**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Aumento da qualidade global de mortadela reformulada com a
adição de gordura vegetal e marinha em substituição da
gordura animal**

Erick Manuel Saldaña Villa

Dissertação apresentada para obtenção do
título de Mestre em Ciências. Área de
concentração: Ciência e Tecnologia de
Alimentos

**Piracicaba
2015**

Erick Manuel Saldaña Villa
Engenheiro Agroindustrial

**Aumento da qualidade global de mortadela reformulada com a adição de
gordura vegetal e marinha em substituição da gordura animal**

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientadora
Profª. Dra. **CARMEN JOSEFINA CONTRERAS CASTILLO**

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre
em Ciências. Área de concentração: Ciência e Tecnologia
de Alimentos

**Piracicaba
2015**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - DIBD/ESALQ/USP**

Saldaña Villa, Erick Manuel

Aumento da qualidade global de mortadela reformulada com a adição de gordura vegetal e marinha em substituição da gordura animal / Erick Manuel Saldaña Villa. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2015.

159 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. Reformulação 2. Baixo conteúdo de gordura 3. Perfil lipídico 4. Características sensoriais I. Título

CDD 664.9
S162a

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

DEDICATORIA

A Dios,
mi familia,
mis amigos,

AGRADECIMENTOS

Este apartado es quizá una de las partes mas difíciles de escribir ya que siempre existe la posibilidad de no mencionar a algunas personas que contribuyeron en el desarrollo de esta disertación, de antemano muchas gracias a todos.

Quiero agradecer de manera muy especial a mi orientadora, la Dra. Carmen Josefina Contreras Castillo, por la confianza y el apoyo brindado, sobre todo en aquellos momentos difíciles donde encontró la forma de solucionar los problemas, por ser un ejemplo para todos los integrantes de su grupo de investigación, le debo mucho!!!. A los honorables profesores miembros del jurado: Al Dr. Raúl Siche Jara, por haberme animado a estudiar fuera del Perú y por haber contribuido en el desarrollo de esta investigación, sus comentarios ayudaron mucho. Al Dr. Jorge Herman Behrens, por haberme ayudado desde el inicio de esta empresa, contribuyendo con sus brillantes ideas y sugerencias, por haber ayudado a mi formación, por haberme aceptado como alumno especial, por haberme mostrado la importancia de la evaluación sensorial en el desarrollo de alimentos y por haber leído detenidamente la versión preliminar de esta disertación sin duda contribuyó grandemente. A la Dra. Marta Helena Fillet Spoto, por haber contribuido en mi formación científica y por haber aceptado ser parte del jurado. A la Dra. Thais Maria Ferreira de Souza Vieira, por estar siempre dispuesta a ayudar, por todos los conocimientos compartidos, por escucharme y por los consejos. A la Dra. Aline de Oliveira Garcia, por haberme recibido en el Instituto de Tecnología de Alimentos, por aceptar el reto de reformular mortadelas, y por todo el conocimiento compartido, lo logramos.

Quiero agradecer a los miembros del laboratorio de “Qualidade e Processamento de Carnes”: A Márcio, por haberme ayudado en el procesamiento de las mortadelas, por haber ayudado en mi formación, por las amables conversaciones. A Clarita, por habernos recibido siempre con los brazos abiertos por ayudarme no solamente a nivel profesional sino también a nivel personal, tu alegría hace la diferencia. Al Dr. Jair, porque con usted

aprendí a preguntar antes de ejecutar. A Kathelyn por estar siempre alegrándonos, por tantos helados y cebadas compartidas. A Beatriz por ayudarme en la mayoría de los análisis fisicoquímicos, por las conversaciones, por enseñarme a ser “língua preta ☺”, por conregirme incontables veces el portuñol, quedo eternamente agradecido. A Sebas y Dario por los momentos compartidos dentro y fuera del laboratorio. A Bruna da neve y Katyri por las divertidas charlas en el “Rucas” y por su amistad. A Felipe, Amanda, Caio y Thais por todo el tiempo compartido.

