15h ☐ 16h

☐ Quarta-feira ☐ 10h ☐ 11h ☐ 15h ☐ 16h

☐ Quinta-feira ☐ 10h ☐ 11h ☐ 15h ☐ 16h

☐ Sexta-feira ☐ 10h ☐ 11h ☐ 15h ☐ 16h

Consome mortadela? ☐ Sim ☐ Não **Fumante:** ☐ Sim ☐ Não

Com que frequência você consome mortadela?

☐ Diariamente ☐ 1 a 2 vezes por mês

☐ 2 a 3 vezes por semana ☐ Menos de 1 vez por mês

☐ 1 vez por semana

APÊNDICE A – Questionário de recrutamento de julgadores para a avaliação sensorial das mortadelas

Você possui intolerância, alergia ou aversão a algum alimento, condimento ou ingrediente? () Sim () Não

Se a resposta for afirmativa, qual? _____

Você toma alguma medicação que afeta seus sentidos, especialmente o paladar e o olfato? () Sim () Não

Você possui alguma restrição de saúde para que não seja recomendado o consumo de mortadela? () Sim () Não

Você possui alguma restrição de saúde para que não seja recomendado o consumo de cloreto de potássio (KCl)? () Sim () Não

Você possui alguma restrição de saúde para que não seja recomendado o consumo de óleos ricos em ômega-3? () Sim () Não

Indique se você possui:

() Diabetes

() Cardiopatia

() Hipertensão arterial

() Hipercolesterolemia

() Doença renal

() Problemas de coagulação sanguínea

() Doença bucal

() Dentadura

Já participou de algum teste sensorial antes?

() Não.

() Sim. De que tipo? () Aceitação () Discriminativo () Descritivo () Não sei

Obrigada!

APÊNDICE B – Termos descritores, definições e referências quantitativas utilizadas para avaliação sensorial das mortadelas

	ATRIBUTO	DEFINIÇÃO	REFERÊNCIAS
APARÊNCIA	Cor rosa	Intensidade da cor rosa característica de mortadela de carne.	CLARA: peito de peru light (Seara) ESCURA: fatia de mortadela Bologna light (Ceratti)
	Quantidade de gordura	Quantidade de partículas de gordura na fatia de mortadela.	POUCA: fatia de mortadela Bologna light (Ceratti) MUITA: fatia de mortadela Bologna tradicional (Ceratti)
AROMA	Característico de mortadela	Intensidade do aroma característico de mortadela (embutido cozido feito de carne bovina com gordura e condimentos).	FRACO: presunto de peru FORTE: mortadela Bologna tradicional (Ceratti)
	De condimento	Intensidade do aroma de condimentos como alho e pimenta.	FRACO: presunto de peru FORTE: mortadela Bologna tradicional (Ceratti)
	De pescado	Intensidade de aroma característico de pescado.	AUSENTE: mortadela Bologna tradicional (Ceratti) FORTE: sardinha enlatada
TEXTURA	Dureza	Quantidade de força requerida na primeira mordida com os dentes incisivos.	POUCA: salsicha tipo Viena (Perdigão) MUITA: salame tipo Italiano (Sadia)
	Suculência	Grau de umidade liberada da amostra durante a mastigação.	POUCA: salame tipo Italiano (Sadia) MUITA: mortadela Bologna tradicional (Ceratti)
SABOR	Característico de mortadela	Intensidade de sabor característico de mortadela (embutido cozido feito de carne bovina com gordura e condimentos).	FRACO: presunto de peru FORTE: mortadela Bologna tradicional (Ceratti)
	De condimento	Intensidade do sabor de condimentos como alho e pimenta.	FRACO: solução de condimentos a 0,5% FORTE: solução de condimentos a 3%
	Salgado	Intensidade do gosto salgado associado ao cloreto de sódio (NaCl).	FRACO: solução de NaCl a 0,25% em água mineral FORTE: solução de NaCl a 1,2% em água mineral
	De gordura	Intensidade do sabor característico de gordura	FRACO: peito de peru light (Seara) FORTE: salame tipo Italiano (Sadia)
	Ranço	Intensidade do sabor característico de gordura oxidada	FRACO: peito de peru light (Seara) FORTE: manteiga da terra
	Estranho	Intensidade do sabor estranho, atípico para o produto.	FRACO: mortadela Bologna tradicional (Ceratti) FORTE: fiambre

APÊNDICE C – Modelo da ficha utilizada na Análise Descritiva Quantitativa das mortadelas

FICHA DE AVALIAÇÃO SENSORIAL DE MORTADELA

Nome: _____ Data ____/____/____

Serão avaliadas amostras de mortadela. No lado esquerdo, enumere a amostra que será avaliada e, na escala, indique com um traço vertical o ponto que melhor reflete a sua resposta em relação aos atributos. Entre uma amostra e outra, lave a boca com água.

