

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DOS ALIMENTOS**

Suelem Lima da Silva

**USO DE ÓLEO DE GIRASSOL ALTO OLÉICO E AMINOÁCIDOS NA
ELABORAÇÃO DE MORTADELA COM REDUÇÃO DE GORDURA E
SÓDIO**

Santa Maria, RS
2019

Suelem Lima da Silva

**USO DE ÓLEO DE GIRASSOL ALTO OLÉICO E AMINOÁCIDOS NA
ELABORAÇÃO DE MORTADELA COM REDUÇÃO DE GORDURA E SÓDIO**

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos, Área de Concentração em Ciência e Tecnologia dos Alimentos, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do título de **Doutor em Ciência e Tecnologia dos Alimentos**.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Cezar Bastianello Campagnol

Santa Maria, RS
2019

Lima da Silva, Suelem

Uso de óleo de girassol alto oléico e aminoácidos na elaboração de mortadela com redução de gordura e sódio. / Suelem Lima da Silva.- 2019.

63 f.; 30 cm

Orientador: Paulo Cezar Bastianello Campagnol
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos, RS, 2019

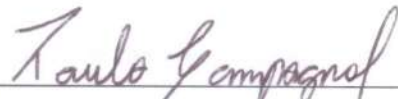
1. Óleo de girassol alto oléico 2. mortadela 3. redução de gordura 4. redução de sódio 5. aminoácidos I. Bastianello Campagnol, Paulo Cezar II. Título.

Suelem Lima da Silva

**USO DE ÓLEO DE GIRASSOL ALTO OLÉICO E AMINOÁCIDOS NA
ELABORAÇÃO DE MORTADELA COM REDUÇÃO DE GORDURA E SÓDIO**

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos, Área de Concentração em Ciência e Tecnologia dos Alimentos, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Ciência e Tecnologia dos Alimentos.

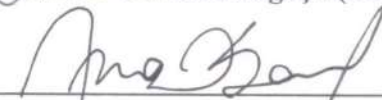
Aprovado em 29 de março de 2019:



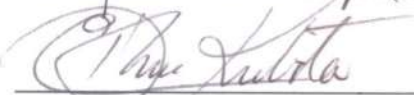
Paulo Cezar Bastianello Campagnol
(Presidente/ Orientador)



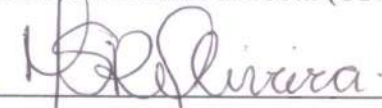
Aline de Oliveira Fogaça (UFN)



Ana Lucia de Freitas Saccol (UFN)



Ernesto Hashime Kubota (UFSM)



Mari Silvia Rodrigues de Oliveira (UFSM)

Santa Maria, RS

2019

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, por estar sempre presente na minha vida, a ele agradeço por mais esta conquista.

Ao meu orientador Paulo Cezar Bastianello Campagnol agradeço pela orientação e sabedoria que foram determinantes para a realização dos estudos.

À professora Leadir Lucy Martins Fries, pelas palavras incentivadoras e também pela orientação nesses anos.

Aos estagiários, Elen Endler, Marcelly Ribeiro, Carlos Vargas, Júlia Tomazetti e Gabrielle Schneider, por toda ajuda nas análises e amizade.

Ao colega Felipe Franzen, pela amizade e ajuda.

Aos funcionários do DTCA, Magé, Marialene, Ricardo, Moisés, Liana e Alex pelos ensinamentos transmitidos, pela paciência, dedicação e disponibilidade em ajudar.

À minha família por sempre me incentivar à sonhar.

À todos os professores do PPGCTA, por contribuírem com a minha formação.

Ao CNPQ-CAPES pela concessão da bolsa de doutorado que tornou possível a realização desta pesquisa.

Por fim, agradeço a todos aqueles que me ajudaram na execução desta pesquisa.

RESUMO

USO DE ÓLEO DE GIRASSOL ALTO OLÉICO E AMINOÁCIDOS NA ELABORAÇÃO DE MORTADELA COM REDUÇÃO DE GORDURA E SÓDIO

AUTORA: Suelem Lima da Silva
ORIENTADOR: Paulo Cezar Bastianello Campagnol

A redução de gordura e sódio em alimentos é de extrema importância, já que o consumo excessivo destes compostos é correlacionado com o surgimento de doenças crônicas. No presente trabalho, o objetivo foi avaliar o efeito da redução de gordura e sódio em alguns parâmetros físico-químicos, tecnológicos e sensoriais de mortadela. Na primeira etapa, foram elaboradas cinco formulações com substituição de 0, 25, 50, 75 e 100% de seu teor de toucinho por um oleogel elaborado com pele suína, água e óleo de girassol alto oléico (1.5:1.5:1). A estabilidade da emulsão aumentou à medida que se aumentou o nível de substituição de toucinho pelo oleogel. Além disso, a substituição de toucinho pelo oleogel reduziu o teor de gordura e melhorou o perfil lipídico das mortadelas. A aceitação e o perfil sensorial das mortadelas não foram prejudicados pela substituição de até 50% de toucinho pelo oleogel. Na segunda etapa, mortadelas com 50% de redução de gordura e com substituição de 60% do NaCl por KCl e com adição de arginina e histidina foram elaboradas. As propriedades tecnológicas e sensoriais foram avaliadas. A substituição de NaCl por KCl não afetou significativamente os valores de L*, a* e b* e o perfil de textura. No entanto, a estabilidade da emulsão e a qualidade sensorial foram prejudicadas. A adição isolada ou combinada de arginina e histidina foi eficiente para diminuir os defeitos causados pela adição do KCl. Assim, os resultados desta segunda etapa demonstraram que mortadelas com características tecnológicas e sensoriais aceitáveis e com reduzido teor de sódio ($\approx 40\%$) podem ser produzidas utilizando 1,0% de NaCl, 1,5% de KCl, 1% de arginina e 0,2% de histidina.

Palavras-chave: Mortadela. Redução de gordura. Redução de sódio. Oleogel. Aminoácidos.

ABSTRACT

USE OF HIGH OLEIC SUNFLOWER OIL AND AMINO ACIDS IN THE ELABORATION OF MORTADELA WITH REDUCTION OF FAT AND SODIUM

AUTHOR: Suelem Lima da Silva
ADVISER: Paulo Cezar Bastianello Campagnol

The reduction of fat and sodium in food is of extreme importance, since the excessive consumption of these compounds is correlated with the emergence of chronic diseases. In the present work, the objective was to evaluate the effect of fat and sodium reduction on some physical-chemical, technological and sensorial parameters of mortadella. In the first stage, five formulations were prepared with substitution of 0, 25, 50, 75 and 100% of their fat content by an oleogel made with pork skin, water and high oleic sunflower oil (1.5:1.5:1). The stability of the emulsion increased as the level of pork back fat substitution by the oleogel increased. In addition, the replacement of pork back fat by oleogel reduced the fat content and improved the lipid profile of bologna. The acceptance and sensorial profile of mortadella were not impaired by the substitution of up to 50% of bacon by oleogel. In the second stage, mortadellas with 50% reduction of fat and with 60% replacement of NaCl by KCl and with addition of arginine and histidine were elaborated. The technological and sensorial properties were evaluated. The NaCl replacement by KCl did not significantly affect the L*, a* and b* values and the texture profile. However, emulsion stability and sensory quality were impaired. The isolated or combined addition of arginine and histidine was efficient to decrease the defects caused by the addition of KCl. Thus, the results of this second step demonstrated that mortadellas with acceptable technological and sensory characteristics and with reduced sodium content ($\approx 40\%$) can be produced using 1.0% NaCl, 1.5% KCl, 1% arginine and 0.2% histidine.

Keywords: Mortadella. low-fat. low-sodium. Oleogel. Amino acids.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
2 OBJETIVOS	9
2.1 OBJETIVO GERAL	9
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
3 REFERENCIAL TEÓRICO	10
3.1 Impacto da adição de gordura em produtos cárneos: Qualidade X Saúde	10
3.2 Tendência de mercado para adequação nutricional	11
3.3 Utilização de pele suína e óleos vegetais como substitutos de gordura animal em produtos cárneos	12
3.4 Óleo de girassol alto oléico	14
3.5 Impacto da adição de NaCl em produtos cárneos: Qualidade X Saúde	14
3.6 Utilização de KCl e aminoácidos como substitutos de NaCl em produtos cárneos	16
4 ARTIGO 1: Fat replacement by oleogel rich in oleic acid and its impact on the technological, nutritional, oxidative, and sensory properties of Bologna-type sausages	21
5 ARTIGO 2: Efeito da substituição de NaCl por KCl e da adição de arginina e histidina nas características tecnológicas e sensoriais de mortadelas com reduzido teor de gordura	30
6 DISCUSSÃO	48
7 CONCLUSÃO	53
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54

1 INTRODUÇÃO

Devido a carne ser fonte de proteína, vitaminas e minerais, ela se torna um alimento muito importante para uma dieta saudável e equilibrada (SANTOS et al., 2013). Porém, estudos estabeleceram uma relação direta entre o consumo de produtos cárneos e o aumento do risco de doenças coronarianas (RODRÍGUEZ-CARPENA et al., 2012). Dentre os produtos cárneos mais produzidos no Brasil, a mortadela é muito popular devido principalmente ao seu baixo custo, sabor agradável e à diversidade de produtos elaborados com diferentes tipos de gordura, permitindo uma classificação ampla (GUERRA et al., 2011).

Porém, a população está cada vez mais preocupada em consumir alimentos mais saudáveis, incluindo produtos cárneos com melhores propriedades nutricionais (DOMÉNECH-ASENSI et al., 2013). Algumas organizações relacionadas à saúde (*American Heart Association, American Cancer Society* e a *World Health Organization*) propõem limitar a ingestão de gorduras a não mais do que 30% da ingestão total de calorias, limitando a ingestão de gorduras saturadas a não mais que 10% da ingestão total de energia e a ingestão de colesterol abaixo de 300 mg por dia (McFADDEN, 2010). Assim, a indústria cárnea está sob pressão para reformular alguns produtos, a fim de modificar quantitativamente e qualitativamente os lipídios que eles contêm, acarretando a redução do teor de gordura e/ou a alteração da composição de ácidos graxos (SALDAÑA et al., 2015; KOUBA & MOUROT, 2011; TRES et al., 2009). Além disso, a indústria vem tentando deixar os novos produtos com características mais semelhantes aos produtos tradicionais e que tenham boa aceitabilidade (SALDAÑA et al., 2015).

O uso da gordura animal é essencial para a produção de emulsões cárneas porque confere características sensoriais atraentes para o consumidor, porém seu consumo em excesso pode favorecer o surgimento de algumas doenças, como obesidade e certos tipos de câncer (MLA, 2016; JÍMENEZ-COLMENERO, 1996). A substituição de gordura animal por óleos vegetais pode ser uma boa estratégia para melhorar a qualidade nutricional dos produtos cárneos, pois reduz o nível de ácidos graxos saturados (SFA) e aumenta o nível de poliinsaturados, o que pode ajudar a prevenir o risco do surgimento de doenças cardiovasculares (BEILOUNE et al., 2014; ESCRICH et al., 2007). Porém, incorporar óleos vegetais pode aumentar a oxidação lipídica reduzindo a qualidade nutricional e sensorial do produto (SALDAÑA et al., 2015).

Por outro lado, o NaCl é muito utilizado por proporcionar ótimas propriedades tecnológicas e sensoriais quando incorporado aos produtos cárneos. No entanto, é de amplo

conhecimento que o consumo em excesso de sódio têm comprovada relação com o desenvolvimento da hipertensão (DICKINSON & HAVAS, 2007; FERNÁNDES-GINÉS et al., 2005). Assim, a redução da adição de NaCl em produtos cárneos é um dos desafios mais urgentes que devem ser vencidos pela indústria cárnea. No entanto, este desafio não é fácil de ser vencido, já que a redução e/ou substituição de NaCl reduz o sabor salgado (Ruusunen & Puolanne, 2005), prejudica a textura e afeta a segurança microbiológica dos produtos cárneos (TUDOSE et al., 2017).

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Diante do exposto, o presente trabalho teve o objetivo de reduzir o teor de gordura e sódio de mortadelas, além de melhorar o seu perfil lipídico. Para reduzir o teor de gordura e melhorar o perfil lipídico foi utilizado como substituto de gordura animal um oleogel produzido com óleo de girassol alto oléico, pele suína e água. Já para reduzir o teor de sódio, foi utilizado o cloreto de potássio (KCl) como substituto de NaCl e a adição os aminoácidos arginina e histidina.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Formular mortadelas com quatro níveis de substituição da gordura suína por oleogel com óleo de girassol alto oléico;
- ✓ Elaborar mortadelas com reduzido teor de sódio, incorporando KCl, arginina e histidina como substitutos de NaCl;
- ✓ Caracterizar as mortadelas desenvolvidas em termos de composição físico-química, microbiológica, sensorial e propriedades tecnológicas.
- ✓ Avaliar os parâmetros sensoriais de textura e cor de cada produto via aparelho instrumental;
- ✓ Avaliar o impacto das reformulações na qualidade tecnológica, nutricional, oxidativa e sensorial das mortadelas foi avaliado.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Impacto da adição de gordura em produtos cárneos: Qualidade X Saúde

A Organização Mundial de Saúde têm feito recomendações sobre a ingestão de gordura, indicando que deve representar entre 15% e 30% da energia total da dieta, sendo que não mais que 10% das calorias devem ser provenientes de ácidos graxos saturados, 6 a 10% devem ser de ácidos graxos poliinsaturados, cerca de 10 a 15% devem ser provenientes de ácidos graxos monoinsaturados e menos de 1% deve ser ácidos graxos trans. Também é recomendável limitar a ingestão de colesterol para até 300 mg/dia (WHO, 2003). Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), a Doença Cardiovascular (DCV) é a principal causa de morte no mundo, perfazendo 30% das mortes globais, taxa praticamente idêntica à encontrada no Brasil (OMS, 2011).

Mais de 80% das mortes por DCV no mundo ocorrem em países de média e de baixa rendas (DATASUS, 2009). O consumo de gordura saturada e trans é classicamente relacionado com elevação do LDL-c plasmático e aumento de risco cardiovascular. A substituição de gordura saturada da dieta por mono e poli-insaturada é considerada uma estratégia para o melhor controle da hipercolesterolemia e conseqüente redução da chance de eventos clínicos. As repercussões da ingestão de gordura, no entanto, não se restringem ao metabolismo lipídico; o tipo de gordura ingerida pode influenciar também outros fatores de risco, como a resistência a insulina e a pressão arterial (SANTOS et al., 2013).

Pesquisas relatam que dietas ricas em gorduras totais ocasionam um aumento do colesterol LDL (lipoproteínas de baixa densidade), propiciando a formação de lesões coronarianas (UEDA et al., 2018; GLUECK et al., 1994). A redução do consumo de gordura baixou 20% o risco de doenças cardiovasculares em pessoas obesas, fato este relacionado à perda de peso devido à alteração da dieta (PELTONEN & CARLSSON, 2016; CLARKE, 2011; GRAFFAGNINO et al., 2006).

Embora exista essa correlação entre o alto consumo de gordura com a obesidade e doenças cardiovasculares, os lipídeos também desempenham um papel importante no organismo. Fosfolipídios, glicolipídios e o colesterol desempenham um papel estrutural na membrana celular tendo uma importante função nos sistemas bioquímicos reguladores (CAMPAGNOL, 2011). Estas frações lipídicas servem como precursores de compostos biologicamente ativos benéficos, tais como prostaglandinas, hormônios esteróides e ácidos biliares (DUNFORD, 2001).

A quantidade de gordura na formulação dos produtos cárneos garante características tecnológicas, sensoriais (cor, sabor e aroma) e nutricionais (Yackinous & Guinard, 2000; Mela & Marshall, 1992), além de contribuir para a textura, melhorando os parâmetros de viscosidade, cremosidade, mastigabilidade, coesividade, dureza e crocância (DREWNOWSKI, 1997; MARSHALL, 1990). Pesquisas com redução de gordura em produtos cárneos têm mostrado alterações prejudiciais na cor e aceitabilidade global (RATHER et al., 2017; BARBUT & YOUSSEF, 2016).

A utilização da gordura em produtos cárneos tem grande importância nutricional, pois é fonte de energia, sendo essencial para o crescimento e desenvolvimento. Porém, é importante enfatizar que a gordura animal utilizada na elaboração de produtos cárneos possui além de colesterol um alto teor de ácidos graxos saturados, fato que pode trazer prejuízos à saúde, já que o consumo regular deste tipo de gordura pode propiciar o surgimento de aterosclerose e doenças cardiovasculares (MUGUERZA et al., 2004).

Devido à grande importância da gordura no processamento de produtos cárneos emulsionados, sua remoção e/ou a adição de substitutos de gordura pode resultar em um produto final inaceitável (KEETON, 1994). Portanto, se faz necessário que os produtos cárneos elaborados com teor de gordura reduzido possuam características tecnológicas e sensoriais aceitáveis, já que as modificações da composição dos produtos reformulados podem ocasionar alterações que se manifestam em diferentes graus durante o seu armazenamento (JIMÉNEZ-COLMENERO, 1996).

3.2 Tendência de mercado para adequação nutricional

A rotulagem nutricional dos alimentos para a promoção da alimentação saudável é de extrema importância, sendo destaque em grande parte dos estudos e pesquisas que envolvem a área da nutrição e sua relação com estratégias para a redução do risco de doenças crônicas. O uso das informações nutricionais obrigatórias nos rótulos dos alimentos e bebidas embaladas está regulamentado no Brasil desde 2001 (ANVISA, 2005).

A nova regulamentação sobre Rotulagem Nutricional de Alimentos Embalados, tenta orientar o setor produtivo possibilitando a revisão das formulações, informando o consumidor sobre a composição do alimento favorecendo escolhas que promovam o consumo de uma dieta mais equilibrada e saudável. A demanda crescente da sociedade por informações confiáveis acerca dos produtos exige esforço do governo e setor produtivo para implantação de uma efetiva rotulagem nutricional de alimentos.

As indústrias estão se adequando à nova legislação que determina a declaração de informação nutricional obrigatória de valor energético, carboidratos, proteínas, gorduras totais, gorduras saturadas, gorduras trans, fibra alimentar e sódio, nos rótulos de alimentos e bebidas embalados. As informações nutricionais referem-se ao produto na forma como está exposto à venda e devem ser apresentadas em porções, e medidas caseiras correspondentes, devendo conter ainda o percentual de valores diários para cada nutriente declarado, exceto no caso dos ácidos graxos trans, cujo percentual de valor diário não deve ser declarado (ANVISA, 2005).

A Resolução ANVISA RDC 360/03 - Regulamento técnico sobre rotulagem nutricional de alimentos embalados torna obrigatória a rotulagem nutricional baseada nas regras estabelecidas com o objetivo principal de atuar em benefício do consumidor e ainda evitar obstáculos técnicos ao comércio. As porções indicadas nos rótulos de alimentos e bebidas embalados foram determinadas com base em uma dieta de 2000 kcal considerando uma alimentação saudável e foram harmonizadas com os outros países do Mercosul. Elas estão publicadas na Resolução ANVISA RDC 359/03 - Regulamento técnico de porções de alimentos embalados para fins de rotulagem nutricional.

3.3 Utilização de pele suína e óleos vegetais como substitutos de gordura animal em produtos cárneos

Considerando que um substituto de gordura ideal não deve alterar drasticamente o sabor, a suculência ou outras propriedades organolépticas e de processamento, o uso combinado de diferentes ingredientes é uma estratégia a ser explorada para reduzir o teor de gordura sem alterar a qualidade dos produtos cárneos.

A pele suína é uma matéria-prima barata que contém altos níveis de colágeno (Feiner, 2006), que também mostra um bom potencial para ser usado como um substituto para a gordura em produtos cárneos. O efeito do uso de uma mistura de pele suína e fibra de trigo foi relatado por Choe et al. (2013) em salsichas. Em geral, a pele suína e a fibra de trigo melhoraram as características de qualidade e as propriedades sensoriais das salsichas, entretanto, observaram-se diferenças na textura. Faria et al. (2015) utilizaram pele suína e celulose amorfa como substituto de gordura em produtos cárneos emulsionados relatando que essa proposta de reformulação reduziu o teor de gordura sem afetar a qualidade sensorial.

Óleos vegetais também são bastante promissores para alterar o perfil lipídico de produtos cárneos. Os óleos mais utilizados em produtos cárneos são os óleos de canola,

linhaça, oliva, soja, girassol, palma, milho, algodão, entre outros. A utilização de óleos vegetais tem sido relacionada com a textura, capacidade emulsificante e estabilidade dos produtos cárneos. Como a gordura animal exerce um papel importante no processamento e característica dos produtos cárneos, há dúvidas sobre a quantidade máxima de gordura animal da formulação que pode ser substituída, sob pena de perda de qualidade do produto. Óleos vegetais podem causar problemas de qualidade, dependendo de qual produto cárneo será elaborado e do nível de substituição da gordura animal. Logo, novos estudos são necessários focando outros óleos vegetais, determinando o nível de substituição mais adequado e seu impacto na qualidade dos produtos.

Segundo Kayaardi e Gök (2004), a ingestão de grandes quantidades de ácidos graxos saturados e colesterol estão associados ao desenvolvimento de doenças coronarianas. Portanto, os consumidores devem reduzir a ingestão diária de gorduras ricas em ácidos graxos saturados que causam um aumento na concentração de colesterol ruim (LDL) em humanos, o qual possui relação com a incidência de doenças cardíacas. Dado a seus efeitos deletérios, várias pesquisas têm sido feitas objetivando a redução de colesterol dos alimentos. Conforme Jiménez-Colmenero et al. (2001), produtos com menos colesterol podem ser obtidos substituindo carne e gordura por derivados de origem vegetal livres de colesterol. Uma variedade de produtos cárneos como lingüiças e hambúrgueres, tem sido reformuladas reduzindo ou substituindo parcialmente a gordura animal por óleos vegetais (amendoim, canola, girassol, oliva, entre outros) e adicionando proteínas vegetais. Tahmasebi et al. (2016) ao tentar reduzir o teor carne e gordura da formulação de salsichas, verificaram que a incorporação de farinha de milho e óleo de girassol melhorou a estabilidade, porém aumentou a dureza do produto. Paneras et al. (1998), utilizando óleos de oliva, algodão e soja desenvolveram salsichas com baixo teor de gordura (10%) e até 59% menos colesterol que as salsichas normais, que contém 30% de gordura. Ainda, conforme Zorba e Kurt (2006), óleos vegetais contêm grandes quantidades de ácidos graxos monoinsaturados e poliinsaturados, sendo livres de colesterol.