Mi eterna gratitud al Dr. Pedro Esteves Duarte Augusto por los consejos y las ideas compartidas durante este tiempo, tiene una casa en Perú, allá comerá mucho cuy. A la Dra. Nilda Doris Montes Villanueva por todos los consejos y por los conocimientos transmitidos. Al Dr. Francisco André Ossamu Tanaka y a Renato Salaroli por la gentileza y ayuda en los análisis de microscopía electrónica. A Márcia y a la Dra. Ana Lúcia por toda la ayuda brindada en la elaboración de las mortadelas. Al Dr. Gastón Ares, Lucia Antunez, Leticia Vidal y Ana Jimenez por los conocimientos compartidos sobre análisis sensorial y del consumidor así como del análisis de datos.

A mi eterna “favela” por haberme enseñado a que el trabajo en equipo es mejor que el individualismo, por haberme enseñado que se puede trabajar sin perder la alegría. A nuestra eterna “rainha” Mima, por demostrarnos a todos que podemos investigar sin dejar de ser humildes, porque sin tu ayuda no hubiera podido escribir esta disertación, por todo el tiempo prestado en las correcciones del portugués y español por toda tu ayuda invaluable, muchas gracias. Nuevamente a Kathe por haberme incluido en el grupo y por ser la favela mas favela de todos por demostrar que unidos somos mejores que los mejores. Nuevamente a Bia por estar siempre con nosotros por compartir los momentos difíciles durante el trabajo en el laboratorio, por ser la mano derecha de todos, también por aquellos momentos de descanso que usabas para informarnos sobre la moda local y mundial, nunca cambies. A Sebas por toda la ayuda brindada, por la alegría y por ser mi professor de “palavrões”, se te va a extrañar. A Dario por su ayuda constante en las evaluaciones sensoriales de bacon, por enseñarme las palabras típicas de las regiones de Brasil, então!!!. A

Nuevamente a Bruna por sus compañerimos y por ser la informante oficial de los eventos de moda ☺. A Mariana, la nueva integrante de la favela, en este corto período demostraste ser una favela mas como todos nosotros, muchas gracias por tu compañerimo y lealtad. Se les quiere mucho y recuerden que tienen una casa en Perú, los espero.

Mi agradecimiento infinito para mi familia esalqueana, mis amigos peruanos. A Melina por su sinceridad y compañerismo, por ayudarme en los momentos que mas lo necesitaba. A Carmencita, por ser la hermana que no tuve, muchas gracias por tu amistad. A Yemina por tu paciencia con nosotros, te echaré de menos. A Darío, por las clases de sertanejo. A Claudio, por las alegres charlas y momentos compartidos. A Meliza y Rafael, nuevos integrantes de la colonia peruana, a todos se les quiere mucho.

A los funcionarios y profesores de la Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” por su ayuda infinita. En especial a Ana Paula y Fabio. Al Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição por la disponibilidad de las instalaciones.

Al Programa Nacional de Becas y Crédito Educativo “PRONABEC” por la beca concedida. A la Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo “FAPESP” por el financiamiento del proyecto nº 2013/05359-7.

A Marita, por su amor incondicional, a Julio y Jhordy por la paciencia y el cariño. A mis padres Luz, Carmen, Reyda, Marcial, Julio y Cesar, todo lo que soy es por ustedes.

EPÍGRAFE

“... Recuerda que cualquier momento es bueno para comenzar y que ninguno es tan terrible para claudicar. No olvides que la causa de tu presente es tu pasado, así como la causa de tu futuro es tu presente. Aprende de los audaces, de los fuertes, de quien no acepta situaciones, de quien vivirá a pesar de todo. Piensa menos en tus problemas y más en tu trabajo, y tus problemas sin alimentarlos morirán. Aprende a nacer desde el dolor y a ser más grande que el más grande de los obstáculos...”

Fragmento del Poema “No culpes a nadie”

Pablo Neruda

SUMÁRIO

RESUMO.....	13
ABSTRACT	15
1 INTRODUÇÃO GERAL.....	17
1.1 Ponto de partida da dissertação.....	17
1.2 Revisão bibliográfica	17
1.3 Justificativa e objetivos.....	25
Referencias	28
2 INFLUÊNCIA DA SUBSTITUIÇÃO DA GORDURA ANIMAL POR GORDURA VEGETAL EM MORTADELAS FORMULADAS COM DIFERENTES HIDROCOLÓIDES	33
Resumo	33
Abstract	33
2.1 Introdução	34
2.2 Material e Métodos.....	35
2.3 Resultados e Discussão.....	41
2.4 Conclusões	52
Referências	52
3 MICROESTRUTURA, PERFIL INSTRUMENTAL DE TEXTURA E ANÁLISE DESCRITIVA DE TEXTURA PARA MORTADELA TRADICIONAL E LIGHT ..	57
Resumo	57
Abstract	57
3.1 Introdução	58
3.2 Material e Métodos.....	59
3.3 Resultados e Discussão.....	65
3.4 Conclusões	75
Referências	75