APARÊNCIA

Nº da Amostra

CR - Cor rosa

_____		_____
_____		_____
_____		_____
_____		_____

CLARA

ESCURA

Nº da Amostra

QG – Quantidade de gordura

_____		_____
_____		_____
_____		_____
_____		_____

POUCA

MUITA

AROMA

Nº da Amostra

ACM - Característico de mortadela

_____		_____
_____		_____
_____		_____
_____		_____

FRACO

FORTE

Nº da Amostra

AC – De condimento

_____		_____
_____		_____
_____		_____
_____		_____

FRACO

FORTE

APÊNDICE C – Modelo da ficha utilizada na Análise Descritiva Quantitativa das mortadelas

Nº da Amostra

SS – Salgado

FRACO

FORTE

Nº da Amostra

SG– De gordura

FRACO

FORTE

Nº da Amostra

SR– Ranço

FRACO

FORTE

Nº da Amostra

SE – Estranho

FRACO

FORTE

ANEXO A – Parecer consubstanciado do Comitê de Ética em Pesquisa do HULW



HOSPITAL UNIVERSITÁRIO
LAURO WANDERLEY/UFPB



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: EFEITOS DAS SUBSTITUIÇÕES PARCIAIS SIMULTÂNEAS DE CLORETO DE SÓDIO E GORDURA SUÍNA POR CLORETO DE POTÁSSIO E UMA PRÉ-EMULSÃO DE ÓLEOS NA QUALIDADE DE MORTADELAS

Pesquisador: Sennalle Silva Costa

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 47909615.2.0000.5183

Instituição Proponente: Programa de pós-graduação em ciência e tecnologia de alimentos

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 1.254.035

Apresentação do Projeto:

Trata-se de um projeto de pesquisa em segunda versão de doutoranda em Ciência e Tecnologia de Alimentos (programa da UFPB, Centro de Tecnologia) de modelo experimental, que consiste na exposição de 200 participantes que atuarão como julgadores (100 "treinados" e 100 "não treinados") das propriedades sensoriais de uma mortadela produzida no IFPB (campus Sousa). Esta mortadela resultará da modificação de sua composição pela substituição da gordura suína por uma emulsão composta de óleos de linhaça, oliva e de peixes, além da substituição do cloreto de sódio pelo cloreto de potássio.

As pendências apontadas no primeiro parecer foram as seguintes: (1) A amostra de participantes da pesquisa não foi caracterizada (procedência, sexo, idade, estado de saúde, presença de gravidez em curso, local de recrutamento dos indivíduos, nível de escolaridade e critérios de elegibilidade - inclusão e exclusão); (2) Não foi feita avaliação de riscos e benefícios no projeto de pesquisa; (3) No TCLE, afirma-se que "essa pesquisa não oferece riscos previsíveis para a saúde dos participantes"; (4) No TCLE também há outras inadequações, como "responsável legal" do local da assinatura embora os sujeitos da pesquisa não sejam menores de idade ou incapazes, falta do quadrículo para impressão digital para o caso de julgadores não alfabetizados, termo "cópia" do TCLE ao invés de "via".

Endereço: Hospital Universitário Lauro Wanderley - 2º andar - Campus I - UFPB.
Bairro: Cidade Universitária CEP: 58.059-900
UF: PB Município: JOÃO PESSOA
Telefone: (83)3216-7964 Fax: (83)3216-7522 E-mail: comitedeetica@hulw.ufpb.br

[Assinatura]
Dr. M. João Wanderley
Coordenador
Comitê de Ética em Pesquisa
HULW - UFPB/Campus I - 2016

ANEXO A – Parecer consubstanciado do Comitê de Ética em Pesquisa do HULW



HOSPITAL UNIVERSITÁRIO
LAURO WANDERLEY/UFPB



Continuação do Parecer: 1.254.036

Objetivo da Pesquisa:

Avaliar os efeitos das substituições parciais simultâneas de cloreto de sódio e gordura suína por cloreto de potássio e uma pré-emulsão de óleos na qualidade de mortadelas. O objetivo específico relacionado aos sujeitos da pesquisa é o de avaliar o efeito dos diferentes níveis de cloreto de potássio e emulsão dos óleos de linhaça, de oliva e de peixe nas características sensoriais das mortadelas.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Nesta segunda versão foi incluída uma avaliação de riscos e benefícios da pesquisa, tanto no projeto quanto no TCLE.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Foram feitos esclarecimentos necessários sobre os procedimentos da pesquisa.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Na presente versão (V2) Foram solucionadas as pendências apontadas no TCLE.

Recomendações:

Não se aplica.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

As inadequações do projeto e do TCLE foram devidamente solucionadas na apresentação da segunda versão do protocolo da investigação.

Considerações Finais a critério do CEP:

Ratificamos o parecer de APROVAÇÃO emitido pelo Colegiado do CEP/HULW em Reunião Ordinária realizada no dia 29 de setembro de 2015. Ressaltamos que, antes de iniciar a pesquisa, o pesquisador responsável deverá comparecer ao CEP, para receber o PARECER DE APROVAÇÃO do projeto.