De acordo com Bourscheid (2009), são três categorias de produtos que podem ser utilizadas como substitutos de gordura: proteínas não cárneas (proteína de soja e proteínas do leite), carboidratos bases (carragena, amidos, féculas e fibras) e misturas de ingredientes (junção de vários ingredientes que atuam na redução de gorduras); estes são rotineiramente empregados pela indústria de embutidos cárneos, principalmente por sua capacidade de formar géis aquosos, conferindo consistência ao produto final (OLIVEIRA et al., 2013).

3.4 Óleo de girassol alto oléico

Além da planta girassol convencional (20% de ácido graxo oléico) (Gunstone, 2005), recentemente estão sendo avaliados híbridos de girassol que apresentam no seu óleo um alto teor de ácido graxo oléico (superior a 80%) (GRUNVALD et al., 2013). A vantagem do genótipo alto oléico é que seu óleo apresenta maior grau de estabilidade oxidativa (BELINGHERI et al., 2015), além dos benefícios à saúde proporcionados pelo ácido graxo oléico. A presença desse ácido graxo na alimentação humana pode reduzir o colesterol do plasma sanguíneo e, por consequência, o fator de risco de doenças cardiovasculares (SALES-CAMPOS et al., 2013).

O uso de óleo de girassol alto oléico já foi pesquisado na suplementação animal (Cardenia et al., 2011), em sorvete (Sung & Goff, 2010), em leite (Martínez et al., 2012) e na dieta de humanos (RUIZ-GUTIERREZ et al., 1999). Estes estudos com óleo de girassol alto oléico tem se limitado a avaliar seu efeito sobre as características nutricionais e composição de ácidos graxos, porém não existem estudos sobre as implicações do seu uso em produtos cárneos. Pesquisa em carnes apontam a possibilidade de que o uso de óleo de girassol alto oléico melhora as características de qualidade da carne (Sardi et al., 2007), hipótese ainda não testada em produtos cárneos cozidos.

3.5 Impacto da adição de NaCl em produtos cárneos: Qualidade X Saúde

O sal de mesa, também conhecido como cloreto de sódio (NaCl), é um componente essencial da dieta humana. O NaCl é um composto químico composto de sódio catiônico (Na^+) e cloreto aniônico (Cl^-). Para cada grama de sal, 39,3% é sódio e 60,7% é cloro. Basicamente é usado como um tempero para fazer comidas mais saborosas. Por milhares de anos, o sal tem sido usado como conservante, diminuindo a atividade da água (A_w), além de limitar o crescimento de microrganismos deteriorantes.

O sódio na dieta vem de várias fontes, ocorrendo naturalmente em uma pequena quantidade na carne, ovos, leite, etc. Mattes e Donnelly (1991) revelaram que cerca de três quartos do sódio total da ingestão é derivada do sal adicionado pelos fabricantes de alimentos, enquanto que o teor de sal natural dos alimentos representa apenas cerca de 10% do consumo total e o consumo discricionário de sal fornece mais 5-10% do consumo total. Ou seja, grande parte do sal consumido está escondido nos alimentos processados, de modo que as pessoas nem sequer sabem sua ingestão diária de sódio. O sódio está presente em várias formas como

glutamato monossódico, citrato de sódio, alginato de sódio, hidróxido de sódio e fosfato de sódio. No entanto, o cloreto de sódio afeta a pressão sanguínea (LUFT et al., 1991).

De acordo com os dados do primeiro Inquérito Nacional de Alimentação (INA) realizado em 2008-2009, o consumo médio de sódio na população brasileira foi 3.190 mg/dia (Souza et al., 2013) e encontra-se acima do nível máximo tolerável de 2000mg/ dia para adultos, recomendado pela Organização Mundial da Saúde (OMS). Segundo Sarno et al. (2013), a contribuição dos alimentos processados no consumo médio de sódio aumentou de 17,2% para 20,5%. No Brasil, o Ministério da Saúde tem coordenado estratégias nacionais com objetivo de reduzir o consumo de sódio, bem como acordos firmados com associações de indústrias de alimentos, para redução gradual no teor máximo de sódio nas categorias consideradas prioritárias de alimentos processados (NILSON et al., 2012).

Os produtos cárneos contribuem com 20 a 30% da ingestão diária de sódio, sendo apenas superado pelos cereais e seus derivados. A carne *in natura* contém sódio, mas a quantidade é menor que 100 mg de sódio por 100 g (CAMPAGNOL, 2011). A fonte principal do sódio em produtos cárneos é o cloreto de sódio (sal) que é adicionado durante o processamento (DESMOND, 2006).

Na indústria cárnea o sal é usado como um realçador do sabor e aroma e é também responsável pelas propriedades desejadas de textura dos produtos cárneos e por retardar o crescimento microbiológico (LEE et al., 2018). Uma das principais funções do sal é a solubilização das proteínas miofibrilares da carne. A solubilização faz com que sejam ativadas as proteínas miofibrilares, aumentando a hidratação e a capacidade de retenção de água. O aumento da capacidade de retenção de água da carne reduz as perdas no cozimento, aumentando desse modo a maciez e a suculência (CAMPAGNOL, 2011). As perdas de água após o cozimento são minimizadas por um nível de sal de 5 a 8% em relação ao conteúdo total de água do produto (RANKEN et al., 1997).

O sal também contribui para um aumento na ligação entre as proteínas miofibrilares, especialmente a miosina, que são extraídas por ação do sal, formando uma espécie de cola na superfície das peças cárneas que une uns pedaços aos outros, contribuindo para a textura e para a retenção da água livre (CAMPAGNOL, 2011). Antes do cozimento, a massa cárnea se torna mais pegajosa e coesa; após o cozimento, uma massa sólida é produzida devido à desnaturação protéica (TERRA et al., 2004). A retenção de gordura em produtos cárneos emulsionados é também aumentada pelo sal, devido à emulsificação da gordura pelas proteínas solubilizadas. Nestes produtos, a habilidade das proteínas miofibrilares reterem a

gordura é tão importante quanto a habilidade de prender a água. Assim, em produtos emulsionados o sal é responsável por três interações importantes com as proteínas miofibrilares: proteína-água (retenção de água), proteína-proteína (ligação entre as partículas de carne) e proteína-gordura (retenção de gordura) (HUTTON, 2002).

Quando o nível de sódio é muito alto, o corpo retém muita água e o volume de fluidos corporais aumenta. Kesteloot e Joossen (1988) revelaram que os cátions dietéticos, como sódio, cálcio e potássio, estão relacionados à regulação da pressão arterial, especialmente para o sódio, que tem uma correlação significativa com a pressão arterial. Muitos cientistas apontam que a ingestão de sal está ligada à pressão alta, o que provavelmente leva ao desenvolvimento de doenças cardíacas e derrame. A relação entre o consumo de sal e a pressão arterial é direta e progressiva, sem um limiar aparente (THE DIETARY GUIDELINES FOR AMERICANS, 2005). Quanto mais alto o consumo de sal do indivíduo, maior a pressão arterial deste. Por conseguinte, a redução da ingestão dietética de sódio é aconselhável para diminuir o risco de desenvolvimento de hipertensão.

Devido os riscos do surgimento de hipertensão correspondente ao alto consumo de sódio a Organização Mundial da Saúde (OMS) recomenda que a ingestão diária de sal não seja superior a 5 g/dia (WHO, 2009). Estudos epidemiológicos em pessoas hipertensas demonstraram que a redução no consumo de sal (de 2 a 4,6g por dia) pode diminuir a pressão sanguínea sistólica absoluta (ASARIA et al., 2007). Para a população brasileira, o consumo de sal diário médio estimado está em torno de 12,6g (Molina et al., 2003), superando a recomendação máxima estipulada pela Organização Mundial da Saúde.

3.6 Utilização de KCl e aminoácidos como substitutos de NaCl em produtos cárneos

Tornar um produto cárneo mais saudável é um grande desafio para a indústria. A redução de sal é uma das estratégias mais estudadas para tornar um produto cárneo mais saudável (PARPIA et al., 2018; BIS et al., 2016). Promover a diminuição dos teores de sódio em produtos cárneos pode ser através da substituição total ou parcial do cloreto de sódio por outros sais clorados (KCl, MgCl₂ e CaCl₂), sais não clorados, como os fosfatos ou por modificação dos processos ou por combinações (TERRELL, 1983). Porém, a redução do cloreto de sódio nas formulações pode resultar em um decréscimo no sabor salgado dos produtos industrializados (RUUSUNEN & PUOLLANNE, 2005).

O cloreto de potássio (KCl) é potencialmente uma alternativa isenta de sódio sendo um dos substitutos do sal mais comum. Suas propriedades físicas o tornam tecnicamente uma

substituto ideal do sal comum, pois possui sabor fraco e salgado (TUDOSE et al., 2017). Porém, quando utilizado em grande quantidade confere amargor e sabor metálico. A substituição de sódio do sal comum por um sal mineral com baixo teor de sódio, alto teor de potássio e magnésio pode oferecer uma valiosa abordagem farmacológica para reduzir a pressão arterial em pessoas idosas com hipertensão leve a moderada (FRISOLI et al., 2012). No entanto, o consumo de potássio em excesso pode ser prejudicial para algumas pessoas, especialmente aquelas que apresentam problemas renais. Nestas pessoas os rins tem dificuldade de eliminar o potássio do organismo, causando um acúmulo de potássio no sangue. Esta condição, conhecida como hipercalemia, pode desenvolver arritmias cardíacas que podem levar à uma parada cardíaca.

Estudos sobre a substituição de NaCl por KCl e têm demonstrado que o KCl pode ser usado para substituir o NaCl em até 50% para manter a percepção de salinidade semelhante no sal comum (VAN BUREN et al., 2016; SOGLIA et al., 2014). Kincaid et al. (1975) relataram que a solução a 1,2% de uma mistura 1:1 de cloretos de sódio e potássio tem um sabor tão salgado quanto a solução a 1% de cloreto de sódio.

A aplicação de aminoácidos na indústria cárnea tem atraído recentemente interesses consideráveis (ZHOU, LI & TAN, 2014; ZHOU et al., 2014). Alguns estudos reportaram que a lisina (L-Lys) foi capaz de melhorar o sabor (Wei et al., 2012), textura e capacidade de retenção de água de produtos cárneos (ZHOU, LI & TAN, 2014). Mais recentemente, foi relatado que a arginina aumentou a solubilidade da miosina em uma solução salina fisiológica (Guo et al., 2015) e melhorou a retenção de água e a textura da salsichas (ZHOU et al., 2014).

A arginina, ou ácido (2S)-2-amino-5-guanidinopentanóico, cuja fórmula química é $C_6H_{14}N_4O_2$:174.20 (Figura 1), é classificada como um aminoácido semi-essencial ou condicionalmente essencial em seres humanos, pois pode ser sintetizada endogenamente numa quantidade suficiente para atender as necessidades, não sendo necessária na dieta de adultos saudáveis. Apresenta importância na manutenção da resposta imunológica e cicatrização de feridas. A arginina é a principal carreadora de nitrogênio em humanos e animais e faz parte da síntese de moléculas importantes, como agmatina, creatina, ornitina, óxido nítrico, poliaminas, prolina, dentre outras (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2014).

Os bebês humanos, no entanto, não podem sintetizar em quantidades suficientes para satisfazer sua necessidade de crescimento. É então chamado de liberador do hormônio do crescimento. As recomendações dietéticas (RDAs) de L-arginina não estão estabelecidas.

Adversamente, se a síntese de L-arginina é prejudicada, pode causar estresse e desequilíbrios de outros nutrientes.

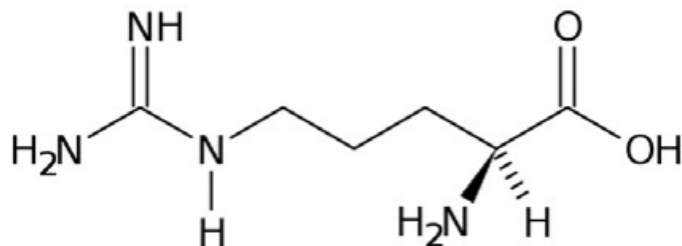


Figura 1- Estrutura química da arginina.

A arginina esta presente em alimentos, como o leite, iogurte, bacon, presunto, gelatina, frango, lagosta, atum, camarão, salmão, amendoim, noz, avelã, castanha, aveia, granola, gérmen de trigo, semente de girassol, arroz marrom, pipoca, uvas passas e produtos de trigo integral. Com base nas propriedades fisiológicas, a L-arginina é útil no tratamento e prevenção de doenças cardiovasculares, incluindo hipertensão e alguns distúrbios renais. A suplementação de arginina inibe o crescimento de variados tumores. Estimula a secreção do hormônio do crescimento, acelerando o processo de cicatrização de ferimentos e inibe a perda de massa muscular após cirurgias ou ferimentos. A L-arginina pode ser usada no tratamento da cirrose, e na neutralização da amônia. Sendo um componente do colágeno, ajudando na construção de novas células dos ossos e tendões, a arginina pode apresentar resultados benéficos no tratamento da artrite e de desordens do tecido conjuntivo. Tem demonstrado melhorar a condição clínica dos portadores do Mal de Alzheimer, através do aumento dos níveis de poliamina, que é fundamental na proliferação celular. Proporções específicas de arginina e cálcio nas pastas de dentes são geradas para imitar as propriedades remineralizantes naturais da saliva e proteger as terminações nervosas sensíveis, ligando poros abertos na dentina exposta com fosfato de cálcio (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2014).

A demanda pela arginina tem demonstrado um rápido crescimento devido ao aumento do consumo de produtos farmacêuticos, produtos de saúde e produtos de cuidados pessoais. Novas áreas de aplicação com base na funcionalidade da arginina, incluindo hidratação em produtos de cuidados pessoais, bem como benefícios fisiológicos do consumo humano, estão elevando fortemente a demanda pela arginina (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2014).

Na indústria alimentícia, a forma L da arginina é usada na nutrição esportiva, em bebidas e alimentos para a saúde com o objetivo de suplementar a nutrição, sendo também

utilizada como condimento e flavorizante. Sua aplicação inclui seu uso na formulação de produtos cosméticos como cremes, produtos para os cabelos, tais como xampus e condicionadores que fazem uso de sua propriedade hidratante, fortificante nutricional para a alimentação de animais de grande porte e animais domésticos, utilizado na produção de enzimas e usado como regulador de pH (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2014).

Ogawa et al. (2004) reportaram que a L-arginina é capaz de bloquear o sabor amargo e aumentar a salinidade. Já Zhang et al. (2015) reportaram que o uso de aminoácidos (L-histidina, L-lisina e L-arginina) foi eficiente para reduzir em aproximadamente 50% o teor de sódio de lombos curados, já que melhorou a estabilidade oxidativa e as reações lipolíticas.

A histidina ($C_6H_9N_3O_2$) é um aminoácido considerado como essencial, básico (em relação ao pH) devido à sua cadeia lateral aromática de nitrogênio heterocíclico (Figura 2). Representa cerca de 3% dos aminoácidos das proteínas do organismo. É totalmente essencial para as crianças, já os adultos podem sintetizar no organismo, embora não esteja totalmente claro se a quantidade que se produz é suficiente para cobrir todas as necessidades e por isso é considerada como essencial (WIKI, 2010).

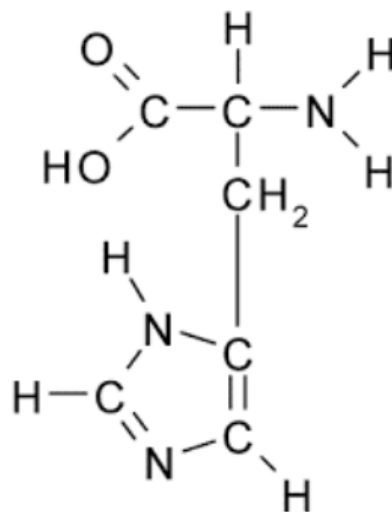


Figura 2- Estrutura química da histidina.

As suas fontes alimentares são principalmente os alimentos proteicos de origem animal como a carne, o peixe ou os laticínios. A carne, as vísceras e os miúdos são ricos em histidina. A L-histidina é usada na indústria alimentícia como um componente de suplementos nutricionais, condimentos e como flavorizante (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2014).

A L-histidina é um aminoácido que abunda na hemoglobina e nas proteínas musculares, além disso, no seu metabolismo também pode-se converter em glutamato no

fígado, sendo considerado como um dos aminoácidos mais versáteis. Dietas isentas de L-histidina diminuem significativamente a taxa de eritropoiese e hemoglobinemia, restabelecendo-se os níveis normais com a simples reintrodução de L-histidina na dieta (WIKI, 2010).

A L-histidina pode ser adicionada aos alimentos, o seu uso está permitido como aditivo alimentar e como suplemento. Os benefícios da sua contribuição estão relacionados ao estado nutricional, formação de carnosina, proteção da pele e quelação de metais (WIKI, 2010).

ARTIGO 1:**Fat replacement by oleogel rich in oleic acid and its impact on the technological, nutritional, oxidative, and sensory properties of Bologna-type sausages****Periódico: Meat Science (A1)**

Recebido em: 22 de agosto de 2018; Aceito em: 26 de novembro de 2018; Publicado em:
janeiro de 2019.



Contents lists available at ScienceDirect

Meat Science

journal homepage: www.elsevier.com/locate/meatsci

Fat replacement by oleogel rich in oleic acid and its impact on the technological, nutritional, oxidative, and sensory properties of Bologna-type sausages



Suelem Lima da Silva^a, Júlia Tomazzetti Amaral^a, Marcelly Ribeiro^a, Elen Endler Sebastião^a, Carlos Vargas^a, Felipe de Lima Franzen^a, Gabrielle Schneider^a, José Manuel Lorenzo^b, Leadir Lucy Martins Fries^a, Alexandre José Cichoski^a, Paulo Cezar Bastianello Campagnol^{a,*}

^a Universidade Federal de Santa Maria, CEP 97105-900 Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brazil

^b Centro Tecnológico de la Carne de Galicia, Parque Tecnológico de Galicia, San Cibrán das Viñas, Rúa Galicia N 4, Ourense, Spain

ARTICLE INFO

Keywords:

High oleic sunflower oil
Pork skin
Fat replacer
Fatty acid profile
Healthier meat products

ABSTRACT

Bologna-type sausages were made with 25, 50, 75 and 100% replacement of pork back fat by oleogel made with pork skin, water, and high oleic sunflower oil (HOSO) (1.5, 1.5: 1). The technological, nutritional, oxidative, and sensory properties were evaluated. Emulsion stability increased and cooking loss decreased with increasing the pork back fat replacement by oleogel. The reformulation increased the proportion of oleic acid within the lipid fraction by up to 20% and decreased the proportion of linoleic acid by up to 10%, with no changes in the oxidative stability. The acceptance and the sensory profile of the samples were not affected by the substitution of up to 50% of pork back fat by oleogel. Thus, the results showed that it is possible to produce Bologna-type sausages with reduced fat (~16% fat, ~29% reduction), cholesterol (40 mg, ~10% reduction), and energy value (~210 kcal/100 g, ~21% reduction) and with healthier lipid profile using oleogel from HOSO.

1. Introduction

Bologna-type sausages are one of the most consumed emulsified meat products in industrialized countries. Due to its high animal fat content (up to 35%) and a nutritionally unfavorable fatty acid profile, the frequent consumption of this product may lead to an increase in the risk factors related to the onset of cardiovascular diseases (Saldaña et al., 2018). A large part of the world population is aware of the health risks of frequent consumption of animal fat, thus there is a growing demand for low-fat products. However, reducing the animal fat content of Bologna-type sausages is a major challenge, since this ingredient is essential for the formation of stable meat emulsions, besides contributing to the rheological and structural attributes (Saldaña et al., 2015). In addition, the use of animal fat in Bologna-type sausages is also fundamental to provide attractive sensory characteristics to consumers (Feiner, 2006).

The partial substitution of animal fat by vegetable oils may reduce the level of saturated fatty acids (SFA) and increase the level of polyunsaturated fatty acids (PUFAs), which can help preventing cardiovascular diseases (Cofrades et al., 2014; Cofrades, Antoniou, Solas,

Herrero, & Jiménez-Colmenero, 2013; Dominguez, Pateiro, Agregán, & Lorenzo, 2017; Dominguez, Pateiro, Munekata, Campagnol, & Lorenzo, 2017; Heck et al., 2017; Lorenzo, Munekata, Pateiro, Campagnol, & Domínguez, 2016). However, problems related to the increase in lipid oxidation and decrease in the sensory and technological quality have been reported when replacing animal fat by vegetable oils (Dominguez, Agregán, Gonçalves, & Lorenzo, 2016; Mugerza, Gimeno, Ansorena, Bloukas, & Astiasarán, 2001). Recently, the replacement of animal fat by gellified vegetable oils (oleogels) has been proposed in meat products. Fagundes et al. (2017) replaced 50% of animal fat of burger by oleogel from canola oil. These authors obtained promising results since the reformulation improved the nutritional and technological quality and did not impair the sensory characteristics. However, the oxidative quality was not evaluated.

High oleic sunflower oil (HOSO) has gained popularity among consumers due to its fatty acids composition similar to olive oil. The frequent and moderate intake of HOSO may bring benefits to human health for its high content of oleic acid (up to 65%), such as reducing the risk of cardiovascular diseases and gallstones (Ros, 2010). In addition, it may help reducing triglycerides, cholesterol, and blood

* Corresponding author.

E-mail address: paulo.campagnol@ufsm.br (P.C.B. Campagnol).

<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.11.020>

Received 22 August 2018; Received in revised form 23 November 2018; Accepted 26 November 2018

Available online 28 November 2018

0309-1740/ © 2018 Elsevier Ltd. All rights reserved.

pressure (Sales-Campos, Souza, Peghini, Silva, & Cardoso, 2013; Schwingshackl & Hoffmann, 2012).

HOSO is mainly used in the manufacture of margarine, because it has a mild flavor and an affordable price. However, recent research has shown promising results on the effect of the use of oleogel from HOSO on bakery products. Pehlivanoglu et al. (2018) found a reduction close to 65% of saturated fatty acids contents in cakes using oleogels rich in HOSO instead of shortening. In addition to improving the nutritional quality, the substitution of shortening by oleogel did not cause adverse effects on the rheological characteristics and sensory properties of cakes. In another study, Giacomozzi, Carrín, and Palla (2018) also obtained satisfactory results when using oleogels from HOSO as solid fat replacers in bakery products.

To date, the use of oleogel from HOSO in meat product formulations has not been evaluated. Thus, in this study, HOSO was gelled with pork skin and used as a fat substitute in Bologna-type sausages. Pork skin was selected as a gelling agent because of its high availability and high collagen content (Feiner, 2006). The impact of this lipid reformulation on the technological, nutritional, oxidative, and sensory quality of Bologna-type sausages was assessed.

2. Materials and methods

2.1. Manufacture of oleogel and Bologna-type sausages

Lean pork meat (*Triceps brachii*, moisture: $73.22\% \pm 0.12$; protein: $20.92\% \pm 0.42$; fat: 3.12 ± 0.13), pork skin (moisture: $56.11\% \pm 0.12$; protein: $35.41\% \pm 0.11$; fat: $2.99\% \pm 0.12$), and pork back fat (moisture: $11.29\% \pm 0.14$; protein: $8.55\% \pm 0.09$; fat: 79.32 ± 0.32) were obtained from a local meat market. The manufacture of the oleogel was replicated three times. For the manufacture of oleogel, the pork skin was first cooked at 80°C for 40 min and comminuted in a blender. Then, it was mixed with water and HOSO in the ratio of 1.5: 1.5: 1 (PS: water: HOSO), and the oleogel was stored at 4°C overnight. This ratio was selected based on preliminary studies that evaluated the consistency and water and fat retention capacity of the oleogels produced with different combinations of PS, water and HOSO. The control Bologna-type sausage was prepared according to the following formulation: pork (65%), pork back fat (20%), salt (2.5%), sodium tripolyphosphate (0.3%), nitrite (0.015%), black pepper (0.1%), sodium erythorbate (0.025%), coriander (0.20%), and ice (11.86%). For the treatments, a replacement of 25, 50, 75, and 100% pork back fat by oleogel was carried out. The pork, oleogel, and pork back fat were ground separately (Model PJ22, Jamar Ltda., São Paulo, Brazil) on a plate with 3 mm orifices. The pork meat, sodium chloride, and sodium tripolyphosphate were placed in the cutter (Model KJ20, Jamar, Brazil) for the extraction of myofibrillar proteins at high speed (3 min). The remaining additives and spices were slowly added, followed by comminution at low speed for 2 min. After, pork back fat and/or oleogel were added and comminuted at high speed for 2 min. The temperature of the meat batter did not exceed 12°C during homogenization. After mixing, the meat batter was stuffed in plastic casings (60 mm diameter, 0.4 kg product) impermeable to water (Viskase, São Paulo, Brazil) using a stuffing machine (Model PJI-09, Jamar Ltda, São Paulo, Brazil). The Bologna sausages were cooked in water at 60°C for 30 min, 70°C for 30 min, and 80°C until the internal temperature reached 72°C . After cooking, the sausages were cooled to 4°C in an ice bath and vacuum packed in low-density polyethylene bags ($16\ \mu\text{m}$ thickness, with oxygen transmission rate of $6\ \text{cm}^3/\text{m}^2\cdot\text{day}$ at 23°C and 75% RH and water vapor transmission rate $2.6\ \text{g}/\text{m}^2\cdot\text{day}$ at 23°C and 75% RH) and stored at 4°C for 35 days.

2.2. Proximate composition

Three samples in each of the three replications of the experiment were analyzed in triplicate and the average of each sample was used in

the statistical analysis. The moisture, protein, fat, and ash contents of oleogel and Bologna sausages were determined according to the methodology described by the Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2006). An oven temperature of 105°C was used to determine the moisture content of the samples (AOAC Method 950.46). The nitrogen content was determined by the macro-Kjeldahl acid digestion, and the result was multiplied by 6.25 to determine the protein content (AOAC Method 920.152). The fat content was determined through the Soxhlet method (AOAC Method 963.15), and ash levels were assessed by the incineration of the samples in a muffle at 550°C (AOAC Method 940.26).

2.3. Determination of cholesterol

The cholesterol level of the Bologna sausages was determined by the optimized enzymatic method and validated by Saldanha, Mazalli, and Bragagnollo (2004). Three samples in each of the three replications of the experiment were analyzed in triplicate and the average of each sample was used in the statistical analysis. For that, 2 g of sample was placed in a Falcon tube, and 4 mL of 50% aqueous KOH solution and 6 mL of ethyl alcohol were added to extract the lipids. The tubes were placed in a water bath under agitation at 40°C until complete solubilization of the samples. After solubilization, the tubes remained in the water bath at 60°C for 10 min, and 5 mL of distilled water and 10 mL of hexane were added for phase separation. The hexane was dried using a vacuum pump and isopropyl alcohol and enzymatic mono-reagent were added and placed in a water bath at 37°C for 10 min. After cooling, the readings were performed in a spectrophotometer at 500 nm. A calibration curve was done with cholesterol solution, and the results were expressed as $\text{mg}\cdot 100\ \text{g}^{-1}$ product.

2.4. Cooking loss

The Bologna sausages were weighed before cooking. After the cooking and cooling, the samples were again weighed and the cooking loss was calculated according to the methodology proposed by Parks and Carpenter (1987) as follows: $(\text{weight before cooking} - \text{weight after cooking})/\text{weight before cooking} \times 100$. Five samples in each of the three replications of the experiment were used to determination of cooking loss.

2.5. Emulsion stability

Beakers were previously weighed ($105^\circ\text{C}/30\ \text{min}$) for later use. Then, about 5 g of sample was weighed into Falcons tubes and centrifuged for 5 min at 3000 rpm. The tubes were placed in a boiling water bath for 40 min and cooled to 4°C in an ice bath. The liquid released from the tubes was added to the pre-weighed beaker and subjected to oven drying at 105°C for 24 h, cooled in desiccators and weighed to determine the fat and water exudation (Jiménez-Colmenero, Ayo, & Carballo, 2005). The results were expressed as a percentage of the sample weight, using the following calculations: (%) Fat exudation: $(\text{weight of the fat released}/\text{weight of the sample}) \times 100$; (%) water exudation: $(\text{weight of water released}/\text{weight of sample}) \times 100$. Three samples in each of the three replications of the experiment were analyzed in triplicate and the average of each sample was used in the statistical analysis.

2.6. Texture profile analysis

The analysis of oleogel and Bologna sausages were performed in three samples in each of the three replications of the experiment. Each sample was cut into three cubes with dimensions 2 cm high and 2 cm wide. The average of each sample was used in the statistical analysis. The texture profile was performed using a TA-TX2 texture meter (Stable Micro Systems Ltd., Surrey, England) and the TPA curves were

constructed by the Texture Expert software, version 1.11 (Stable Micro Systems Ltda.). The samples at 20 °C were compressed at 50% of the original height with a cylindrical aluminum probe 45 mm in diameter, moving at a constant speed of 1 mm / s. The following parameters were determined: Hardness (N/cm²), which corresponds to the maximum force required to compress the sample for the first time; Cohesiveness (dimensionless), which corresponds to the ratio of positive force during the second to that of the first compression cycle; Springiness (cm), which corresponds to ability of the sample to recover its original form after the deforming force was removed, and Chewiness (N/cm), which corresponds to work to masticate the sample for swallowing (hardness × cohesiveness × springiness) (Bourne, 2002; Cáceres, García, Toro, & Selgas, 2004).

2.7. Instrumental color measurements

The International Commission on Illumination (CIE) system was used, and the readings were performed in a colorimeter (Spectrophotometer CM-700D) calibrated using a white plate (Ramos & Gomide, 2007). The illuminant A was used with a 10° view angle. Nine readings were performed at different points on the surface of three samples in each of the three replications of the experiment. The average of each sample was used in the statistical analysis. The L*, a*, and b* values were determined in the oleogel shortly after the manufacture, while the Bologna-type sausages were analyzed after 1, 7, 14, 21, 28, and 35 days of storage at 4 °C. The samples were exposed to light 10 min before the readings. The color measurements were performed using different samples over the storage time.

2.8. Determination of pH and water activity (Aw)

The pH was measured using a potentiometer (DM-23DC-169, São Paulo, Brazil) according to Instituto Adolfo Lutz (IAL) (2005). The water activity was determined in a CX-2 Aqualab R® apparatus (Decagon Device Ins., 2003) with direct readings at constant temperature (25 °C). The pH and Aw measurements were performed in the oleogel soon after the manufacture, while the Bologna-type sausages were analyzed after 1, 7, 14, 21, 28, and 35 days of storage at 4 °C. Three samples in each of the three replications of the experiment were analyzed in triplicate and the average of each sample was used in the statistical analysis.

2.9. Lipid oxidation

The lipid oxidation of Bologna sausages was determined by the Thiobarbituric Acid Reactive Substances (TBARS) assay, according to Raharjo, Sofos, and Schmidt (1992). The readings were performed at 531 nm after 1, 7, 14, 21, 28, and 35 days of storage at 4 °C, and the results were expressed as mg of malonaldehyde per kilogram of sample (mg MDA/kg). Three samples in each of the three replications of the experiment were analyzed in triplicate and the average of each sample was used in the statistical analysis.

2.10. Fatty acid profile

Lipid extraction was carried out shortly after manufacture (day 1) by the Bligh and Dyer (1959) method and the esterification and quantification of fatty acids were determined according to Christie (1989). The fatty acid profile of the oleogel and Bologna sausages was determined in triplicate by gas chromatography (Agilent, 45813-01, USA), using nitrogen at a flow rate of 1 mL.min⁻¹ and injection volume of 1 µL, and injection and detection temperature of 250 °C. Fatty acids were identified by comparing the retention times of standard methyl esters (Sigma: Supelco 37 Components FAME Mix) and the esterified samples. The quantification of fatty acids (mg g⁻¹) was carried out using methyl tricosanoate (C23:0) as an internal standard and the

theoretical correction factor and the conversion factor from fatty acid to methyl ester, according to the methodology proposed by Visentainer (2012). Three samples in each of the three replications of the experiment were analyzed in triplicate and the average of each sample was used in the statistical analysis.

2.11. Sensory evaluation

The research was approved by the Research Ethics Committee of the Federal University of Santa Maria (RS, Brazil) under CAAE: 47441915.3.0000.5346. The sensory evaluation of the Bologna sausages was performed on the 7th day of storage at 4 °C. One hundred consumers (59 female and 41 male, aged 18 to 65 years) who reported having a habit of consuming Bologna-type sausages at least once per month participated in the sensory evaluation. The demographics of the consumers that participated were: 59 female and 41 male, 45% between 18 and 25 years old, 20% 26–35, 18% 36–45, 12% 46–55 and 5% over 56–65 years old. The Bologna sausages were cut into slices approximately 0.5 cm thick. The samples were served to consumers in white ceramic dishes, coded with three-digit numbers, in monadic and random order, accompanied with water and cracker biscuits for cleansing the palate. All participants were instructed to sign the Informed Consent Form.

The consumers' acceptance of the samples was determined through the affective acceptance test using a structured hedonic scale of 9 points (9-liked very much and 1-disliked very much). The samples were evaluated for five attributes: color, aroma, flavor, texture, and overall acceptance.

Consumers were also asked to complete a check-all-that-apply (CATA) questionnaire with 23 terms related to the sensory characteristics of Bologna sausages. These terms were generated by a group of 10 Bologna sausage consumers and included the descriptors related to appearance (pale color, ideal color, oily and strange aspect), aroma (soft, rancid, fatty, pleasant), taste (pork, rancid, soft, strong, bitter, pleasant, unpleasant and seasoning in the right amount) and texture (sandy, ideal, rubbery, hard, dry, difficult to chew and juicy).

2.12. Statistical analysis

The experiment was repeated three times ($n = 3$) and data (except CATA) were analyzed by analysis of variance (Anova) using a general linear model, considering the treatments and storage time as a fixed effect and the replicates as a random effect. The significant differences were analyzed by the Tukey's test at the 5% level of significance. Data were evaluated using the SPSS statistical program (SPSS, Chicago, IL, USA). The correspondence analysis was used to analyze data of the CATA questionnaire, considering the chi-square distance (Vidal, Tarrega, Antunez, Ares, & Jaeger, 2015), calculated on the matrix containing the frequency of use of each term, for each sample.

3. Results and discussion

3.1. Physicochemical and nutritional characteristics of oleogel

The physicochemical and nutritional characteristics of oleogel are shown in Table 1. As expected, it presented a fat content similar to that of HOSO used in the process. The oleogel presented a high protein content (18.6%), which was similar to that obtained by Faria et al. (2015) in a gel made from pork skin and amorphous cellulose (1:1). The Aw of the oleogel was of 0.99, which was similar to that obtained by Alves et al. (2016) in a gel made with pork skin, water, and green banana flour (1:2:2). The pH and color parameters (L*, a* and b* values) suggest that oleogel can be used as a fat substitute in meat products. These values were similar to those obtained by Choe, Kim, Lee, Kim, and Kim (2013) in gel made with a mixture of pork skin, water and wheat fiber (2:2:1). As expected, oleogel presented a high content of

Table 1
Proximate composition, Aw, pH, color (L*, a* and b*), texture profile, and fatty acids profile of the oleogel from high oleic sunflower oil.

Moisture (%)	50.70 ± 0.23
Fat (%)	18.61 ± 0.39
Protein (%)	28.44 ± 0.95
Ash (%)	0.15 ± 0.03
Aw	0.999 ± 0.00
pH	5.8 ± 0.06
L*	80.36 ± 0.60
a*	2.69 ± 0.11
b*	11.25 ± 0.21
Hardness (N/cm ²)	81.10 ± 4.60
Springiness (cm)	0.94 ± 0.01
Cohesiveness (dimensionless)	0.97 ± 0.01
Chewiness (N/cm)	75.23 ± 4.15
ΣSFA	16.06 ± 0.39
ΣMUFA	72.30 ± 0.74
ΣPUFA	11.63 ± 0.35

¹Oleogel: pork skin: water: high oleic sunflower oil (1.5:1.5:1).
SFA = saturated fatty acids; MUFA = monounsaturated fatty acids;
PUFA = polyunsaturated fatty acids.

monounsaturated fatty acids (MUFA) and a low content of saturated fatty acids (SFA). In quantitative terms, oleic acid was the major fatty acid present in the oleogel (approximately 71%).

3.2. Proximate composition, cholesterol, and technological properties

The results of proximate composition, cholesterol, cooking loss, emulsion stability, and texture parameters of Bologna-type sausages are presented in Table 2. Regarding the proximate composition, all treatments were in agreement with the Brazilian legislation, which has established a minimum value of 12% protein and maximum 30% of fat for Bologna-type sausages (Brazil, 2000). Only the treatment with 100% substitution of pork back fat by oleogel (R100) presented higher moisture and protein levels compared to the control batch ($P < .001$). The substitution of 25, 50, 75, and 100% pork back fat by oleogel caused a significant decrease in fat content of 15.6, 28.6, 52.7 and 65.9%, respectively, compared to the control group. On the other hand, the lipid reformulation did not significantly affect the ash contents. A reduction of approximately 10% cholesterol levels ($P < .01$) was observed for all treatments studied. Similar findings were obtained by Yunes et al. (2013) who studied Bologna sausages with the substitution of animal fat by several types of vegetable oils.

Lipid reformulation significantly influenced the cooking loss and the

emulsion stability (Table 2). A significant decrease in cooking loss was observed with the increase in the substitution level of pork back fat. The treatments with 25, 50, 75 and 100% substitution presented a reduction in cooking loss compared to the control group, with mean values of 31.4, 43.0, 51.2 and 64.0%, respectively. These results were consistent with those obtained in the emulsion stability. The modified treatments presented in relation to control a reduction between 40 and 93.3% and 8.5 to 87.3% in the fat and water exudation, respectively. The improvement of the technological quality observed in the reformulated Bologna sausages may be due to the collagen present in pork skin, once it is capable to interact with proteins, forming a more rigid gel matrix, which prevents the exudation of water and fat from the meat batter (Anderson & Berry, 2001). In agreement with the results of this study, Wolfer, Acevedo, Prusa, Sebranek, and Tarté (2018) also reported an improvement in the technological quality of meat emulsions when using soybean oil oleogels structured with rice bran wax as fat replacer. In addition, Choe et al. (2013), Faria et al. (2015) and Alves et al. (2016) also reported a similar trend in meat emulsions when using fat substitutes made with pork skin.

During the oleogel manufacturing process, the pork skin was cooked to transform the collagen into gelatin. After cooling, gelatin solidified and formed a hard gel (Table 1). Thus, the substitution of pork back fat by oleogel significantly increased hardness and chewiness compared to the control batch; however, it did not affect the springiness and the cohesiveness of the Bologna sausages ($P > .05$). A similar trend was reported by Choe et al. (2013) and Faria et al. (2015) when using pork skin in emulsified meat products and by Fagundes et al. (2017) when replaced 50% of animal fat of burger by oleogel from canola oil.

The L*, a*, and b* values of the Bologna sausages were affected by the lipid reformulation (Table 3). Immediately after manufacture (day 0), the treatments had higher L* ($P < .001$) and b* values ($P < .001$) and lower a* values ($P < .001$) compared to the control group, as also observed for the oleogel (Table 1). Faria et al. (2015) also reported an increase in L* and b* values of Bologna sausages elaborated with the addition of a gel made with pork skin. When comparing the treatments at the beginning (day 1) and at the end (day 35) of the storage, it can be observed that the L* values were not significantly affected in any treatment. A significant decrease in a* values was observed only in Control samples. On the other hand, all treatments showed a significant increase in b* values at the end of storage. The increase in b* values during storage is an expected result and may be related to increased lipid oxidation as demonstrated by Shan, Cai, Brooks, and Corke (2009).

After manufacture process (day 0), the pH values of the Bologna

Table 2

Effect of the partial and total replacement of pork back fat by oleogel from high oleic sunflower oil on proximate composition, cholesterol, cooking loss, emulsion stability and textural parameters of bologna-type sausages.

	Control	R25	R50	R75	R100	SEM	P-value
Moisture (%)	65.5 ^b	65.5 ^b	65.6 ^b	66.9 ^{ab}	68.4 ^a	1.49	***
Fat (%)	22.83 ^a	19.27 ^b	16.31 ^c	10.79 ^d	7.78 ^e	0.48	***
Protein (%)	15.4 ^b	15.9 ^{ab}	15.8 ^{ab}	16.0 ^{ab}	16.6 ^a	0.4	**
Ash (%)	3.7 ^a	3.7 ^a	3.7 ^a	3.7 ^a	3.7 ^a	0.03	n.s.
Cholesterol (%)	44.3 ^a	40.2 ^b	40.6 ^b	40.6 ^b	41.2 ^b	3.5	**
Cooking loss (%)	8.6 ^a	5.9 ^b	4.9 ^c	4.2 ^c	3.1 ^d	1.9	***
Emulsion stability							
Fat exudation (%)	1.5 ^a	0.9 ^b	0.7 ^{bc}	0.4 ^{cd}	0.2 ^d	0.1	***
Water exudation (%)	7.1 ^a	6.5 ^a	4.5 ^b	1.7 ^c	0.9 ^c	0.9	***
Hardness (N/cm ²)	68.7 ^b	90.3 ^a	97.9 ^a	96.6 ^a	97.1 ^a	9.7	***
Springiness (cm)	0.9 ^a	0.9 ^a	0.9 ^a	0.9 ^a	0.9 ^a	0.000	n.s.
Cohesiveness (dimensionless)	0.7 ^a	0.7 ^a	0.7 ^a	0.7 ^a	0.7 ^a	0.000	n.s.
Chewiness (N/cm)	46.4 ^b	60.9 ^a	61.7 ^a	62.1 ^a	62.4 ^a	5.3	***

Averages within the same line followed by the same letters did not show any significant difference ($P > .05$) by Tukey's test. Batches: Control: 20% pork back fat; R25, R50, R75, and R100: 25, 50, 75, and 100% substitution of pork back fat by oleogel¹, respectively.

¹Oleogel: pork skin: water: high oleic sunflower oil (1.5:1.5:1).

SEM- Standard error of the mean.

P-value: *** ($P < .001$), ** ($P < .01$), * ($P < .05$), n.s. (not significant).

Table 3

Effect of the partial and total replacement of pork back fat by oleogel from high oleic sunflower oil gel on instrumental color (L^* , a^* and b^*), pH and TBARS values during storage time of Bologna-type sausages.

	Days	Control	R25	R50	R75	R100	SEM	Sig.	
L^*	1	60.6 ^{cAB}	62.2 ^{bA}	62.6 ^{bA}	63.4 ^{aA}	63.5 ^{aAB}	0.81	***	
	7	57.3 ^{bC}	58.7 ^{aC}	59.0 ^{aC}	59.8 ^{aB}	59.9 ^{aC}	2.1	***	
	14	59.7 ^{dB}	61.7 ^{cAB}	61.9 ^{bCAB}	63.0 ^{bA}	63.6 ^{aAB}	1.3	***	
	21	60.5 ^{cAB}	61.1 ^{bCB}	61.4 ^{bB}	63.3 ^{aA}	63.9 ^{aA}	0.9	***	
	28	60.1 ^{cAB}	61.1 ^{bb}	61.4 ^{bb}	62.5 ^{aA}	62.6 ^{ab}	1.1	***	
	35	60.8 ^{dA}	61.5 ^{cdAB}	61.8 ^{bCAB}	62.6 ^{abA}	63.2 ^{aAB}	1.0	***	
	SEM	1.1	0.7	1.2	1.5	1.5			
	Sig.	***	***	***	***	***			
	a^*	1	21.8 ^{aA}	21.0 ^{bA}	20.5 ^{bBC}	20.4 ^{cAB}	20.5 ^{bCA}	0.5	***
		7	20.6 ^{aC}	20.3 ^{abB}	19.9 ^{bCC}	19.7 ^{CC}	19.6 ^{CB}	0.4	***
14		21.9 ^{aA}	21.4 ^{abA}	20.9 ^{bCAB}	20.7 ^{CA}	20.5 ^{CA}	0.3	***	
21		21.6 ^{aAB}	21.4 ^{aA}	20.7 ^{bAB}	20.5 ^{bAB}	20.5 ^{BA}	0.4	***	
28		22.0 ^{aA}	21.5 ^{abA}	21.3 ^{bCA}	20.8 ^{cdA}	20.6 ^{dA}	0.3	***	
35		21.3 ^{ab}	21.0 ^{abA}	20.6 ^{bCABC}	20.1 ^{CB}	20.0 ^{cAB}	0.6	***	
SEM		0.2	0.4	0.6	0.3	0.5			
Sig.		**	***	***	***	**			
b^*		1	15.2 ^{bB}	15.7 ^{bB}	15.9 ^{bBC}	16.1 ^{ab}	16.1 ^{ab}	0.1	***
		7	14.7 ^{bC}	14.9 ^{bC}	15.1 ^{bd}	15.7 ^{bc}	16.0 ^{ab}	0.3	***
	14	15.9 ^{aA}	16.0 ^{aAB}	16.2 ^{bCBC}	16.4 ^{abAB}	16.7 ^{aA}	0.1	***	
	21	16.0 ^{aA}	16.3 ^{bCA}	16.5 ^{abAB}	16.7 ^{abA}	16.8 ^{aA}	0.2	***	
	28	16.0 ^{aA}	16.3 ^{bCA}	16.5 ^{abA}	16.7 ^{aA}	16.7 ^{aA}	0.1	***	
	35	16.2 ^{aA}	16.4 ^{bCA}	16.6 ^{abA}	16.7 ^{abA}	16.8 ^{aA}	0.2	***	
	SEM	0.1	0.3	0.1	0.2	0.2			
	Sig.	***	***	***	***	***			
	pH	1	6.38 ^{ab}	6.34 ^{abBC}	6.22 ^{bCB}	6.19 ^{CB}	6.17 ^{cBC}	0.01	***
		7	6.49 ^{aAB}	6.43 ^{abAB}	6.40 ^{abA}	6.39 ^{bA}	6.36 ^{bA}	0.005	**
14		6.43 ^{aAB}	6.31 ^{abC}	6.26 ^{bB}	6.23 ^{bB}	6.21 ^{bBC}	0.009	***	
21		6.38 ^{ab}	6.31 ^{abC}	6.24 ^{bCB}	6.22 ^{bCB}	6.16 ^{cC}	0.007	***	
28		6.52 ^{aA}	6.50 ^{aB}	6.47 ^{aA}	6.41 ^{abA}	6.29 ^{abAB}	0.008	***	
35		6.5 ^{aAB}	6.46 ^{abAB}	6.44 ^{abA}	6.38 ^{bCA}	6.28 ^{cABC}	0.007	***	
SEM		0.007	0.007	0.007	0.006	0.008			
Sig.		*	**	***	***	***			
TBARS		1	0.45 ^{ad}	0.43 ^{bA}	0.41 ^{bd}	0.41 ^{bA}	0.41 ^{bA}	0.00	***
		7	0.46 ^{bc}	0.43 ^{bA}	0.42 ^{bCD}	0.41 ^{bA}	0.41 ^{bA}	0.00	***
	14	0.47 ^{bc}	0.44 ^{bA}	0.42 ^{cdCB}	0.42 ^{cA}	0.41 ^{cA}	0.00	***	
	21	0.47 ^{ab}	0.44 ^{bA}	0.43 ^{bCBA}	0.42 ^{bCA}	0.41 ^{cA}	0.00	***	
	28	0.48 ^{aA}	0.44 ^{bA}	0.44 ^{bBA}	0.43 ^{bA}	0.43 ^{bA}	0.00	***	
	35	0.49 ^{aA}	0.45 ^{bA}	0.44 ^{bA}	0.43 ^{bA}	0.43 ^{bA}	0.00	***	
SEM	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01				
Sig.	***	n.s.	***	n.s.	n.s.				