OBSERVAÇÕES IMPORTANTES

- . O participante da pesquisa deverá receber uma via do Termo de Consentimento na íntegra, com assinaturas do pesquisador responsável e do participante e/ou do responsável legal.
- . Se o TCLE contiver mais de uma folha, todas devem ser rubricadas e apor assinatura na última folha.
- . O participante da pesquisa tem a liberdade de recusar-se a participar ou de retirar seu consentimento em qualquer fase da pesquisa, sem qualquer dano ou prejuízo à assistência que esteja recebendo.
- . O pesquisador deverá desenvolver a pesquisa conforme delineamento aprovado no protocolo de

Endereço: Hospital Universitário Lauro Wanderley - 2º andar - Campus I - UFPB
Bairro: Cidade Universitária CEP: 58.059-900
UF: PB Município: JOÃO PESSOA
Telefone: (83)3216-7564 Fax: (83)3216-7522 E-mail: comitedetica@hulw.ufpb.br

[Assinatura]
Dr.ª Elaine Moreira Freire
Coordenadora
Comitê de Ética em Pesquisa
HULW - CEP/HULW/UFPB

ANEXO A – Parecer consubstanciado do Comitê de Ética em Pesquisa do HULW



HOSPITAL UNIVERSITÁRIO
LAURO WANDERLEY/UFPB



Continuação do Parecer: 1.254.038

pesquisa e só descontinuar o estudo somente após análise das razões da descontinuidade pelo CEP que o aprovou, aguardando seu parecer, exceto quando perceber risco ou dano não previsto ao sujeito participante ou quando constatar a superioridade de regime oferecido a um dos grupos da pesquisa que requeiram ação imediata.

. Eventuais modificações ou emendas ao protocolo devem ser apresentadas ao CEP/HULW de forma clara e sucinta, identificando a parte do protocolo a ser modificada e suas justificativas.

. Lembramos que é de responsabilidade do pesquisador assegurar que o local onde a pesquisa será realizada ofereça condições plenas de funcionamento garantindo assim a segurança e o bem estar dos participantes da pesquisa e de quaisquer outros envolvidos.

Ao término do estudo, o pesquisador deverá apresentar Relatório final ao CEP/HULW, via Plataforma Brasil, para emissão da Certidão Definitiva por este CEP.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BASICAS_DO_PROJETO_555267.pdf	02/09/2015 18:19:52		Aceito
Outros	Questionario_Recrutamento.docx	02/09/2015 18:15:42	Sonnalle Silva Costa	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_CE_Corrigido.docx	02/09/2015 18:15:10	Sonnalle Silva Costa	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_Corrigido.doc	02/09/2015 18:14:35	Sonnalle Silva Costa	Aceito
Outros	Carta de anuência.pdf	28/07/2015 20:06:10		Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Certidão de aprovação.pdf	28/07/2015 20:04:16		Aceito
Folha de Rosto	Folha de rosto digitalizada.pdf	23/07/2015 14:42:05		Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Endereço: Hospital Universitário Lauro Wanderley - 2º andar - Campus I - UFPB
Bairro: Cidade Universitária CEP: 58.059-900
UF: PB Município: JOÃO PESSOA
Telefone: (83)3216-7564 Fax: (83)3216-7522 E-mail: comitedeetica@hulw.ufpb.br

[Assinatura]
Delegado do Comitê de Ética em Pesquisa
HULW - UFPB
Data: 01 de 02

ANEXO A – Parecer consubstanciado do Comitê de Ética em Pesquisa do HULW

	HOSPITAL UNIVERSITÁRIO LAURO WANDERLEY/UFPB									
Continuação do Parecer: 1.356.096										
JOÃO PESSOA, 01 de Outubro de 2015.										
										
Assinado por MARIA ELIANE MOREIRA FREIRE Coordenadora Comitê de Ética em Pesquisa HULW - UFPB										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2">Endereço: Hospital Universitário Lauro Wanderley - 2º andar - Campus I - UFPB.</td> </tr> <tr> <td>Bairro: Cidade Universitária</td> <td>CEP: 58.059-900</td> </tr> <tr> <td>UF: PB</td> <td>Município: JOÃO PESSOA</td> </tr> <tr> <td>Telefone: (83)3216-7964</td> <td>Fax: (83)3216-7522 E-mail: comitedetica@hulw.ufpb.br</td> </tr> </table>			Endereço: Hospital Universitário Lauro Wanderley - 2º andar - Campus I - UFPB.		Bairro: Cidade Universitária	CEP: 58.059-900	UF: PB	Município: JOÃO PESSOA	Telefone: (83)3216-7964	Fax: (83)3216-7522 E-mail: comitedetica@hulw.ufpb.br
Endereço: Hospital Universitário Lauro Wanderley - 2º andar - Campus I - UFPB.										
Bairro: Cidade Universitária	CEP: 58.059-900									
UF: PB	Município: JOÃO PESSOA									
Telefone: (83)3216-7964	Fax: (83)3216-7522 E-mail: comitedetica@hulw.ufpb.br									