Averages within the same line followed by the same lowercase letters did not show any significant difference ($P > .05$) by Tukey's test. Averages within the same column followed by the same upper case did not show any significant difference ($P > .05$) by Tukey's test. Control: 20% pork back fat; R25, R50, R75 and R100: 25, 50, 75 and 100% substitution of pork back fat by oleogel¹, respectively.

¹Oleogel: pork skin: water: high oleic sunflower oil (1.5:1.5:1).

SEM- Standard error of the mean.

P-value: *** ($P < .001$), ** ($P < .01$), * ($P < .05$), n.s. (not significant).

sausages ranged from 6.17 to 6.38 (Table 3), since the R50, R75, and R100 treatments exhibited lower pH values compared to the control group, probably due to the low pH of the oleogel. The decrease in pH values was also reported by Alves et al. (2016), who studied the replacement of 80 and 100% of pork back fat by pork skin and green banana flour in Bologna sausages. The pH values increased from 0.11 to 0.19 units after 35 days of storage. This fact can be attributed to ammonia production due to increased proteolysis during storage (dos Santos et al., 2015). However, pH values for all treatments remained within the acceptable range for this type of meat product (de Almeida et al., 2015).

One of the great problems of the addition of vegetable oils to meat products is the increase in lipid oxidation (Saldaña et al., 2015), once most of these oils have a high content of unsaturated fatty acids, which impairs the addition of vegetable oils in meat products. However, in our study, the modified sausages showed significantly lower TBARS values compared to the control batch during the storage (Table 3). In addition

Table 4

Effect of the partial and total replacement of pork back fat by oleogel from high oleic sunflower oil gel on fatty acids profile (expressed as g/100 g of fatty acids) of Bologna-type sausages (mean of three replicates).

	Control	R25	R50	R75	R100	SEM	Sig.
C14:0	2.37 ^a	2.39 ^a	2.26 ^a	2.29 ^a	1.56 ^b	0.09	***
C14:1	0.15 ^c	0.19 ^{bc}	0.21 ^b	0.22 ^{ab}	0.27 ^a	0.01	**
C15:0	0.51 ^a	0.38 ^{ab}	0.28 ^b	0.27 ^b	0.26 ^b	0.03	**
C15:1	0.28 ^a	0.30 ^a	0.28 ^a	0.30 ^a	0.33 ^a	0.01	n.s.
C16:0	22.4 ^a	22.36 ^a	21.78 ^a	21.51 ^a	20.86 ^a	0.22	n.s.
C16:1	2.77 ^a	2.70 ^a	2.64 ^a	2.35 ^b	2.20 ^b	0.06	*
C17:0	0.55 ^a	0.58 ^a	0.56 ^a	0.55 ^a	0.50 ^b	0.01	n.s.
C18:0	10.52 ^a	10.55 ^a	10.21 ^a	8.00 ^b	6.55 ^c	0.44	**
C18:1 9T	1.63 ^a	0.51 ^b	0.39 ^b	0.36 ^b	0.32 ^b	0.13	***
C18:1 9C	42.36 ^c	43.78 ^d	46.08 ^c	48.71 ^b	51.32 ^a	0.87	***
C18:2	14.19 ^a	13.79 ^{ab}	12.98 ^b	13.36 ^b	13.65 ^b	0.14	*
C18:3	0.96 ^{ab}	1.00 ^a	0.91 ^{bc}	0.86 ^c	0.95 ^{ab}	0.01	**
C20:1	0.58 ^a	0.58 ^a	0.56 ^a	0.47 ^b	0.47 ^b	0.01	**
C20:2	0.23 ^a	0.18 ^a	0.18 ^{ab}	0.13 ^{bc}	0.11 ^c	0.01	***
C20:3	0.20 ^a	0.18 ^{ab}	0.15 ^{ab}	0.14 ^b	0.17 ^{ab}	0.01	**
C20:4	0.33 ^a	0.33 ^a	0.31 ^a	0.23 ^b	0.23 ^b	0.01	**
C22:0	0.17 ^c	0.19 ^c	0.23 ^{bc}	0.29 ^b	0.40 ^a	0.02	***
ΣSFA	36.52 ^a	36.45 ^a	35.32 ^a	32.91 ^b	30.12 ^c	0.66	***
ΣMUFA	47.77 ^d	48.06 ^d	50.15 ^c	52.42 ^b	54.91 ^a	0.73	***
ΣPUFA	15.91 ^a	15.48 ^{ab}	14.53 ^b	14.71 ^b	15.10 ^b	0.16	**
PUFA/SFA	0.44 ^{ab}	0.42 ^{ab}	0.41 ^b	0.45 ^{ab}	0.50 ^a	0.01	***
n-6/n-3	15.37 ^a	14.30 ^a	14.84 ^a	15.94 ^a	14.88 ^a	0.21	n.s.
AI	0.50 ^a	0.50 ^a	0.48 ^{ab}	0.46 ^b	0.39 ^c	0.01	**
TI	0.51 ^a	0.52 ^a	0.52 ^a	0.47 ^b	0.41 ^c	0.01	***

^{a-c}Mean values in the same row not followed by a common letter differ significantly ($P < .05$).

Control: 20% pork back fat; R25, R50, R75 and R100: 25, 50, 75 and 100% substitution of pork back fat by oleogel¹, respectively.

¹Oleogel: pork skin: water: high oleic sunflower oil (1.5:1.5:1).

SEM- Standard error of the mean.

P-value: *** ($P < .001$), ** ($P < .01$), * ($P < .05$), n.s. (not significant).

SFA = saturated fatty acids; MUFA = monounsaturated fatty acids; PUFA = polyunsaturated fatty acids; n-6 = omega-6; n-3 = omega-3. AI: atherogenic index; TI: thrombogenic index.

to presenting a lower fat content (Table 2), the modified treatments also presented a lower proportion of PUFA in the lipid fraction compared to the control (Table 4), which explains the lower oxidation found in these treatments. Although, a slight increase in TBARS values was observed during storage time, the malonaldehyde level did not exceed the limit of sensory perception of lipid oxidation for all treatments studied (Gray & Pearson, 1987).

The lipid reformulation did not affect the Aw values of the Bologna sausages ($P > .05$), which varied from 0.97 to 0.98 throughout the storage time (data not shown), which is normal value for this type of meat product (Orsolin, Steffens, Dalla-Rosa, & Steffens, 2015).

The fatty acid profile of the lipid fraction of Bologna sausages is summarized in Table 4. Palmitic acid (C16: 0) and stearic acid (C18: 0) were, in quantitative terms, the main SFA found in the lipid fraction of the samples. The lipid fraction of the R75 and R100 treatments presented a lower stearic acid content ($P < .01$) than control group. This fact contributed to the reduction of the total SFA ($P < .001$) in the lipid fraction of these modified sausages compared to the control batch. A similar reduction was also found by Asuming-Bediako et al. (2014), who studied the replacement of pork back fat by HOSO in sausages. When transforming the amount of SFA found in the lipid fraction for the amount present in the product, it can be founded that the control had 8.34% of SFA. As compared with the control, the SFA reduction in the treatments R25, R50, R75 and R100 was about 15.8%, 30.9%, 57.4%, and 71.9%, respectively. Therefore, the treatments R50, R75 and R100 can be claimed as "reduced in saturated fat" as they reached a reduction of > 30% in SFA content (European Parliament, 2006).

Oleic acid (C18: 1n-9c) was the major MUFA found in the lipid fraction of Bologna sausages. A significant increase in this fatty acid

Table 5
Results of consumer study ($n = 100$) of low-fat Bologna-type sausages formulations with oleogel from high oleic sunflower oil gels.

	Batches					SEM	Sig.
	Control	R25	R50	R75	R100		
Color	7.4 ^a	7.3 ^a	7.1 ^{ab}	6.5 ^c	6.6 ^{bc}	0.2	***
Aroma	7.2 ^a	7.0 ^{ab}	6.8 ^{ab}	6.5 ^b	6.6 ^b	0.2	*
Flavor	7.3 ^a	7.2 ^a	6.9 ^a	5.9 ^b	6.1 ^b	0.2	***
Texture	7.2 ^a	7.2 ^a	6.5 ^a	5.7 ^b	5.6 ^b	0.3	***
Overall acceptability	7.4 ^a	7.2 ^a	7.0 ^a	6.0 ^b	6.0 ^b	0.2	***

Averages within the same line followed by the same letters did not show any significant difference ($P > .05$) by Tukey's test. Control: 20% pork back fat; R25, R50, R75 and R100: 25, 50, 75 and 100% substitution of pork back fat by oleogel¹, respectively.

¹Oleogel: pork skin: water: high oleic sunflower oil (1.5:1.5:1).

SEM- Standard error of the mean.

P-value: *** ($P < .001$), ** ($P < .01$), * ($P < .05$).

Scale: 9 points (1-disliked very much and 9-liked very much).

content with the increase in the substitution level was observed. The replacement of 25, 50, 75, and 100% of pork back fat by oleogel increased 3.35, 8.78, 14.99, and 21.15% oleic acid levels in the lipid fraction of the Bologna sausages, probably due to the high amount of oleic acid presented in the oleogel ($70.8 \pm 0.32 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$). These results suggest that the inclusion of oleogel in the Bologna sausage formulations has conferred healthier characteristics, once the frequent and moderate consumption of oleic acid reduces the risk factors related to the emergence of cardiovascular diseases, such as obesity, hypertension, and cholesterol (Kris-Etherton et al., 1999; Lopez-Huertaa,

2010; López-Miranda et al., 2010; Mensink, Zock, Kester, & Katan, 2003).

Linoleic acid (C18: 2n6c) was the major PUFA found in the lipid fraction of the Bologna sausages. The R50, R75, and R100 treatments presented a lower ($P < .001$) linoleic acid level compared to control group. This result can be attributed to the lower amount of linoleic acid present in the lipid fraction of the oleogel compared to the pork back fat ($11.09\% \pm 0.31$ vs. 22.61 ± 0.42 , for oleogel and pork back fat, respectively, $P < .001$). However, the decrease in linoleic acid was not sufficient to decrease the $n-6/n-3$ ratio of the Bologna sausages. Although the lipid reformulation did not affect the PUFA/SFA ratio, the replacement of 75 and 100% of pork back fat by oleogel provided a significant reduction of the atherogenicity (AI) and thrombogenicity (TI) indices. This fact is beneficial to the nutritional quality of the product because low AI and TI values indicate high quantities of anti-atherogenic fatty acids, which can preventing coronary diseases (Saygi, Ercoşkun, & Şahin, 2018).

Table 5 shows the results of the sensory evaluation. The R75 and R100 treatments received significantly lower scores for the attribute color ($P < .001$) compared to control batch, probably due to the lower redness (a^*) and higher yellowness (b^*) found in R75 and R100 sausages. The R75 and R100 batches also received significantly lower scores for the texture acceptability ($P < .001$). The other attributes analyzed (aroma, flavor, and overall acceptance) were also affected by the substitution of 75 and 100% of pork back fat by oleogel. On the other hand, no significant ($P > .05$) differences were observed between control and R25 and R50 groups for all sensory attributes analyzed (color, aroma, flavor, texture, and overall acceptance). Thus, these results suggests that the oleogel can replace up to 50% pork back fat, without negatively affecting the acceptance of the main sensory

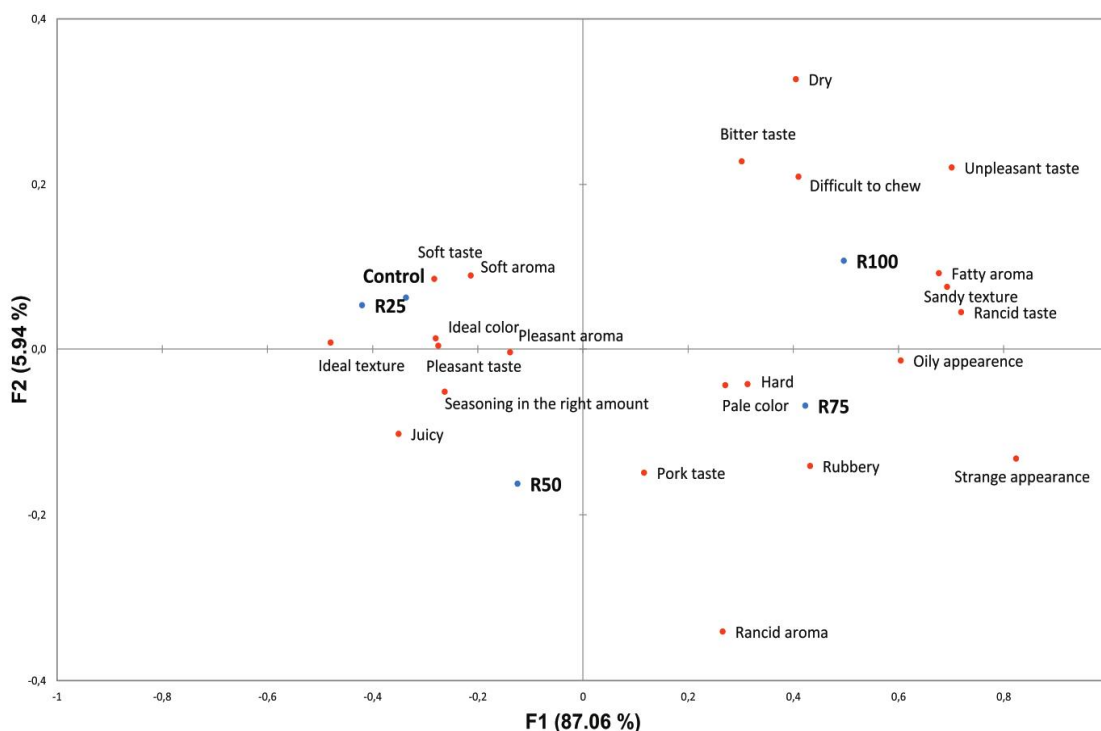


Fig. 1. Representation of the samples and the terms in the first and second dimensions of correspondence analysis performed on check-all-that-apply (CATA) data. Batches: Control: 20% pork back fat; R25, R50, R75, and R100: 25, 50, 75, and 100% substitution of pork back fat by oleogel¹, respectively. ¹Oleogel: pork skin: water: high oleic sunflower oil (1.5:1.5:1).

attributes of Bologna-type sausages.

The representation of the samples and the terms in the first and second dimensions of correspondence analysis (CA) performed on data questions check-all-that-apply (CATA) is shown in Fig. 1. The CA accounted for 93% of the total variance, most of which explained by the first dimension (F1: 87.06%). The treatments were separated into two distinct groups in F1. The group located in the F1 negative quadrant was formed by control and sausages prepared with 25 (R25) and 50% (R50) substitution of pork back fat by oleogel, while the other treatments (R75 and R100) were grouped in the F1 positive quadrant.

The control and R25 and R50 treatments were characterized by the positive descriptors ideal texture, juicy, seasoning in the right amount, pleasant taste, pleasant aroma, ideal color, soft aroma, and soft flavor. These descriptors are in agreement with the great sensory acceptance of these treatments (Table 5). The R75 and R100 treatments were characterized by the descriptors related negatively to texture, such as rubbery, sandy texture, difficult to chew, dry, and hard. In addition, they were also characterized by the descriptors negatively related to color (pale color, strange appearance, and oily appearance), flavor (rancid taste, pork taste, unpleasant taste, and bitter taste) and aroma (rancid aroma and fatty aroma). These sensory descriptors were well correlated with the low sensory acceptance of R75 and R100 treatments (Table 5). Thus, the results of the CATA test demonstrated that the replacement of up to 50% of pork back fat by oleogel did not modify the sensory profile of the Bologna-type sausages. On the other hand, the replacement over 50% pork back fat by oleogel should be performed with caution as it may impair important sensory attributes. Further studies should be performed to determine if the decrease in sensory quality of R75 and R100 treatments was caused by the reduction in pork back fat and oil increase, or if this is a more complex result caused by the components present in the oleogel.

4. Conclusion

The results showed that the substitution of pork back fat by oleogel from HOSO may be a viable alternative for the manufacture of Bologna-type sausages since it was possible to reduce the fat and cholesterol levels and improve the fatty acid profile. In addition to these nutritional benefits, the lipid reformulation enhanced the technological quality and did not increase the lipid oxidation of Bologna sausages. However, a replacement up to 50% of pork back fat by oleogel from HOSO is recommended, as the sensory quality of the Bologna sausages was impaired above this percentage.

Acknowledgements

This study was financed in part by the *Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001*. José M. Lorenzo is member of the MARCARNE network, funded by CYTED (ref. 116RT0503).

References

- 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. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.06.012>.
- Alves, L. A. A. S., Lorenzo, J. M., Gonçalves, C. A. A., Santos, B. A., Heck, R. T., Cichoski, A. J., & Campagnol, P. C. B. (2016). Production of healthier Bologna type sausages using pork skin and green banana flour as fat replacers. *Meat Science*, *121*, 73–78. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.06.001>.
- Anderson, E. T., & Berry, B. W. (2001). Effects on inner pea fiber on fat retention and cooking yield in high fat ground beef. *Food Research International*, *34*(8), 689–694. [https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(01\)00089-8](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(01)00089-8).
- AOAC (2006). *Official methods of analysis* (18th ed.). Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.
- Asuming-Bediako, N., Jaspal, M. H., Hallett, K., Bayntun, J., Baker, A., & Sheard, P. R. (2014). Effects of replacing pork backfat with emulsified vegetable oil on fatty acid composition and quality of UK-style sausages. *Meat Science*, *96*(1), 187–194. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.06.031>.
- Bligh, E. C., & Dyer, W. J. (1959). A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, *37*, 911–918. <https://doi.org/10.1139/o59-099>.
- Bourne, M. (2002). Food texture and viscosity: Concept and measurement. In M. Bourne (Ed.), *Principles of objective texture measurement* (pp. 107–188). London: Academic press.
- Brazil (2000). Ministério da Agricultura do Abastecimento e da Reforma Agrária. Secretaria de Defesa Agropecuária. *Instrução Normativa*, no. 4, de 31/03/2000. Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade de Carne Mecanicamente Separada, de Mortadela, Lingüiça e Salsicha. [Ministry of Agriculture, Livestock and Supply. *Normative Instruction*, no. 4, from 31/03/2000. Technical regulation to set the Identity and quality of mechanically recovered meat, mortadella, sausage and fresh sausage]. *Diário Oficial da União [Official Journal of the Union]*, 6–10 Brasília, DF, April 5, 2000, seção 1.
- Cáceres, E., García, M. L., Toro, J., & Selgas, M. D. (2004). The effect of fructooligosaccharides on the sensory characteristics of cooked sausages. *Meat Science*, *68*(1), 87–96.
- Choe, J. H., Kim, H. Y., Lee, J. M., Kim, Y. J., & Kim, C. J. (2013). Quality of frankfurter-type sausages with added pig skin and wheat fiber mixture as fat replacers. *Meat Science*, *93*(4), 849–854. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.11.054>.
- Christie, W. W. (1989). A simple procedure for rapid transmethylation of glycerolipids and cholesteryl esters. *Journal of Lipid Research*, *23*(7), 1072–1075.
- Cofrades, S., Antoniou, I., Solas, M. T., Herrero, A. M., & Jiménez-Colmenero, F. (2013). Preparation and impact of multiple (water-in-oil-in-water) emulsions in meat systems. *Food Chemistry*, *141*(1), 338–346. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.02.097>.
- Cofrades, S., Santos-López, J. A., Freire, M., Benedí, J., Sánchez-Muniz, F. J., & Jiménez-Colmenero, F. (2014). Oxidative stability of meat systems made with W1/O/W2 emulsions prepared with hydroxytyrosol and chia oil as lipid phase. *LWT - Food Science and Technology*, *59*(2), 941–947. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.06.051>.
- Dominguez, R., Agregán, R., Gonçalves, A., & Lorenzo, J. M. (2016). Effect of fat replacement by olive oil on the physico-chemical properties, fatty acids, cholesterol and tocopherol content of pâté. *Grasas y Aceites*, *67*, e133. <https://doi.org/10.3989/gya.0629152>.
- Dominguez, R., Pateiro, M., Agregán, R., & Lorenzo, J. M. (2017). Effect of the partial replacement of pork backfat by microencapsulated fish oil or mixed fish and olive oil on the quality of frankfurter type sausage. *Journal of Food Science and Technology*, *54*, 26–37. <https://doi.org/10.1007/s13197-016-2405-7>.
- Dominguez, R., Pateiro, M., Munekata, P. E. S., Campagnol, P. C. B., & Lorenzo, J. M. (2017). Influence of partial pork backfat replacement by fish oil on nutritional and technological properties of liver pâté. *European Journal of Lipid Science and Technology*, *119*, 1600178. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201600178>.
- dos Santos, B. A., Campagnol, P. C. B., Cavalcanti, R. N., Pacheco, M. T. B., Netto, F. M., Motta, E. M. P., ... Pollonio, M. A. R. (2015). Impact of sodium chloride replacement by salt substitutes on the proteolysis and rheological properties of dry fermented sausages. *Journal of Food Engineering*, *151*, 16–24.
- European Parliament (2006). Regulation (EC) no 1924/2006 of the European Parliament and of the council of 20 December 2006 on Nutrition and Health claims made on Foods. *Official Journal of the European Union*, L 404/9–L 404/25.
- Fagundes, D. T. O., Lorenzo, J. M., Dos Santos, B. A., Fagundes, M. B., Heck, R. T., Cichoski, A. J., ... Campagnol, P. C. B. (2017). Pork skin and canola oil as strategy to confer technological and nutritional advantages to burgers. *Journal of Food Sciences*, *35*(4), 352–359. <https://doi.org/10.17221/67/2017-CJFS>.
- Faria, M. O., Cipriano, T. M., Cruz, A. G., Santos, B. A., 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. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.02.002>.
- Feiner, G. (2006). *Meat Products Handbook*. New York: CRC Press, Inc.
- Giacomozzi, A. S., Carrin, M. E., & Palla, C. A. (2018). Muffins elaborated with optimized monoglycerides oleogels: From solid fat replacer obtention to product quality evaluation. *Journal of Food Science*, *83*(6), 1505–1515. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14174>.
- Gray, J. I., & Pearson, A. M. (1987). Rancidity and warmed over flavor. In A. M. Pearson, & T. T. Dutson (Eds.), *Advances in Meat Research, Restructured Meat and Poultry Products* (pp. 221–269). New York: Van Nostrand Reinhold Co.
- Heck, R. T., Vendruscolo, R. G., de Araújo Etchepare, M., Cichoski, A. J., de Menezes, C. R., Barin, J. S., ... Campagnol, P. C. B. (2017). Is it possible to produce a low-fat burger with a healthy n – 6/n – 3 PUFA ratio without affecting the technological and sensory properties? *Meat Science*, *130*, 16–25. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.03.010>.
- Instituto Adolfo Lutz (IAL) (2005). *Analytical Standards: Physical-Chemical Methods for Food Analysis* (4th ed.). Brasília, Brazil.
- Jiménez-Colmenero, F., Ayo, M. J., & Carballo, J. (2005). Physicochemical properties of low sodium frankfurter with added walnut: Effect of transglutaminase combined with caseinate, KCl and dietary fibre as salt replacers. *Meat Science*, *69*(4), 781–788. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2004.11.011>.
- Kris-Etherton, P. M., Pearson, T. A., Wan, Y., Hargrove, R. L., Moriarty, K., Fishell, V., & Etherton, T. D. (1999). High-monounsaturated fatty acid diets lower both plasma cholesterol and triacylglycerol concentrations. *The American Journal of Clinical Nutrition*, *70*(6), 1009–1015. <https://doi.org/10.1093/ajcn/70.6.1009>.
- Lopez-Huertas, E. (2010). Health effects of oleic acid and long chain omega-3 fatty acids (EPA and DHA) enriched milks. A review of intervention studies. *Pharmacological Research*, *61*(3), 200–207. <https://doi.org/10.1016/j.phrs.2009.10.007>.
- López-Miranda, J., Pérez-Jiménez, F., Ros, E., De Caterina, R., Badimón, L., Covas, M. I.,

- ... Yiannakouris, N. (2010). Olive oil and health: Summary of the II international conference on olive oil and health consensus report, Jaen and Cordoba (Spain) 2008. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 20(4), 284–294. <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2009.12.007>.
- Lorenzo, J. M., Munekata, P. E. S., Pateiro, M., Campagnol, P. C. B., & Domínguez, R. (2016). Healthy Spanish salchichón enriched with encapsulated n-3 long chain fatty acids in konjac glucomannan matrix. *Food Research International*, 89, 289–295. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.08.012>.
- Mensink, R. P., Zock, P. L., Kester, A. D., & Katan, M. B. (2003). Effects of dietary fatty acids and carbohydrates on the ratio of serum total to HDL cholesterol and on serum lipids and apolipoproteins: A meta-analysis of 60 controlled trials. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 77(5), 1146–1155. <https://doi.org/10.1093/ajcn/77.5.1146>.
- Muguerza, E., Gimeno, O., Ansorena, D., Bloukas, J. G., & Astiasarán, I. (2001). Effect of replacing pork backfat with pre-emulsified olive oil on lipid fraction and sensory quality of Chorizo de Pamplona- a traditional Spanish fermented sausage. *Meat Science*, 59(3), 251–258. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(01\)00075-4](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(01)00075-4).
- Orsolin, D., Steffens, C., Dalla-Rosa, C., & Steffens, J. (2015). Reduction of mortadella cooking time and evaluation of the final product quality. *Ciência Animal Brasileira*, 16(4), 589–597. <https://doi.org/10.1590/1089-6891v16i430548>.
- Parks, L. L., & Carpenter, J. A. (1987). Functionality of six non meat proteins in meat emulsion systems. *Journal of Food Science*, 52(2), 271–274. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1987.tb06590.x>.
- Pehlivanoglu, H., Ozulku, G., Yildirim, R. M., Demirci, M., Toker, O. S., & Sagdic, O. (2018). Investigating the usage of unsaturated fatty acid-rich and low-calorie oleogels as a shortening mimetics in cake. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(6), e13621. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13621>.
- Raharjo, S., Sofos, N. J., & Schmidt, R. G. (1992). Improved speed, specificity, and limit of determination of an aqueous acid extraction thiobarbituric acid-C18 method for measuring lipid peroxidation in beef. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40(11), 2182–2185. <https://doi.org/10.1021/jf00023a027>.
- Ramos, E. M., & Gomide, L. A. M. (2007). *Avaliação da qualidade de carne: fundamentos e metodologias*. Viçosa-MG: Editora UFV.
- Ros, E. (2010). Health benefits of nut consumption. *Nutrients*, 2(7), 652–682. <https://doi.org/10.3390/nu2070652> (ISSN 2072-6643).
- Saldaña, E., Garcia, A. O., Selani, M. M., Haguwiwara, M. M. H., 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. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.11.027>.
- Saldaña, E., Lemos, A. L. S. C., Selani, M. M., Spada, F. P., Almeida, M. A., & 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. <https://doi.org/10.1590/0103-9016-2014-0387>.
- Saldanha, T., Mazalli, M. R., & Bragagnollo, N. (2004). Comparative evaluation of two methods for the determination of cholesterol in meat and milk. *Food Science and Technology*, 24(1), 109–113. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612004000100020>.
- Sales-Campos, H., Souza, P. R., Peghini, B. C., Silva, J. S., & Cardoso, C. R. (2013). An overview of the modulatory effects of oleic acid in health and disease. *Mini-Reviews in Medicinal Chemistry*, 13(2), 201–210. <https://doi.org/10.2174/138955713804805193>.
- Saygi, D., Eroçkun, H., & Şahin, E. (2018). Hazelnut as functional food component and fat replacer in fermented sausage. *Journal of Food Science and Technology*, 55(9), 3385–3390. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3129-7>.
- Schwingshackl, L., & Hoffmann, G. (2012). Monounsaturated fatty acids and risk of cardiovascular disease: Synopsis of the evidence available from systematic reviews and meta-analyses. *Nutrients*, 4(12), 1989–2007. <https://doi.org/10.3390/nu4121989>.
- Shan, B., Cai, Y. Z., Brooks, J. D., & Corke, H. (2009). Antibacterial and antioxidant effects of five spice and herb extracts as natural preservatives of raw pork. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89(11), 1879–1885. <https://doi.org/10.1002/jsfa.3667>.
- Vidal, L., Tarrega, A., Antunez, L., Ares, G., & Jaeger, S. R. (2015). Comparison of correspondence analysis based on Hellinger and chi-square distances to obtain sensory spaces from check-all-that-apply (CATA) questions. *Food Quality and Preference*, 43, 106–112. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2015.03.003>.
- Visentainer, J. V. (2012). Aspectos analíticos da resposta do detector de ionização em cama para ésteres de ácidos graxos em biodiesel e alimentos. *Química Nova*, 35(2), 274–279. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422012000200008>.
- Wolfer, T. L., Acevedo, N. C., Prusa, K. J., Sebranek, J. G., & Tarté, R. (2018). Replacement of pork fat in frankfurter-type sausages by soybean oil oleogels structured with rice bran wax. *Meat Science*, 145, 352–362. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.07.012>.
- Yunes, J. F. F., Terra, N. N., Cavaleiro, C. P., Fries, L. L. M., Godoy, H. T., & Ballus, C. A. (2013). Perfil de ácidos graxos e teor de colesterol de mortadela elaborada com óleos vegetais. *Ciência Rural*, 43(5), 924–929. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782013005000038>.

ARTIGO 2

Efeito da substituição de NaCl por KCl e da adição de arginina e histidina nas características tecnológicas e sensoriais de mortadelas com reduzido teor de gordura

Manuscrito a ser submetido para o periódico Meat Science (A1)

Efeito da substituição de NaCl por KCl e da adição de arginina e histidina nas características tecnológicas e sensoriais de mortadelas com reduzido teor de gordura

Resumo

Mortadelas com reduzido teor de gordura foram elaboradas com substituição de 60% de NaCl por KCl e com adição isolada ou combinada de arginina e histidina. As propriedades tecnológicas e sensoriais foram avaliadas. A substituição de NaCl por KCl não afetou significativamente os valores de L*, a* e b* e o perfil de textura. No entanto, a estabilidade da emulsão e a qualidade sensorial foram prejudicadas. A adição isolada ou combinada de arginina e histidina foi eficiente para diminuir os defeitos causados pela adição do KCl. Assim, os resultados deste estudo demonstraram que mortadelas com características tecnológicas e sensoriais aceitáveis e com reduzido teor de sódio ($\approx 40\%$) podem ser produzidas utilizando 1,0% de NaCl, 1,5% de KCl, 1% de arginina e 0,2% de histidina.

Palavras-chave: redução de sódio, aminoácidos, estabilidade da emulsão, perfil de textura, CATA.

1 Introdução

O consumo elevado de alimentos contendo altas taxas de gorduras saturadas e sódio são considerados fatores precursores de doenças crônicas, sendo motivos de preocupação das agências reguladoras de saúde pública de vários países, que recomendam redução de sódio e gordura em produtos alimentícios (Asaria et al., 2007; Iser et al., 2011). Vários estudos mostraram relação elevada entre a ingestão de sódio com a hipertensão (Law et al., 1991). Insuficiência cardíaca e doença renal também estão relacionadas ao alto consumo de sódio (Parpia et al., 2018). Pacientes que são diagnosticados com estas doenças crônicas são orientados a reduzir a ingestão de sódio, além de tentar buscar alimentos alternativos.

Diminuir o teor de sódio e gordura dos produtos cárneos para melhorar a saúde dos consumidores, tornou-se uma importante área de estudo (Doyle & Glass, 2010). Países estão se dedicando cada vez mais em reduzir a ingestão destes ingredientes, especificando aos fabricantes de alimentos processados tal redução (Mohan et al., 2009; Henney et al., 2010). O uso de cloreto de sódio em produtos cárneos emulsionados é frequentemente adicionado para melhorar o sabor, inibir o crescimento de microrganismos deteriorantes e melhorar as propriedades geleificantes (Durack et al., 2008). Além disso, tem a função de melhorar a textura dos alimentos (Verma & Banerjee, 2012). A extração das proteínas miofibrilares é facilitada com o uso do sal, que acarreta em maior aprisionamento da água e gordura contribuindo para que as propriedades emulsificantes tão desejadas sejam alcançadas, além dos atributos sensoriais (Tobin et al., 2012).

Achar um substituto que mantenha as propriedades funcionais dos alimentos é um grande desafio para a indústria. Diversas abordagens estão sendo adotadas para desenvolver produtos mais saudáveis, incluindo a substituição parcial do sal por outros ingredientes (Tseng et al., 2000; Ruusunen & Puolanne, 2005; Weiss et al., 2010; Horita et al., 2011; Bonfim et al., 2015; Silva et al., 2019). Um dos ingredientes que está sendo bastante utilizado para a substituição de sódio em alimentos é o cloreto de potássio (Dotsch et al., 2009). Estudos publicados evidenciam que dietas ricas em potássio oriundos do consumo de frutas, vegetais e produtos lácteos com reduzido teor de gordura, têm relação direta e significativa sobre a redução da pressão arterial, podendo ser mais saudável para a população (Henney et al., 2010). Carraro et al. (2012) concluíram que a substituição de 50% NaCl por KCl e adição de ervas e especiarias funcionais resultou em um produto com qualidade satisfatória e segurança microbiológica. Porém ao se adicionar o cloreto de potássio, o amargor ficou mais evidente.

O uso de aminoácidos para melhorar as propriedades funcionais das proteínas cárneas tem recebido bastante atenção por pesquisadores. L-lisina e L-arginina aumentaram a solubilidade da miosina em baixas concentrações de KCl/ NaCl (Takai et al., 2013; Guo et al., 2015), melhoraram a textura e capacidade de retenção de água dos produtos cárneos (Zhou et al., 2014; Qin et al., 2015). Além disso, aminoácidos como a arginina e a histidina podem contribuir para reduzir o sabor amargo e aumentar o sabor salgado do NaCl através de interações entre os componentes (Zhang et al., 2014). Fisiologicamente, L-arginina é útil no tratamento e prevenção de doenças cardiovasculares, incluindo hipertensão e alguns distúrbios renais (Pamarin Waimaleongora-Ek, 2006).

Devido a mortadela ser muito consumida e apreciada em todo o mundo, este produto cárneo constitui uma fonte significativa de sódio para a população. Portanto, estudos de reformulação da mortadela são necessários, do ponto de vista da saúde pública. Porém, não há relatos na literatura sobre a aplicação de histidina e arginina em produtos cárneos, como mortadela, evidenciando a originalidade do presente estudo. O objetivo desta pesquisa foi estudar o efeito da substituição de NaCl por KCl e da adição de arginina e histidina nas características tecnológicas e sensoriais de mortadelas com reduzido teor de gordura.

2 Materiais e métodos

2.1 Elaboração das mortadelas

Mortadelas com reduzido teor de gordura foram elaboradas de acordo com a formulação otimizada por Silva et al. (2019). A mortadela controle (Control_{NaCl}) foi elaborada com 2,5% de NaCl. Nos demais tratamentos foi realizada uma substituição de 60% de NaCl por KCl e se adicionou 1% de arginina e/ou 0,2% de histidina (Tabela 1). A carne, o oleogel e o toucinho foram moídos separadamente (Modelo PJ22, Jamar Ltda. São Paulo, Brasil) em disco de 3 mm de diâmetro, sendo posteriormente homogeneizados no *cutter* juntamente com os demais ingredientes. A temperatura da massa cárnea não excedeu 12 °C durante a homogeneização. Finalizada a mistura, a massa cárnea foi embutida em tripas plásticas (60 mm diâmetro, 0,4 kg de produto) impermeáveis a água (Viskase, São Paulo, Brazil). As mortadelas foram cozidas em água a 60 °C por 30 minutos, 70 °C por 30 minutos e 80 °C até a temperatura interna alcançar 72 °C. Finalizado o cozimento, as mortadelas foram resfriadas a 4 °C em banho de gelo e embaladas à vácuo em embalagens de polietileno de baixa densidade (16 micras de espessura). As mortadelas foram armazenadas a 41 °C durante 7 dias.

2.2 Composição centesimal

A umidade, gordura, proteína e cinzas das mortadelas foram determinados em triplicata conforme metodologia descrita pela Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2006). A temperatura de 105 °C foi utilizada para determinar o conteúdo de umidade das amostras. Através do processo de digestão ácida pelo método Macro-Kjeldahl foi obtido o teor de nitrogênio que foi multiplicado por 6,25 para determinação do teor de proteína. Através do Soxhlet determinou-se o percentual de gordura e as cinzas foram determinadas através da incineração em mufla a 550 °C.

2.3 Determinação de sódio e potássio

A quantificação de sódio e potássio foi realizada em triplicata segundo metodologia descrita pela (AOAC, 2006) usando um espectrômetro de emissão com fonte de plasma com acoplamento indutivo (ICP OES) (Agilent, modelo 5100 VDV ICP OES, Agilent Technologies, Tóquio, Japão). As condições operacionais do equipamento ICP OES foram as seguintes: potência: 1200 W; Vazão de nebulização: 0,7 L min⁻¹; Fluxo de argônio principal e auxiliar: 12 e 1 L min⁻¹; Tempo de estabilização e de leitura: 15 e 7 s; número de replicatas: 3. Os comprimentos de onda (nm) usados foram: Na (589,592) e K (766,491).

2.4 Estabilidade da emulsão

Três béqueres de cada tratamento foram colocados em estufa a 105°C durante 30 minutos, resfriados em dessecador por 20 minutos e pesados. Separadamente, foram pesados em tubos Falcons aproximadamente 5 g de amostra e centrifugados durante 5 minutos a 3000 rpm. Após, os tubos foram colocados em banho de água fervente por 40 minutos, e resfriados por aproximadamente 1 hora. O líquido liberado dos tubos foi adicionado ao béquer previamente pesado e levados à estufa na temperatura de 105°C por 24 horas, sendo resfriados em dessecador e pesados (Jiménez-Colmenero et al., 2005). Os resultados foram expressos em percentual sobre o peso da amostra, através dos seguintes cálculos: (%) Gordura Liberada: $(\text{Peso da gordura liberada}/\text{Peso da amostra}) \times 100$; (%) Água Liberada: $(\text{Peso da água liberada}/\text{Peso da amostra}) \times 100$.

2.5 Determinação da cor instrumental

Utilizou-se o sistema da Comissão Internacional de Iluminação (CIE) e a leitura foi realizada em um colorímetro (Spectrophotometer CM-700D) calibrado em placa de calibração branca (Ramos e Gomide, 2007). Foi utilizado o iluminante A com ângulo de observação de 10°. Nove leituras em diferentes pontos da superfície de cada tratamento foram efetuadas e determinados os valores de L*, a* e b*.

2.6 Análise do perfil de textura

A análise foi realizada com nove repetições de cada tratamento. As amostras foram cortadas em cubos com dimensões de 2 cm de altura e 2 cm de largura. O perfil de textura foi realizado através de texturômetro TA-TX2 (Stable Micro Systems Ltd., Surrey, Inglaterra). As amostras sofreram uma compressão de 50% da altura original com uma probe cilíndrica de alumínio com 45 mm de diâmetro, movendo-se a uma velocidade constante de 1 mm/s. Os resultados foram obtidos através de uma curva força x tempo, sendo calculados os parâmetros de dureza (N/cm^2), elasticidade (cm), coesividade e mastigabilidade (N/cm).

2.7 Análises sensoriais

A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Santa Maria (RS, Brasil), sob o número CAAE: 47441915.3.0000.5346. As análises sensoriais das mortadelas foram realizadas no 7º dia de armazenamento a 4°C, com 100 consumidores habituais de produtos cárneos (59 mulheres e 41 homens; 18 a 65 anos). As mortadelas foram cortadas em fatias de aproximadamente 0,5 cm de espessura. As amostras foram servidas aos consumidores em pratos de cerâmica brancos, codificados com números de três dígitos, em ordem monádica e aleatória, acompanhados com água e fatias de pão tipo “bisnaga” que foram utilizadas pelos consumidores entre as amostras para limpeza das papilas gustativas. Todos os participantes antes da avaliação foram instruídos a ler e assinar o termo de Consentimento Livre Esclarecido.

A aceitação das amostras foi verificada através do teste afetivo de aceitabilidade utilizando uma escala hedônica estruturada de 9 pontos (9- Gostei muitíssimo e 1- Desgostei muitíssimo). As amostras foram avaliadas com relação a cinco atributos: cor, aroma, sabor, textura e aceitação global.

Os consumidores também foram convidados a preencher um questionário check- all-that-apply (CATA) com 23 descrições relacionadas às características sensoriais de mortadelas. Os atributos sensoriais de aparência (cor pálida, cor ideal, oleoso e aspecto estranho), aroma (suave, ranço, ácido, gordura e agradável), gosto (ranço, suave, forte, amargo, agradável, desagradável e tempero na medida certa) e textura (arenosa, ideal, borrachenta, dura, seca difícil de mastigar e succulenta) foram utilizados para caracterizar o perfil sensorial das mortadelas.

2.8 Análise estatística

O experimento foi repetido três vezes ($n=3$) e os dados foram analisados através da análise de variância (Anova) usando um modelo geral linear que considerou os tratamentos como efeito fixo e as replicatas como efeito aleatório. Quando diferenças significativas foram encontradas foi aplicado o teste de Tukey ao nível de 5% de significância. Os dados foram avaliados com auxílio do programa estatístico SPSS (SPSS, Chicago, IL, USA). A análise da correspondência foi utilizada para analisar os dados do questionário CATA, considerando a distância do qui-quadrado (Vidal et al., 2015), calculada sobre a matriz contendo a frequência de uso de cada termo para cada amostra.

3 Resultados e discussão

Os valores da composição centesimal (Tabela 2) mostraram que a substituição de NaCl por KCl, arginina e/ou histidina não afetou ($P > 0,05$) os teores de umidade e gordura em relação à mortadela tradicional (Control_{NaCl}). Os tratamentos Arg e Arg+His apresentaram um teor de proteína maior ($P < 0,05$) que os demais tratamentos. Este resultado, no entanto, pode ser considerado superestimado, já que esses aminoácidos possuem cerca de 32 (arginina) e 27% (histidina) de nitrogênio em sua constituição. Os tratamentos com aminoácidos também apresentaram um teor de cinzas levemente superior ($P < 0,05$) aos tratamentos controles (Control_{NaCl} e Control_{KCl}).

Os resultados também evidenciaram que um dos principais objetivos do estudo foi alcançado, já que a quantidade de sódio dos tratamentos com substituição de NaCl por KCl foi reduzida entre 39,5 a 47,1% (Tabela 2). Dessa forma, todos os tratamentos com substituição de NaCl por KCl podem ser rotulados com a alegação “reduzido teor de sódio” (European Parliament, 2006). Além disso, a substituição parcial do NaCl por KCl aumentou em mais de 200% o teor de potássio, o que também é benéfico para a qualidade nutricional do produto.

Alves et al. (2017) reportaram que a substituição de 50% de NaCl por KCl não afetou a estabilidade da emulsão de mortadelas. Concordando com este resultado, neste estudo a exsudação de gordura não foi afetada ($P > 0,05$) pela substituição de NaCl por KCl (Tabela 2). No entanto, uma maior exsudação de água foi observada no tratamento Control_{KCl}. Este fato demonstra que a substituição de 60% de NaCl por KCl deve ser realizada com cautela, pois diminui a estabilidade da emulsão. Isto pode ser atribuído a menor capacidade de extração de proteínas miofibrilares do KCl em relação ao NaCl em virtude de sua menor força iônica (Horita et al., 2011). Os tratamentos com adição isolada de arginina (Arg) e histidina (His)

apresentaram uma estabilidade de emulsão similar ($P > 0,05$) ao $\text{Control}_{\text{NaCl}}$. Além disso, o tratamento com adição combinada de arginina e histidina (Arg+His) apresentou uma menor ($P < 0,01$) exsudação de água, e portanto, uma maior estabilidade de emulsão, que o $\text{Control}_{\text{NaCl}}$. Este fato sugere que os aminoácidos utilizados por serem de cadeia lateral hidrofílica são capazes de estabelecer pontes de hidrogênio com a água adicionada na formulação. Uma vez estabelecida esta ligação, sabe-se que a solubilidade das proteínas é afetada pelo grau de hidratação, ou seja, quanto maior a capacidade dos aminoácidos se ligarem à água, maior será a estabilidade à desnaturação, portanto, menor exsudação. Além disso, a redução do sal também aumenta a solubilidade da proteína, estabilizando as interações eletrostáticas dos grupos com cargas na superfície das proteínas (Araújo, 2011). Mais recentemente, foi relatado que a L-Arg aumentou a solubilidade da miosina suína em uma solução salina fisiológica (Guo et al., 2015) e melhorou a capacidade de retenção de água e a textura de salsichas (Zhou et al., 2014).

Os valores de L^* , a^* e b^* que expressam as intensidades de luminosidade, vermelho e amarelo, respectivamente, não foram afetados pela substituição de NaCl por KCl e pela adição de arginina e histidina (Tabela 2). Este resultado é muito positivo, pois os consumidores têm tendência a rejeitar produtos fora dos padrões de coloração tradicionais do mercado. Concordando com estes resultados, Alves et al. (2017) e Horita et al. (2011) também não encontraram diferenças nos valores de L^* , a^* e b^* de produtos cárneos emulsionados ao substituírem 50% de NaCl por KCl.

Em produtos cárneos emulsionados, a textura está relacionada com a capacidade de reter a água e a gordura durante a preparação da massa, mantendo estes constituintes mesmo após o tratamento térmico (Horita et al., 2011). A força iônica é um fator chave que influencia estas propriedades (Hamm, 1986). As concentrações de NaCl normalmente adicionadas aos produtos cárneos produzem a força iônica necessária para a dissolução e extração das proteínas miofibrilares responsáveis pela emulsificação, gelatinização e capacidade de retenção de água (Horita et al., 2011). Assim, quando o NaCl é reduzido, a quantidade de proteína extraída também pode ser diminuída (Gordon & Barbut, 1992), refletindo nas características finais da textura dos produtos triturados. Neste estudo, a substituição de 60% de NaCl por KCl não afetou significativamente o perfil de textura das mortadelas (Tabela 2). Além disso, a adição de arginina e/ou histidina também não provocou modificações importantes no perfil de textura. Concordando com estes resultados, Choi et al. (2014) e

Alves et al. (2017) também não reportaram alterações importantes no perfil de textura ao substituírem 40 e 50%, respectivamente, de NaCl por KCl em produtos similares.

Os resultados da aceitação sensorial das mortadelas com reduzido teor de gordura e sódio são apresentados na Tabela 3. Os consumidores não identificaram diferenças entre os tratamentos nos atributos de cor e textura ($P > 0,05$). Estes resultados são bem correlacionados com os dados obtidos na determinação da cor e na análise do perfil de textura (Tabela 2). O KCl é o principal substituto de NaCl em produtos cárneos. No entanto, é bem documentado que níveis a partir de 50% de substituição de NaCl por KCl diminuem a qualidade sensorial de produtos cárneos (Gelabert et al., 2003; Guardia et al., 2008; Alves et al., 2017). Neste estudo, conforme esperado, o tratamento com 60% de substituição de NaCl por KCl ($\text{Control}_{\text{KCl}}$) teve notas significativamente menores que o $\text{Control}_{\text{NaCl}}$ nos atributos de aroma, sabor e aceitação global. Por outro lado, os tratamentos com a adição isolada ou combinada de arginina e histidina não diferiram do $\text{Control}_{\text{NaCl}}$ em nenhum atributo sensorial analisado. Concordando com estes resultados, Zhou et al. (2014) reportaram uma influência positiva da adição de arginina nas características sensoriais de linguiças. Além disso, Felício et al. (2016) também reportaram que a arginina foi eficiente para minimizar o sabor metálico resultante da adição de grandes quantidades de KCl em queijos com baixo teor de sódio. Cabe destacar ainda que outros aminoácidos, como a lisina e a taurina, também já foram descritos como alternativas interessantes para melhorarem a qualidade sensorial de produtos cárneos com substituição de NaCl por KCl (Campagnol et al., 2011; Campagnol et al., 2012; Dos Santos et al., 2014; Alves et al., 2017).

Na Figura 1 estão representados os tratamentos e os termos da primeira e segunda dimensão da análise de correspondência (CA) realizada para avaliar os resultados do teste *check-all-that-apply* (CATA). A CA explicou 95,78% da variação total dos dados, sendo que a maior parte desta variação foi explicada pela primeira dimensão (F1: 91,69%). Os tratamentos foram separados na F1 em dois grupos distintos. O grupo localizado no quadrante negativo da primeira dimensão (F1) foi formado pelo tratamento $\text{Control}_{\text{NaCl}}$ e pelos tratamentos com arginina e histidina (Arg, His e Arg+His). Já o tratamento $\text{Control}_{\text{KCl}}$ ficou localizado no quadrante positivo da F1.

O tratamento $\text{Control}_{\text{KCl}}$ foi caracterizado pelos descritores pouco sal, sabor metálico, sabor adstringente, além de aroma de ranço. Estes termos são considerados negativos e são comumente relatados em trabalhos que utilizaram o KCl como substituto do NaCl (Ruusunen & Puolanne, 2005; Alves et al., 2017) e portanto, podem explicar a menor

aceitação sensorial deste tratamento (Tabela 3). Já os tratamentos Control_{NaCl}, Arg, His e Arg+His foram caracterizados por descritores positivos como sal na medida certa, sabor agradável, suculenta e textura ideal. Estes descritores são bem correlacionados com a alta aceitação sensorial destes tratamentos (Tabela 3) e demonstram que a adição de arginina e histidina mascarou a percepção dos consumidores dos principais defeitos sensoriais relacionados com a utilização de KCl como substituto do NaCl.

4 Conclusão

Pela primeira vez o efeito da utilização combinada de arginina e histidina na qualidade tecnológica e sensorial de produtos cárneos emulsionados com substituição de NaCl por KCl foi avaliado. Os resultados demonstraram que a substituição de 60% de NaCl por KCl prejudicou a estabilidade da emulsão e a qualidade sensorial. A adição isolada ou combinada de arginina e histidina foi eficiente para diminuir os defeitos causados pela adição do KCl. Desta forma, a reformulação proposta neste estudo pode ser considerada uma alternativa viável para a elaboração de produtos cárneos emulsionados com boas propriedades tecnológicas e sensoriais e com características mais saudáveis.

5 Agradecimentos

Este estudo foi financiado em parte pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) - Código Financeiro 001.

Tabela 1. Formulação das mortadelas com reduzido teor de sódio

(%)	Control _{NaCl}	Control _{KCl}	Arg	His	Arg+His
Carne bovina	72	72	72	72	72
Toucinho	10	10	10	10	10
Substituto de gordura*	10	10	10	10	10
NaCl	2,5	1	1	1	1
KCl	0	1,5	1,5	1,5	1,5
Arginina	0	0	1	0	1
Histidina	0	0	0	0,2	0,2
Fosfato de sódio	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Nitrito de sódio	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
Eritorbato de sódio	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Alho em pasta	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Coentro	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Pimenta preta	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Água gelada (0°C)	4,185	4,185	3,185	3,985	2,985
Total	100	100	100	100	100

*Pele suína: água: óleo de girassol alto oléico (1.5:1.5:1). Composição química: Carne bovina.

Tabela 2. Efeito da substituição de NaCl por KCl e aminoácidos (arginina e histidina) na composição centesimal, sódio, potássio, estabilidade da emulsão, cor e perfil de textura das mortadelas com reduzido teor de gordura

	Control_{NaCl}	Control_{KCl}	Arg	His	Arg+His	SEM	P-value
Umidade (%)	64,9 ^a	64,6 ^a	64,0 ^a	64,1 ^a	63,2 ^a	0,1	n.s.
Gordura (%)	12,1 ^a	12,1 ^a	12,6 ^a	11,8 ^a	12,3 ^a	0,2	n.s.
Proteínas (%)	18,6 ^c	18,4 ^c	20,1 ^b	18,5 ^c	20,8 ^a	0,2	***
Cinzas (%)	3,7 ^b	3,7 ^b	3,8 ^a	3,8 ^a	3,8 ^a	0,02	*
Sódio (mg/100g)	1164,2 ^a	657,4 ^b	616,2 ^b	704,1 ^b	646,1 ^b	12,1	***
Potássio (mg/100g)	293,1 ^b	977,5 ^a	994,4 ^a	950,1 ^a	1089,2 ^a	4,3	***
Estabilidade da emulsão							
Exsudação de gordura (%)	0,79 ^a	0,78 ^a	0,79 ^a	0,80 ^a	0,79 ^a	0,01	n.s.
Exsudação de água (%)	3,8 ^b	4,7 ^a	3,9 ^b	3,9 ^b	3,1 ^c	0,06	**
L*	60,1 ^a	60,9 ^a	59,3 ^a	60,8 ^a	60,6 ^a	0,8	n.s.
a*	20,1 ^a	19,8 ^a	21,2 ^a	19,6 ^a	19,7 ^a	0,7	n.s.
b*	15,7 ^a	15,6 ^a	15,7 ^a	15,4 ^a	15,2 ^a	0,4	n.s.
Dureza (N/cm²)	92,5 ^{ab}	93,2 ^{ab}	92,5 ^{ab}	91,8 ^b	93,6 ^a	0,5	*
Elasticidade (cm)	0,57 ^a	0,6 ^a	0,54 ^a	0,57 ^a	0,61 ^a	0,04	n.s.
Coesividade	0,77 ^a	0,78 ^a	0,79 ^a	0,78 ^a	0,79 ^a	0,2	n.s.
Mastigabilidade (N/cm)	61,3 ^{bc}	62,3 ^{ab}	61,6 ^{abc}	60,7 ^c	62,9 ^a	0,5	**

Médias acompanhadas pela mesma letra, na mesma linha, não apresentam diferença significativa ($P>0,05$) pelo teste de Tukey. Tratamentos: Control_{NaCl}: 2,5% NaCl; Control_{NaCl}: 1% NaCl, + 1,5% KCl; Arg: 1% NaCl + 1,5% KCl + 1% arginina; His: 1% NaCl + 1,5% KCl + 0,2% histidina; Arg: 1% NaCl + 1,5% KCl + 1% arginina + 0,2% histidina.

SEM: erro padrão da média.

P-value: *** ($P<0.001$), ** ($P<0.01$), * ($P<0.05$), n.s. (não significativo).

Tabela 3. Médias das notas obtidas no teste de aceitação sensorial das mortadelas com reduzido teor de gordura e sódio

	Control _{NaCl}	Control _{KCl}	Arg	His	Arg+His	SE M	P-value
Cor	7,0 ^a	6,8 ^a	6,7 ^a	6,7 ^a	6,7 ^a	<0,1	n.s.
Aroma	6,6 ^a	5,5 ^b	6,2 ^a _b	6,2 ^a _b	6,2 ^{ab}	<0,1	*
Sabor	6,6 ^a	5,6 ^b	6,2 ^a _b	6,5 ^a	6,4 ^{ab}	<0,1	***
Textura	6,1 ^a	5,9 ^a	5,9 ^a	6,0 ^a	5,9 ^a	<0,1	n.s.
Aceitação global	6,6 ^a	5,6 ^b	6,5 ^a	6,4 ^a	6,1 ^{ab}	<0,1	***

Médias acompanhadas pela mesma letra, na mesma linha, não apresentam diferença significativa ($P > 0,05$) pelo teste de Tukey. Tratamentos: Control_{NaCl}: 2,5% NaCl; Control_{NaCl}: 1% NaCl, + 1,5% KCl; Arg: 1% NaCl + 1,5% KCl + 1% arginina; His: 1% NaCl + 1,5% KCl + 0,2% histidina; Arg: 1% NaCl + 1,5% KCl + 1% arginina + 0,2% histidina.

SEM: erro padrão da média.

P-value: *** ($P < 0,001$), ** ($P < 0,01$), * ($P < 0,05$), n.s. (não significativo).

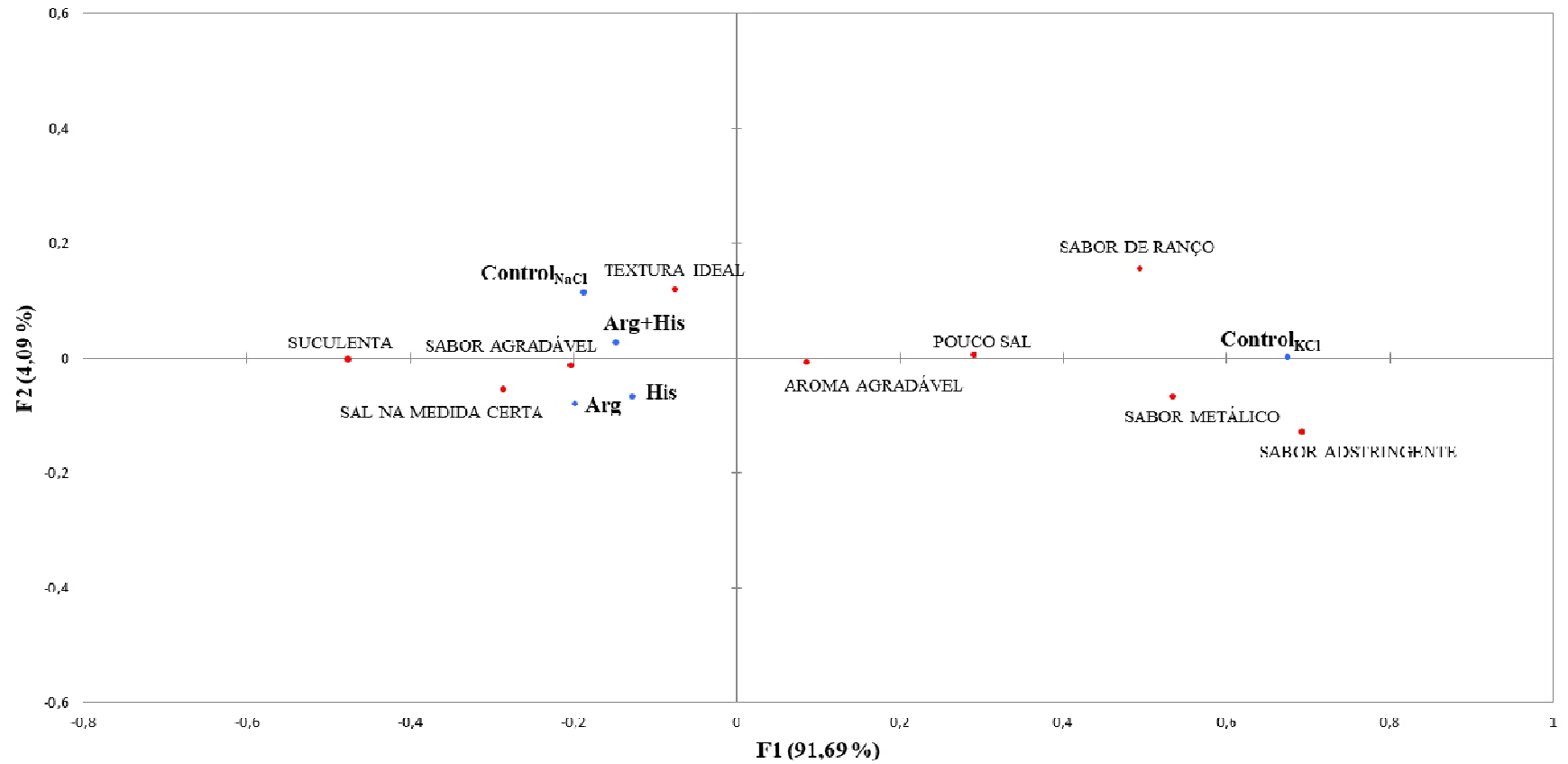


Fig. 1. Representação das amostras e dos atributos sensoriais da análise de correspondência realizada nos dados do teste CATA (check-all-that-apply).

Referências

Araújo, J. M. A. (2012). *Química de Alimentos: Teoria e Prática*. 5ª Edição atualizada e ampliada. Viçosa, MG: Editora UFV, p. 601.

Asaria, P., Chisholm, D., Mathers, C., Ezzati, M., & Beaglehole, R. (2007). Chronic disease prevention: health effects and financial costs of strategies to reduce salt intake and control tobacco use. *Lancet*, 370 (9604), 2044-2053. [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(07\)61698-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(07)61698-5). PMID:18063027.

AOAC (2006). *Official methods of analysis* (18th ed.). Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.

Bonfim, R. C., Machado, J. S., Mathias, S. P., Rosenthal, A. (2015). Aplicação de transglutaminase microbiana em produtos cárneos processados com teor reduzido de sódio: Revisão bibliográfica. *Ciência Rural*, 45(6), 1133-1118. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20131440>.

Campagnol, P. C. B., Dos Santos, B. A., Wagner, R., Terra, N. N., Pollonio, M. A. R. (2011). The effect of yeast extract addition on quality of fermented sausages at low NaCl content. *Meat Science*, 87(3), 290-298.

Campagnol, P. C. B., Santos, B. A., Wagner, R., Terra, N. N., Pollonio, M. A. R. (2012). Amorphous cellulose gel as a fat substitute in fermented sausages. *Meat Science*, 90(1), 36-42.

Carraro, C. I., Machado, R., Espindola, V., Campagnol, P. C. B., Pollonio, M. A. R. (2012). The effect of sodium reduction and the use of herbs and spices on the quality and safety of bologna sausage. *Food Science and Technology*, 3(2), 289-295. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612012005000051>.

Choi, Y. M., Jung, K. C., Jo, H. M., Nam, K. W., Choe, J. H., Rhee, M. S., Kim, B. C. (2014). 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*, 96(1), 21-25. <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.06.022>. PMID:23896133.

Dotsch, M., Busch, J., Batenburg, M., et al. (2009). Strategies to reduce sodium consumption: A food industry perspective. *Crit Rev Food Sci Nutr.*, 49(10), 841-851.

Dos Santos, B. A., Campagnol, P. C. B., Morgano, M. A., Pollonio, M. A. R. (2014). 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*, 96(1), 509-513.

Doyle, M. E., Glass, K. A. (2010). Sodium reduction and its effect on food safety, food quality, and human health. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9(1), 44-56.

Durack, E., Alonso-Gomez, M., Wilkinson, M. G. (2008). Salt: A review of its role in food science and public health. *Curr. Nutr. Food Sci.*, 4, 290-297.

European Parliament (2006). Regulation (EC) no 1924/2006 of the European Parliament and of the council of 20 December 2006 on Nutrition and Health claims made on Foods. *Official Journal of the European Union*, L 404/9-L 404/25.

Felicio, T. L., Esmerino, E. A., Vidal, V. A. S., Cappato, L. P., Garcia, R. K. A., Cavalcanti, R. N., ... Raices, R. S. L. (2016). Physico-chemical changes during storage and sensory acceptance of low sodium probiotic Minas cheese added with arginine. *Food Chemistry*, 196, 628-637.

Gelabert, J., Gou, P., Guerrero, L., Arnau, J. (2003). Effect of sodium chloride replacement on some characteristics of fermented sausages. *Meat Science*, 65, 833-839.

Gordon, A., Barbut, S. (1992). Effect of chloride salts on the protein extraction and interfacial protein film formation in meat batters. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 58, 227-238.

Guardia, M. D., Guerrero, L., Gelabert, J., Gou, P., Arnau, J. (2008). Sensory characterisation and consumer acceptability of small calibre fermented sausages with 50% substitution of NaCl by mixtures of KCl and potassium lactate. *Meat Science*, 80, 1225-1230.

Guo, X. Y., Peng, Z. Q., Zhang, Y. W., Liu, B. Cui, Y. Q. (2015). The solubility and conformational characteristics of porcine myosin as affected by the presence of L-lysine and L-histidine. *Food Chemistry*, 170, 212-217.

Hamm, R. (1986). Functional properties of the myofibrillar system and their measurements. In P. J. Bechtel (Ed.), *Muscle as food* (pp. 135-199). Orlando: Academic Press.

Henney, J. E., Taylor, C. L., Boon, C. S., eds. (2010). NIH Sodium Reduction Strategy: *Institute of Medicine (US) Committee on Strategies to Reduce Sodium Intake in the United States*. Washington, DC: The National Academies Press; 2010.

Horita, C. N., Morgano, M. A., Celeghini, R. M. S., Pollonio, M. A. R. (2011). Physicochemical 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), 426-433. <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.05.010>. PMID:21645975.

Iser, B. P. M., Claro, R. M., De Moura, E. C., Malta, D. C., & Morais, O. L. No. (2011). Fatores de risco e proteção para doenças crônicas não transmissíveis obtidas por inquérito telefônico. *Revista Brasileira de Epidemiologia*, 14(1), 90-112. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-790X2011000500010>. PMID:22002146.

Jiménez-Colmenero, F., Ayo, M. J., Carballo, J. (2005). Physicochemical properties of low sodium frankfurter with added walnut: Effect of transglutaminase combined with caseinate, KCl and dietary fibre as salt replacers. *Meat Science*, 69(4), 781-788. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2004.11.011>

Law, N., Frost, C., Wald, N. (1991). By how much does dietary salt lower blood pressure? III. Analysis of data from trials of salt reduction. *British Medical Journal*, 302(6780), 819-824.

Mohan, S., Campbell, N. R. C., Willis, K. (2009). Effective population-wide public health interventions to promote sodium reduction. *Canadian Medical Association Journal*, 181(9), 605-609. doi: 10.1503/cmaj.090361

Parpia, A. S., Goldstein, M. B., Arcand, J., Cho, F., L'abbé, M. R., Darling, P. B. Sodium-reduced meat and poultry products contain a significant amount of potassium from food additives (2018). *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 118(5), 878-885.

Pamarin Waimaleongora-EK. (2006) Sensory characteristics of salt substitute containing L-arginine. *LSU Master's Theses*. 762.

Qin, H., Xu, P., Zhou, C. L., Wang, Y. J. (2015). Effects of L-Arginine on water holding capacity and texture of heat-induced gel of salt-soluble proteins from breast muscle. *LWT-Food Science and Technology*, 63, 912-918.

Ramos, E. M., Gomide, L. A. M. (2007). *Avaliação da qualidade de carne: fundamentos e metodologias*. Viçosa-MG: Editora UFV.

Ruusunen, M., Puolanne, E. (2005). Reducing sodium intake from meat products. *Meat Science*, 70(3), 531-541. <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2004.07.016>. PMID:22063751.

Silva, S. L. (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, 141-148.

Takai, E., Yoshizawa, S., Ejima, D., Arakawa, T. Shiraki, K. (2013). Synergistic solubilization of porcine myosin in physiological salt solution by arginine. *International Journal of Biological Macromolecules*, 62, 647-651.

Tobin, B. D., O'Sullivan, M. G., Hamill, R. M., Kerry, J. P. (2012). Effect of varying salt and fat levels on the sensory and physicochemical quality of frankfurters. *Meat Science*, 92(4), 659-666.

Tseng, T. F., Liu, D. C., Chen, M. T. (2000). Evaluation of transglutaminase on the quality of low-salt chicken meat-balls. *Meat Science*, 55(4), 427-431.

Verma, A. K., Banerjee, R. (2012). Low-sodium meat products: Retaining salty taste for sweet health. *Crit Rev Food Sci Nutr.*, 52(1), 72-84.

Vidal, L., Tarrega, A., Antunez, L., Ares, G., Jaeger, S. R. (2015). Comparison of Correspondence Analysis based on Hellinger and chi-square distances to obtain sensory spaces from check-all-that-apply (CATA) questions. *Food Quality and Preference*, 43, 106-112. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2015.03.003>

Weiss, J., Gibis, M., Schuh, V., Salminen, H. (2010). Advances in ingredient and processing systems for meat and meat products. *Meat Science*, 86(1), 196-213. <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.05.008>. PMID:20619800.

Zhang, Y. W., Cheng, Q. F., Yao, Y., Guo, X. Y., Wang, R. R., Peng, Z. Q. (2014). A preliminary study: saltiness and sodium content of aqueous extracts from plants and marine animal shells. *European Food Research and Technology*, 238, 565-571.

Zhou, C. L., Li, J., Tan, S. J. (2014). Effect of L-lysine on the physicochemical properties of pork sausage. *Food Science and Biotechnology*, 23, 775-780.

6 DISCUSSÃO

Os valores da composição centesimal das mortadelas ficaram de acordo com a legislação brasileira, que estabelece valor mínimo de 12% para proteína e máximo de 30% de gordura (Brasil, 2000). Apenas o tratamento com 100% de substituição de toucinho por oleogel (R100) apresentou teores de umidade e proteína maiores que o controle. A reformulação lipídica não afetou significativamente o conteúdo de cinzas. Os tratamentos modificados apresentaram em relação ao controle uma redução de aproximadamente 10% do teor de colesterol. Resultados semelhantes foram obtidos por Yunes et al. (2013) ao produzirem mortadelas com substituição de gordura animal por diversos tipos de óleos vegetais. Além disso, os valores da composição centesimal mostraram que os tratamentos Arg e Arg+His apresentaram um teor de proteína maior que os demais tratamentos. Este resultado, no entanto, pode ser considerado superestimado, já que esses aminoácidos possuem cerca de 32 (arginina) e 27% (histidina) de nitrogênio em sua constituição. Os tratamentos com aminoácidos também apresentaram um teor de cinzas levemente superior ($P < 0,05$) aos tratamentos controles (ControlNaCl e ControlKCl).

Os resultados também evidenciaram que um dos principais objetivos do estudo foi alcançado, já que a quantidade de sódio dos tratamentos com substituição de NaCl por KCl foi reduzida. Dessa forma, todos os tratamentos com substituição de NaCl por KCl podem ser rotulados com a alegação “reduzido teor de sódio” (European Parliament, 2006). Além disso, a substituição parcial do NaCl por KCl aumentou em mais de 200% o teor de potássio, o que também é benéfico para a qualidade nutricional do produto.

A redução no conteúdo de toucinho influenciou significativamente a perda de peso no cozimento e a estabilidade de emulsão. Em geral, ocorreu uma diminuição significativa na perda de peso no cozimento à medida que se aumentou o nível de substituição de toucinho por oleogel. Além disso, a reformulação lipídica também diminuiu significativamente a exsudação de gordura e água, conferindo, portanto, uma maior estabilidade da emulsão. A maior estabilidade da emulsão foi obtida nos tratamentos com 75 e 100% de substituição de toucinho pelo oleogel (R75 e R100). A melhoria da qualidade tecnológica observada nos tratamentos modificados pode ser atribuída ao colágeno presente na pele suína, já que este composto tem a capacidade de interagir com proteínas formando uma matriz de gel mais rígida, a qual previne a exsudação da água e gordura da massa cárnea (ANDERSON & BERRY, 2001). Concordando com os resultados encontrados neste trabalho, Choe et al. (2013), Faria et al. (2015) e Alves et al. (2016) também reportaram uma melhoria na

qualidade tecnológica de emulsões cárneas ao utilizarem substitutos de gordura elaborados com pele suína.

A exsudação de gordura não foi afetada pela substituição de NaCl por KCl. No entanto, uma maior exsudação de água foi observada no tratamento ControlKCl. Este fato demonstra que a substituição de 60% de NaCl por KCl deve ser realizada com cautela, pois diminui a estabilidade da emulsão. Isto pode ser atribuído a menor capacidade de extração de proteínas miofibrilares do KCl em relação ao NaCl em virtude de sua menor força iônica (HORITA et al., 2011). Os tratamentos com adição isolada de arginina (Arg) e histidina (His) apresentaram uma boa estabilidade de emulsão e foram similares ao ControlNaCl. Estudos também demonstraram que a arginina aumentou a solubilidade da miosina de suínos (Takai et al., 2013; Guo et al., 2015), sugerindo que pode promover a extração de miosina a partir do tecido muscular. Considerando que a miosina é um excelente emulsificante (Ni et al., 2012), a adição de arginina pode aumentar a estabilidade da emulsão. Também foi relatado que a L-Arg aumentou a solubilidade da miosina suína em uma solução salina fisiológica (Guo et al., 2015) e melhorou a capacidade de retenção de água e a textura de salsichas (Zhou et al., 2014). Estudo realizado por Zhou et al. (2014), mostrou que a L-arginina reduziu a perda de cozimento, melhorou a capacidade de retenção de água, textura e cor da carne suína, indicando que a arginina têm potencial na fabricação de produtos cárneos.

Porém, o tratamento com adição combinada de arginina e histidina (Arg+His) apresentou uma menor exsudação de água, e, portanto, uma maior estabilidade de emulsão, que o ControlNaCl. Este fato sugere que os aminoácidos utilizados por serem de cadeia lateral hidrofílica são capazes de estabelecer pontes de hidrogênio com a água adicionada na formulação. Uma vez estabelecida esta ligação, sabe-se que a solubilidade das proteínas é afetada pelo grau de hidratação, ou seja, quanto maior a capacidade dos aminoácidos se ligarem à água, maior será a estabilidade à desnaturação, portanto, menor exsudação. Além disso, a redução do sal também aumenta a solubilidade das proteínas, estabilizando as interações eletrostáticas dos grupos com cargas na superfície das proteínas (Araújo, 2012).

Durante o processo de elaboração do oleogel a pele suína foi cozida para transformar o colágeno em gelatina. Após o resfriamento, essa gelatina solidificou formando um gel com alta dureza. Assim, a substituição de toucinho pelo oleogel aumentou significativamente os valores de dureza, gomosidade e mastigabilidade em relação ao controle, porém, não afetou a elasticidade e a coesividade das mortadelas. Um comportamento similar ao encontrado neste trabalho foi reportado por Choe et al. (2013) e Faria et al. (2015) ao aplicarem pele suína em produtos cárneos emulsionados. Em produtos cárneos emulsionados, a textura está

relacionada com a capacidade de reter a água e a gordura durante a preparação da massa, mantendo estes constituintes mesmo após o tratamento térmico (HORITA et al., 2011). As concentrações de NaCl normalmente adicionadas aos produtos cárneos produzem a força iônica necessária para a dissolução e extração das proteínas miofibrilares responsáveis pela emulsificação, gelatinização e capacidade de retenção de água (HORITA et al., 2011). Assim, quando o NaCl é reduzido, a quantidade de proteína extraída também pode ser diminuída (Gordon & Barbut, 1992), refletindo nas características finais da textura dos produtos triturados. Neste estudo, a substituição de 60% de NaCl por KCl não afetou significativamente o perfil de textura das mortadela. Além disso, a adição de arginina e/ou histidina também não provocou modificações importantes no perfil de textura.

Os valores de L^* , a^* e b^* das mortadelas foram afetados pela reformulação lipídica. Faria et al. (2015) também reportaram um aumento nos valores de L^* e b^* de mortadelas com adição de gel de pele suína. Em geral, os valores de L^* e a^* não foram afetados significativamente durante o armazenamento em todos os tratamentos. No entanto, um leve, mas significativo aumento nos valores de b^* foi observado durante o armazenamento em todos os tratamentos, fato que sugere a ocorrência de reações oxidativas (SHAN et al., 2009). Os valores de L^* , a^* e b^* não foram afetados pela substituição de NaCl por KCl e pela adição de arginina e histidina. Este resultado é muito positivo, pois os consumidores têm tendência a rejeitar produtos fora dos padrões de coloração tradicionais do mercado. Concordando com estes resultados, Alves et al. (2017) e Horita et al. (2011) também não encontraram diferenças nos valores de L^* , a^* e b^* de produtos cárneos emulsionados ao substituírem 50% de NaCl por KCl.

Um dos grandes problemas da adição de óleos vegetais em produtos cárneos é o aumento da oxidação lipídica (Saldaña et al., 2015), já que a maioria desses óleos possuem grande teor de ácidos graxos insaturados. Este fato é um dos principais obstáculos que impede o uso de óleos vegetais em produtos cárneos. No presente estudo, os tratamentos modificados apresentaram valores significativamente menores de TBARS que o controle durante todos os dias de armazenamento. Este resultado sugere, portanto, que o oleogel foi capaz de proteger os ácidos graxos insaturados do HOSO das reações oxidativas. Os valores de TBARS apresentaram um leve aumento durante o armazenamento. No entanto, o nível de malonaldeído em nenhum tratamento excedeu o limite de percepção sensorial da oxidação lipídica (GRAY & PEARSON, 1987).

O ácido palmítico (C16:0) e o ácido esteárico (C18:0) foram, em termos quantitativos, os principais SFA encontrados nas mortadelas. Os tratamentos R75 e R100 apresentaram um

teor de ácido esteárico menor que o controle. Este fato contribuiu para reduzir a quantidade total de SFA desses tratamentos em relação ao controle. A redução no teor total de SFA também foi observado por Asuming-Bediako et al. (2014) ao substituírem toucinho por HOSO em salsichas. O ácido oléico (C18:1n-9c) foi o MUFA majoritário encontrado nas mortadelas. Ocorreu um aumento significativo na quantidade desse ácido graxo com o aumento do nível de substituição de toucinho pelo oleogel. Esses resultados sugerem que a inclusão do oleogel conferiu características mais saudáveis as mortadelas, já que o consumo frequente e moderado de ácido oléico reduz os fatores de risco relacionados ao surgimento de doenças cardiovasculares, como obesidade, hipertensão e colesterol (KRIS-ETHERTON et al, 1999; LOPEZ-MIRANDA et al., 2010; LOPEZ-HUERTAS, 2010; MENSINK et al., 2003).

O ácido linoléico (C18:2n6c) foi o PUFA majoritário encontrado nas mortadelas. Os tratamentos R50, R75 e R100 apresentaram um menor teor de ácido linoléico que o controle e conseqüentemente, um menor teor total de PUFA. No entanto, a diminuição de ácido linoléico não foi suficiente para diminuir a relação n-6/n-3 das mortadelas reformuladas. A reformulação lipídica não afetou a relação PUFA/SFA. No entanto, a substituição de 75 e 100% de toucinho pelo oleogel proporcionou uma redução significativa nos índices de aterogenicidade e trombogenicidade, o que é benéfico para a qualidade nutricional do produto.

Os tratamentos R75 e R100 apresentaram notas significativamente menores que o controle no atributo cor. Os menores valores de a* e maiores de b* no R75 e R100 em relação ao tratamento controle podem justificar a menor aceitação sensorial neste atributo. Os tratamentos R75 e R100 também apresentaram valores significativamente menores do que o controle para o atributo textura, o que está bem correlacionado com as modificações observadas na análise do perfil de textura. Os demais atributos analisados (aroma, sabor e aceitabilidade geral) também foram prejudicados pela substituição de 75 e 100% de toucinho pelo oleogel. As notas do controle e dos tratamentos R25 e R50 não diferiram significativamente em nenhum atributo analisado (cor, aroma, sabor, textura e aceitação global). Isto sugere, portanto, que o oleogel desenvolvido neste estudo pode substituir até 50% do teor de toucinho sem prejudicar a aceitação dos principais atributos sensoriais da mortadela.

Os consumidores não identificaram diferenças entre os tratamentos nos atributos de cor e textura quando o NaCl foi substituído por KCl. No entanto, é bem documentado que níveis a partir de 50% de substituição de NaCl por KCl diminuem a qualidade sensorial de produtos cárneos (GELABERT et al., 2003; GUARDIA et al., 2008; ALVES et al., 2017). Os tratamentos com a adição isolada ou combinada de arginina e histidina não diferiram do

ControlNaCl em nenhum atributo sensorial analisado. Concordando com estes resultados, Zhou et al. (2014) reportaram uma influência positiva da adição de arginina nas características sensoriais de linguiças. Além disso, Felício et al. (2016) também reportaram que a arginina foi eficiente para minimizar o sabor metálico resultante da adição de grandes quantidades de KCl em queijos com baixo teor de sódio.

O controle e os tratamentos R25 e R50 foram caracterizados por descritores positivos no questionário check-all-that-apply (CATA) como textura ideal, suculento, aroma e textura agradável, cor ideal, aroma e odor suave, concordando com a alta aceitação sensorial desses tratamentos. Já os tratamentos R75 e R100 foram caracterizados por descritores relacionados negativamente com a textura, cor e aroma. Estes descritores sensoriais são bem correlacionados com a baixa aceitação sensorial dos tratamentos R75 e R100. Os resultados do teste CATA demonstraram que a substituição de até 50% de toucinho por oleogel não modificou o perfil sensorial das mortadelas. Quando foi incorporado o KCl, o tratamento ControlKCl foi caracterizado pelos descritores pouco sal, sabor metálico, sabor adstringente, além de aroma de ranço. Estes termos são considerados negativos e são comumente relatados em trabalhos que utilizaram o KCl como substituto do NaCl (Ruunsunen & Puolanne, 2005; Alves et al., 2017) e portanto, podem explicar a menor aceitação sensorial deste tratamento. Já os tratamentos ControlNaCl, Arg, His e Arg+His foram caracterizados por descritores positivos como sal na medida certa, sabor agradável, suculenta e textura ideal. Estes descritores são bem correlacionados com a alta aceitação sensorial destes tratamentos, demonstrando que a adição de arginina e histidina mascarou a percepção dos consumidores dos principais defeitos sensoriais relacionados com a utilização de KCl como substituto do NaCl.

7 CONCLUSÃO

Os resultados demonstraram que a substituição do toucinho pelo oleogel de HOSO é uma alternativa viável para a produção de mortadelas, pois foi possível reduzir o teor de gordura e colesterol e melhorar o perfil de ácidos graxos. Além desses benefícios nutricionais, a reformulação lipídica melhorou a qualidade tecnológica e não diminuiu a estabilidade oxidativa das mortadelas. Porém, recomenda-se substituir até 50% do toucinho pelo oleogel from HOSO, pois acima deste percentual a qualidade sensorial das mortadelas foi prejudicada.

A substituição do NaCl pela argina e/ou histidina pode ser uma alternativa viável para a produção de mortadelas, pois foi possível reduzir o teor de sódio. Além deste benefício à saúde do consumidor, a reformulação de sódio melhorou a qualidade tecnológica das mortadelas. Porém, recomenda-se no momento adicionar até 1% de arginina e 0,2 % de histidina em substituição ao NaCl, pois com estes percentuais a qualidade sensorial das mortadelas não foram prejudicadas.

Sugere-se que novos estudos sejam realizados testando outras fontes de gordura vegetal como substitutos de toucinho, de forma que sejam incorporados de formas diferentes das que foram testadas até o momento. Também, seria interessante verificar através de outros testes a estabilidade da arginina e histidina frente ao tratamento térmico e de refrigeração, uma vez que foram utilizados em produtos cárneos emulsionados, os quais são submetidos a temperaturas superiores a 72 °C.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, L. A. A. S.; LORENZO, J. M.; GONÇALVES, C. A. A.; SANTOS, B. A.; HECK, R. T. Production of healthier Bologna type sausages using pork skin and green banana flour as fat replacers. **Meat Science**, v. 121, p. 73-78, Nov. 2016.

ALVES, L. A. A. S.; LORENZO, J. M.; GONÇALVES, C. A. A.; DOS SANTOS, B. A.; HECK, R. T.; CICHOSKI, A. J.; CAMPAGNOL, P. C. B. 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**, vol. 123, p. 50-56, jan. 2017.

ANDERSON, E. T.; BERRY, B. W. Effects on inner pea fiber on fat retention and cooking yield in high fat ground beef. **Food Research International**, v. 34, n. 8, p. 689-694, FEB. 2001.

ANVISA- Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Rotulagem nutricional obrigatória: manual de orientação às indústrias de Alimentos- 2º Versão**-Universidade de Brasília-Brasília: Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária/ Universidade de Brasília, 44p, 2005.

ARAÚJO, J. M. A. **Química de Alimentos: Teoria e Prática**. 5ª Edição atualizada e ampliada. Viçosa, MG: Editora UFV, p. 601, 2012.

ASARIA, P.; CHISHOLM, D.; MATHERS, C.; EZZATI, M.; BEAGLEHOLE, R. Chronic disease prevention: health effects and financial costs of strategies to reduce salt intake and control tobacco use. **The Lancet**, v. 370, n. 9604, p. 2044-2053, dec. 2007.

ASUMING-BEDIAKO, N.; JASPAL, M. H.; HALLETT, K.; BAYNTUN, J.; BAKER, A.; SHEARD, P. R. Effects of replacing pork backfat with emulsified vegetable oil on fatty acid composition and quality of UK-style sausages. **Meat Science**, v. 96, n. 1, p. 187-194, 2014.

BARBUT, S.; YOUSSEF, M. K. Effect of gradual heating and fat/oil type on fat stability, texture, color, and microstructure of meat batters. **Journal of Food Science**, v. 81, n. 9, p. 2199-2205, sept. 2016.

BEILOUNE, F.; BOLUMAR, T.; TOEPFL, S.; HEINZ, V. Fat reduction and replacement by olive oil in bologna type cooked sausage: quality and nutritional aspects. **Food and Nutrition Sciences**, v. 5, [s/n], p. 645-657, 2014.

BELINGHERI, C.; GIUSSANI, B.; RODRIGUEZ-ESTRADA, M. T.; FERRILLO, A.; VITTADINI, E. Oxidative stability of high-oleic sunflower oil in a porous starch carrier. **Food Chemistry**, v. 166, n. 1, p. 346-351, jan. 2015.

BIS, C. V.; BARRETTO, T. L.; HENCK, J. M. M.; MATHIAS, J. C.; OLIVEIRA, L. S.; BARRETTO, A. C. S. Physicochemical characteristics and sensory acceptability of ready-to-eat sliced frozen roast beef with partial reduction of sodium chloride. **Food Sci. Technol.**, Campinas, v. 36, n. 2, p. 286-289, Abr.-Jun. 2016.

BOURSCHEID, C. **Avaliação da Influência da Fécula de Mandioca e Proteína Texturizada de Soja nas Características Físico – Químicas e Sensoriais de Hambúrguer**

de Carne Bovina. 2009. 52 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Alimentos) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Pinhalzinho, 2009.

CAMPAGNOL, P. C. B.; DOS SANTOS, B. A.; WAGNER, R.; TERRA, N. N.; POLLONIO, M. A. R. The effect of yeast extract addition on quality of fermented sausages at low NaCl content. **Meat Science**, v. 87, n. 3, p. 290-298, mar. 2011.

CARDENIA, V.; RODRIGUEZ-ESTRADA, M. T.; CUMELLA, F.; SARDI, L.; DELLA CASA, G.; LERCKER, G. Oxidative stability of pork meat lipids as related to high-oleic sunflower oil and vitamin E diet supplementation and storage conditions. **Meat Science**, v. 88, n. 2, p. 271-279, jun. 2011.

CHOE, J. H.; KIM, H.; LEE, J. M.; KIM, Y. J.; KIM, C. J. Quality of frankfurter type sausages with added pig skin and wheat fiber mixture as fat replacer. **Meat Science**, v. 93, n. 4, p. 849-854, apr. 2013.

CLARKE, R. Long-term weight loss and prevention of cardiovascular disease. **Circulation**, v.124, n. 25, p. 2801-2802, 2011.

DATASUS. Ministério da Saúde. **Indicadores e dados básicos.** Brasil, 2009. [Citado em 2011 out 24]. Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?idb2009/c04.def>

DESMOND, E. Reducing salt: a challenge for the meat industry. **Meat Science**, v. 74, n. 1, p. 188-196, sept. 2006.

DICKINSON, B. D.; HAVAS, S. Reducing the population burden of cardiovascular disease by reducing sodium intake: A report of the Council on Science and Public Health. **Archives of Internal Medicine**, v.167, [s/n], p. 1460-1468, 2007.

DOMÉNECH-ASENSI, G.; GARCÍA-ALONSO, F. J.; MARTÍNEZ, E.; SANTAELLA, M.; MARTÍN-POZUELO, G.; BRAVO, S.; PERIAGO, M. J. Effect of the addition of tomato paste on the nutritional and sensory properties of mortadella. **Meat Science**, v. 93, n. 2, p. 213-219, feb. 2013.

DREWNOWSKI, A. Why do we like fat? **Journal of the American Dietetic Association**, v. 97, n. 7, p. 58- 62, jul. 1997.

DUNFORD, N. T. Health benefits and processing of lipid-based nutritionals. **Food Technology**, v. 55, [s/n], p. 38-44, 2001.

ESCRICH, E.; MORAL, R.; GRAU, L.; COSTA, I.; SOLANAS, M. Molecular mechanisms of the effects of olive oil and other dietary lipids on cancer. **Molecular Nutrition & Food Research**, v. 51, n. 10, p. 1279-1292, oct. 2007.

EUROPEAN PARLIAMENT. Regulation (EC) no 1924/2006 of the European Parliament and of the council of 20 December 2006 on Nutrition and Health claims made on Foods. **Official Journal of the European Union**, L 404/9–L 404/25, 2006.

FARIA, M. O.; CIPRIANO, T. M.; DA CRUZ, A. G.; SANTOS, B. A.; POLLONIO, M. A. R.; CAMPAGNOL, P. C. B. Properties of bologna-type sausages with pork back-fat replaced with pork skin and amorphous cellulose. **Meat Science**, v. 104, p. 44-51, jun. 2015.

FEINER, G. **Meat products handbook**. New York: CRC Press, Inc., 2006.

FELICIO, T. L.; ESMERINO, E. A.; VIDAL, V. A. S.; CAPPATO, L. P.; GARCIA, R. K. A.; CAVALCANTI, R. N. Raices, R. S. L. Physico-chemical changes during storage and sensory acceptance of low sodium probiotic Minas cheese added with arginine. **Food Chemistry**, v. 196, p. 628-637, apr. 2016.

FERNÁNDES-GINÉS, J. M.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; SAYAS-BARBERÁ, E.; PÉREZ-ALVAREZ, J. A. Meat products as functional foods: A review. **Journal of Food Science**, v. 70, n. 2, p. 37-43, mar. 2005.

FOOD INGREDIENTS BRASIL. **Os aminoácidos e o sabor**. nº 31, 2014.

FRISOLI, T. M.; SCHMIEDER, R. E.; GRODZICKI, T.; MESSERLI, F. H. Salt and Hypertension: Is salt dietary reduction worth the effort? **The American Journal of Medicine**, v. 125, n. 5, p. 433-439, may 2012.

GELABERT, J.; GOU, P.; GUERRERO, L.; ARNAU, J. Effect of sodium chloride replacement on some characteristics of fermented sausages. **Meat Science**, v. 65, n. 2, p. 833-839, oct. 2003.

GLUECK, C. J.; STREICHER, P. A.; ILLIG, E. K.; WEBER, K. D. Dietary fat substitutes. **Nutrition Research**, v. 14, n. 10, p. 1605-1619, oct. 1994.

GORDON, A.; BARBUT, S. Effect of chloride salts on the protein extraction and interfacial protein film formation in meat batters. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 58, p. 227-238, 1992.

GRAFFAGNINO, C. L.; FALKO, J. M.; LA LONDE, M.; SCHAUMBURG, J.; HYEK, M. F.; SHAFFER, L. E. T.; SNOW, R.; CAULIN-GLASER, T. Effect of a community-based weight management program on weight loss and cardiovascular disease risk factors. **Obesity**, v. 14, n. 2, p.280-288, feb. 2006.

RAY, J. I.; PEARSON, A. M. Rancidity and warmedover flavor. IN: A. M. PEARSON, & T. T. DUTSON. **Advances in meat research, restructured meat and poultry products**. New York: Van Nostrand Reinhold Co., p. 221-269, 1987.

GRUNVALD, A. K.; CARVALHO, C. G. P.; OLIVEIRA, A. C. B.; ANDRADE, C. A. B. S. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de girassol no Brasil Central. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 11, p. 1483-1493, nov. 2013.

GUARDIA, M. D.; GUERRERO, L.; GELABERT, J.; GOU, P.; ARNAU, J. Sensory characterisation and consumer acceptability of small calibre fermented sausages with 50% substitution of NaCl by mixtures of KCl and potassium lactate. **Meat Science**, v. 80, n. 4, p. 1225-1230, dec. 2008.

GUERRA, I. C. D.; FÉLEX, S. S. S.; MEIRELES, B. R. L. M.; DALMÁS, P. S.; MOREIRA, R. T.; HONÓRIO, V. G.; MILANI, R. F.; Benevides, S. D.; Queiroga, R. C. R. E.; MADRUGA, M. S. Evaluation of goat mortadella prepared with different levels of fat and goat meat from discarded animals. **Small Ruminant Research**, v. 98, n. 1-3, p. 59-63, jun. 2011.

GUNSTONE, F. D. Vegetable Oils. In: SHAHIDI, Fereidoon. **Bailey's Industrial Oil & Fat Products: Edible Oil & Fat Products Chemistry, Properties & Health Effects**. 6. ed. New Jersey: Wiley Interscience, v.1. Cap. 6, p. 213-268, 2005.

GUO, X. Y.; PENG, Z. Q.; ZHANG, Y. W.; LIU, B.; CUI, Y. Q. The solubility and conformational characteristics of porcine myosin as affected by the presence of L-lysine and L-histidine. **Food Chemistry**, v. 170, p. 212-217, mar. 2015.

HORITA, C. N.; MORGANO, M. A.; CELEGHINI, R. M. S.; POLLONIO, M. A. R. Physicochemical 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. 426-433, dec. 2011.

HUTTON, T. Technological functions of salt in the manufacturing of food and drink products. **British Food Journal**, v. 104, n. 2, p. 126-152, 2002.

JIMÉNEZ-COLMENERO, F. Technologies for developing low-fat meat products. Review. **Trends in Food Science & Technology**, Cambridge, v. 7, n. 2, p. 41-48, feb. 1996.

JIMÉNEZ-COLMENERO, F.; CARBALLO, J.; COFRADES, S. Healthier meat and meat products: Their role as a functional food. **Meat Science**, v. 59, n. 1, p.5-13, sept. 2001.

KAYAARDI, S.; GÖK, V. Effect of replacing beef fat with olive oil on quality characteristics of Turkish Soudjouk (Sucuk). **Meat Science**, v. 66, n. 1, p. 249-257, jan. 2004.

KEETON, J. T. Low-fat meat products-technological problems with processing. **Meat Science**, v. 36, n. 1-2, p. 261-276, aug. 1994.

KESTELOOT, H.; JOOSSEN, J. V. Relationship of dietary sodium, potassium, calcium, and magnesium with blood pressure. **Hypertension**, v. 12, n. 6, p. 594-99, 1988.

KINCAID, J. P.; GAMBLE, L. G.; ROGERS, S. W.; SEAMANS, J. O.; TOOTLE, J. S. A comparison of the saltiness of "Morton Lite-Salt" and table salt. **New Engl. J. Med.**, p. 293-1268, 1975.

KOUBA, M.; MOUROT, J. A review of nutritional effects on fat composition of animal products with special emphasis on n-3 polyunsaturated fatty acids. **Biochimie**, v. 93, n. 1, p. 13-17, jan. 2011.

KRIS-ETHERTON, P. M.; PEARSON, T. A.; WAN, Y.; HARGROVE R. L.; MORIARTY, K.; FISHELL, V.; ETHERTON, T. D. High-monounsaturated fatty acid diets lower both plasma cholesterol and triacylglycerol concentrations. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 70, n. 6, p. 1009-1015, 1999.

LEE, S.; LEE, H.; KIM, S.; LEE, J.; HA, J.; CHOI, Y.; OH, H.; CHOI, K.; YOON, Y. Microbiological safety of processed meat products formulated with low nitrite concentration-A review.(Report) **Asian- Australasian Journal of Animal Sciences**, v.31, n. 8, p. 1073-1077, aug. 2018.

LOPEZ-Huertas, E. Health effects of oleic acid and long chain omega-3 fatty acids (EPA and DHA) enriched milks. A review of intervention studies. **Pharmacological Research**, v. 61, n. 3, p. 200-207, 2010.

LÓPEZ-MIRANDA, J.; PÉREZ-JIMÉNEZ, F.; ROS, E.; DE CATERINA, R.; BADIMÓN, L.; COVAS, M. I.; ESCRICH, E.; ORDOVÁS, J. M.; SORIGUER, F.; ABIÁ, R.; ALARCÓN DE LA LASTRA, C.; BATTINO, M.; CORELLA, D.; CHAMORRO-QUIRÓS, J.; DELGADO-LISTA, J.; GIUGLIANO, D.; ESPOSITO, K.; ESTRUCH, R.; FERNANDEZ-REAL, J. M.; GAFORIO, J. J.; LA VECCHIA, C.; LAIRON, D.; LÓPEZ-SEGURA, F.; MATA, P.; MENÉNDEZ, J. A.; MURIANA, F. J.; OSADA, J.; PANAGIOTAKOS, D. B.; PANIAGUA, J. A.; PÉREZ-MARTINEZ, P.; PERONA, J.; PEINADO, M. A.; PINEDA-PRIEGO, M.; POULSEN, H. E.; QUILES, J. L.; RAMÍREZ-TORTOSA, M. C.; RUANO, J.; SERRA-MAJEM, L.; SOLÁ, R.; SOLANAS, M.; SOLFRIZZI, V.; DE LA TORRE-FORNELL, R.; TRICHOPOULOU, A.; UCEDA, M.; VILLALBA-MONTORO, J. M.; VILLAR-ORTIZ, J. R.; VISIOLI, F.; YIANNAKOURIS, N. Olive oil and health: summary of the II international conference on olive oil and health consensus report, Jaen and Cordoba (Spain) 2008. **Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases**, v. 20, n. 4, p. 284-294, 2010.

LUFT, F. C.; MILLER, J. Z.; GRIM, C. E.; FINEBERG, N. S.; CHRISTIAN, J. C.; DAUGHERTY, S. A.; WEINBERGER, M. H. Salt sensitivity and resistance of blood pressure. Age and race as factors in physiological responses. **Hypertension**, v. 17(1 Suppl.), p. 102-108, 1991.

MARSHALL, R. J. Combined instrumental and sensory measurement of the role of fat in food texture. **Food Quality and Preference**, v. 2, n. 2, p. 117-124, dec. 1990.

MARTÍNEZ, A. L.; GÓMEZ-CORTÉS, P.; GÓMEZ-CASTRO, G.; JUÁREZ, M.; PÉREZ ALBA, L.; PÉREZ HERNÁNDEZ, M.; DE LA FUENTE, M. A. Effects of feeding increasing dietary levels of high oleic or regular sunflower or linseed oil on fatty acid profile of goat milk. **Journal of Dairy Science**, v. 95, n. 4, p.1942-1955, apr. 2012.

MATTES, R. D.; DONNELLY, D. Relative contributions of dietary sodium sources. **Journal of the American College of Nutrition**, v. 10, n. 4, p. 383-93, 1991.

McFADDEN, K. M. Cross-addiction: from morbid obesity to substance abuse. **Bariatric Nursing and Surgical Patient Care**. v. 5, n. 2, p. 145 (34), jun. 2010.

MELA, D. J.; MARSHALL, R. J. Sensory properties and perceptions of fats. In: **Dietary Fats: Determinants of Preference, Selection and Consumption**. Elsevier Applied Science Publishers, v. 4, n. 4, p. 43-57, London, 1992.

MENSINK, R. P.; ZOCK, P. L.; KESTER, A. D.; KATAN, M. B. Effects of dietary fatty acids and carbohydrates on the ratio of serum total to HDL cholesterol and on serum lipids and apolipoproteins: a meta-analysis of 60 controlled trials. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 77, n. 5, p. 1146-1155, 2003.

MLA. New Cardiovascular Diseases Study Results Reported from Complutense University. Effects of improved fat meat products consumption on emergent cardiovascular disease markers of male volunteers at cardiovascular risk. **Obesity, Fitness & Wellness Week**, v. 24 8^a ed., p. 2059, dec. 2016.

MOLINA, M. C. B.; CUNHA, R. S.; HERKENHOFF, L. F.; MILL, J. G. Hipertensão arterial e consumo de sal em população urbana. **Revista de Saúde Pública**, v. 37, n. 6, p.743-750, 2003.

MUGUERZA, E.; GIMENO, O.; ANSOARENA, D.; ASTIASARÁN, I. New formulations for healthier dry fermented sausages: a review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 15, n. 9, 452-457, sep. 2004.

NI, S.; HONG, F.; HALDEMAN, B. D.; BAKER, J. E.; FACEMYER, K. C.; CREMO, C. R. Modification of interface between regulatory and essential light chains hampers phosphorylation-dependent activation of smooth muscle myosin. **The Journal of biological chemistry**, v. 287, n. 26, p.22068-79, jun. 2012.

NILSON, E. A. F.; JAIME, P. C.; RESENDE, D. O. Iniciativas desenvolvidas no Brasil para a redução do teor de sódio em alimentos processados. **Rev Panam Salud Pública**, v. 34, n. 4, p. 287-292, 2012.

OGAWA, T.; NAKAMURA, T.; TSUJI, E.; MIYANAGA, Y.; NAKAGAWA, H.; HIRABAYASHI, H.; UCHIDA, T. The combination effect of L-arginine and NaCl on bitterness suppression of amino acid solutions. **Chemical & Pharmaceutical Bulletin**, v. 52, n. 2, p.172-77, feb. 2004.

OLIVEIRA, D. F.; COELHO, A. R.; BURGARDT, V. C. F.; HASHIMOTO, E. H.; LUNKES, A. M.; MARCHI, J. F.; TONIAL, I. B. Alternativas para um produto cárneo mais saudável: uma revisão. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 16, n. 3, p. 163-174, jul./set. 2013.

OMS. Organização Mundial da Saúde. **Cardiovascular Diseases (CVDs)**. Fact Sheet nº 317; 2011. Disponível em: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs317/en/index.html>.

PANERAS, E. D.; BLOUKAS, J. G.; FILLIS, D. G. Production of low-fat frankfurters with vegetable oils following the dietary guidelines for fatty acids. **Journal of Muscle Foods**, v. 9, n. 2, p. 111-126, apr. 1998.

PARPIA, A. S.; GOLDSTEIN, M. B.; ARCAND, J.; CHO, F.; L'ABBÉ, M. R.; DARLING, P. B. Sodium-reduced meat and poultry products contain a significant amount of potassium from food additives. **Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics**, v. 118, n. 5, p. 878-885, may 2018.

PELTONEN, M.; CARLSSON, L. M. S. Body Fatness and Cancer. **The New England journal of medicine**, v. 375, n. 20, p.2007-2008, nov. 2016.

RANKEN, M. D.; KILL, R. C.; BAKER, C. G. J. **Food Industries Manual** (24th ed.), Blackie Academic and Professional, London, 1997.

RATHER, S. A.; MASOODI, F. A.; AKHTER, R.; RATHER, J. A.; AMIN, F. Effects of guar gum as a fat substitute in low fat meat emulsions. **Journal of Food Processing & Preservation**, v. 41, n. 6, p. 1-9, dec. 2017.

RODRÍGUEZ-CARPENA, J. G.; MORCUENDE, D.; ESTÉVEZ, M. Avocado, sunflower and olive oils as replacers of pork back-fat in burger patties: effect on lipid composition, oxidative stability and quality traits. **Meat Science**, v. 90, n. 1, p. 106-115, jan. 2012.

RUIZ-GUTIERREZ, V.; PERONA, J. S.; PACHECO, Y. M.; MURIANA, F. J. G.; VILLAR, J. Incorporation of dietary triacylglycerols from olive oil and high-oleic sunflower oil into VLDL triacylglycerols of hypertensive patients. **European Journal of Clinical Nutrition**, v. 53, n. 9, p. 687-693, sept. 1999.

RUUSUNEN, M.; PUOLANNE, E. Reducing sodium intake from meat products. **Meat Science**, v. 70, n. 3, p. 531-541, jul. 2005.

SALDAÑA, E.; LEMOS, A. L. S. C.; SELANI, M. M.; SPADA, F. P.; ALMEIDA, M. A., CONTRERAS-CASTILLO, C. J. 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, dec. 2015.

SALES-CAMPOS, H.; REIS DE SOUZA, P.; CREMA PEGHINI, B.; SANTANA DA SILVA, J.; RIBEIRO CARDOSO, C. An overview of the modulatory effects of oleic acid in health and disease. **Mini-Reviews in Medicinal Chemistry**, v. 13, n. 2, p. 201-210, 2013.

SANTOS, B. A.; POLLONIO, M. A. R.; CRUZ, A. G.; MESSIAS, V. C.; MONTEIRO, R. A.; OLIVEIRA, T. L. C.; FARIA, J. A. F.; FREITAS, M.Q.; BOLINI, H. M. A. Ultra-flash profile and projective mapping for describing sensory attributes of prebiotic mortadellas. **Food Research International**, v. 54, n. 2, p. 1705-1711, dec. 2013.

SARDI, L.; MARTELLI, G.; MORDENTI, A. L.; ZAGHINI, G.; BOCCHICCHIO, D.; CASA, D. Growth parameters and meat quality of pigs fed diets containing high oleic sunflower oil. **Italian Journal of Animal Science**, v. 6, sup. 1, p. 713-715, jan. 2007.

SARNO, F.; CLARO, R. M.; LEVY, R. B.; BANDONI, D. H.; MONTEIRO, C. A. Estimativa de consumo de sódio pela população brasileira, 2008-2009. *Revista Saúde Pública*, v. 47, n. 3, p. 571-578, jan. 2013.

SHAN, B.; CAI, Y. Z.; BROOKS, J. D.; CORKE, H. Antibacterial and antioxidant effects of five spice and herb extracts as natural preservatives of raw pork. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 89, n.11, p. 1879-1885, 2009.

SOGLIA, F.; PETRACCI, M.; MUDALAL, S.; VANNINI, L.; GOZZI, G.; CAMPRINI, L.; CAVANI, C. Partial replacement of sodium chloride with potassium chloride in marinated rabbit meat. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 49, n. 10, p. 2184-2191, oct. 2014.

SOUZA, A.; BEZERRA, I. N.; PEREIRA, R. A.; PETERSON, K. E.; SICHIERI, R. Dietary sources of sodium intake in Brazil in 2008-2009. **Journal Academy of Nutrition Diet**, v. 113, n. 10, p. 1359-1365, oct. 2013.

SUNG, K. K.; GOFF, H. D. Effect of solid fat content on structure in ice creams containing palm kernel oil and high-oleic sunflower oil. **Journal of Food Science**, v.75, n. 3, p. 274-279, apr. 2010.

TAKAI, E.; YOSHIKAWA, S.; EJIMA, D.; ARAKAWA, T.; SHIRAKI, K. Synergistic solubilization of porcine myosin in physiological salt solution by arginine. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 62, p. 647-651, nov. 2013.

THE DIETARY GUIDELINES FOR AMERICANS. Executive Summary. Health Educato, **Word Count: 239**, v. 37,n. 1,p. 28, dec. 2005.

TERRA, N. N.; TERRA, A. B. de M.; TERRA, L. de M. **Defeitos nos produtos cárneos: origens e soluções**. (1th ed.), São Paulo, Varela, 2004.

TERRELL, R. N. Reducing the sodium content of processed meats. **Food Technology**, p. 66-71, 1983.

TRES, A.; BOU, R.; CODONY, R.; GUARDIOLA, F. Dietary n-6- or n-3-rich vegetable fats and α -tocopheryl acetate: effects on fatty acid composition and stability of rabbit plasma, liver and meat. **Animal**, v. 3, n. 10, p. 1408-1419, oct. 2009.

TUDOSE, C.; ZGHEREA, G.; IORDĂCHESCU, G.; NEAGU, C.; ANDRONOIU, D.; CERCEL, F.; ALEXE, P. A study upon salt reduction in emulsified meat products. The annals of the university of dunarea de jos of galati. Fascicle VI. **Food Technology**, v. 41, n. 2, p.42-50, sept. 2017.

UEDA, P.; GULAYIN, P.; DANAEI, G. Long-term moderately elevated LDL-cholesterol and blood pressure and risk of coronary heart disease. **PLOS ONE**, v. 13, n. 7, p.1-13, jul. 2018.

VAN BUREN, L.; DÖTSCH-KLERK, M.; SEEWI, G.; NEWSON, R. S. Dietary impact of adding potassium chloride to foods as a sodium reduction technique. **Nutrients**, v. 8, n. 4, p. 235-248, 2016.

WEI, C. G.; WU, J. Q.; XU, X. L.; ZHOU, G. H. Review on salt in the emulsion type meat products. **Meat Research**, v. 26, p. 28-31, (in Chinese), 2012.

WHO. Diet, nutrition and the prevention of chronic disease. **Report of a Joint WHO/FAO Expert Consultation**. WHO Technical Report Series. Geneva: World Health Organization, 2003.

WHO. **Preventing chronic diseases: a vital investment**, 2009. Disponível em: <http://www.who.int/features/factfiles/global_burden/en/index.html>.

WIKI, H. Para que serve histidina? Benefícios e propriedades. **NutriTienda**, janeiro, 2010. Disponível em: <https://blog.nutritienda.com/pt/histidina>.

YACKINOUS, C.; GUINARD, J. X. Flavour manipulation can enhance the impression of fat in some foods. **Journal of Food Science**, v. 65, n. 5, p. 1270-283, aug. 2000.

YUNES, J. F. F.; TERRA, N. N.; CAVALEIRO, C. P.; FRIES, L. L. M.;GODOY, H. T.; BALLUS, C. A. Perfil de ácidos graxos e teor de colesterol de mortadela elaborada com óleos vegetais. **Ciência Rural**, v. 43, n. 5, p. 924-929, 2013.

ZHANG, Y. W.; ZHANG, L.; HUI, T.; GUO, X. Y.; PENG, Z. Q. Influence of partial replacement of NaCl by KCl, L-histidine and L-lysine on the lipase activity and lipid oxidation in dry-cured loin process. **LWT-Food Science and Technology**, v. 64, n. 2, p. 966-973, dec. 2015.

ZORBA, O.; KURT, S. The effects of different plant oils on some emulsion properties of beef, chicken and turkey meats. **Journal of Food Science &Technology**, v. 43, n. 2, p. 229-236, feb. 2006.

ZHOU, C. L.; LI, J.; TAN, S. J. Effect of L-lysine on the physicochemical properties of pork sausage. **Food Science and Biotechnology**, v. 23, n. 3, p. 775-780, jun. 2014.

ZHOU, C. L.; LI, J.; TAN, S. J.; SUN, G. J. Effects of L-arginine on physicochemical and sensory characteristics of pork sausage. **Advance Journal of Food Science and Technology**, v. 6, p. 660-667, 2014.