4 OTIMIZAÇÃO DO PERFIL LIPÍDICO E DUREZA DA MORTADELA SEGUINDO UMA ESTRATÉGIA SEQUENCIAL DO PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL.....	79
Resumo.....	79
Abstract.....	79
4.1 Introdução.....	80
4.2 Material e Métodos.....	82
4.3 Resultados e Discussão.....	89
4.4 Conclusões.....	99
Referências.....	100
5 FORMULAÇÃO DE MORTADELAS SAUDÁVEIS: CARACTERÍSTICAS SENSORIAIS E SUA RELAÇÃO COM A ACEITAÇÃO DO CONSUMIDOR .	103
Resumo.....	103
Abstract.....	103
5.1 Introdução.....	104
5.2 Material e Métodos.....	105
5.3 Resultados e Discussão.....	115
5.4 Conclusões.....	151
Referências.....	151
6 CONCLUSÕES GERAIS.....	159

RESUMO

Aumento da qualidade global de mortadela reformulada com a adição de gordura vegetal e marinha em substituição da gordura animal

A carne exerce um papel crucial na evolução humana e é um componente importante em dietas saudáveis e balanceadas, uma vez que apresenta propriedades nutricionais, é fonte de proteína de alto valor biológico e de algumas vitaminas e minerais. No entanto, estudos recentes têm estabelecido uma relação direta entre o consumo de produtos cárneos e o aumento no risco de distúrbios graves de saúde, como câncer colo retal e doenças cardíacas. Assim, o desenvolvimento de produtos cárneos com níveis reduzidos de gordura, que sejam similares aos produtos tradicionais, apresentando boa aceitabilidade pelos consumidores, é essencial para a melhoria da saúde humana. No entanto, poucos trabalhos da literatura tem estudado a incorporação de pré-emulsões como substituto da gordura animal, especialmente em relação às características sensoriais. O presente trabalho estudou o efeito da substituição de gordura animal por óleos vegetais e marinhos sobre as propriedades físicas, químicas e sensoriais de mortadela formulada com diferentes hidrocolóides. Na primeira parte do trabalho avaliaram-se as propriedades físicas, químicas e sensoriais da mortadela reformulada usando gordura vegetal hydrogenada como substituto de gordura animal, e foi verificado que o uso da gordura vegetal hydrogenada não é adequado como substituto da gordura animal devido à redução da qualidade nutricional, especificamente do perfil lipídico, e da qualidade sensorial, especificamente da dureza. Após isto, estudou-se a microestrutura, a textura sensorial descritiva e o perfil instrumental de textura da mortadela tradicional e light e, através dos resultados, os parâmetros de dureza e elasticidade foram considerados como referências na seguinte etapa da reformulação. Em seguida, otimizou-se o perfil lipídico e, através de uma estratégia sequencial de planejamento experimental, as proporções adequadas de óleos em pré-emulsões foram obtidas, assim como a dureza e a elasticidade foram otimizadas, em função da composição da pré-emulsão composta de alginato de sódio, goma guar e isolado proteico de leite. Avaliaram-se, então, as características sensoriais da mortadela e sua relação com a aceitação do consumidor. O atributo direcionador da preferência, segundo a correlação entre as respostas da análise descritiva e do teste de aceitação, foi a textura "borrachenta", confirmando-se assim que mesmo adicionando um hidrocolóide para diminuir a dureza, esta diminuição resultou em um novo atributo negativo. As perguntas *Check- all-that-apply* (CATA) juntamente com a Análise de Penalização e a PLSR de variáveis fictícias com a aceitação ajudaram a identificar o "sabor estranho", "sabor característico", "textura gelatinosa" e "textura firme" como os principais atributos a serem modificados numa reformulação posterior. Dessa forma, conclui-se que através da estratégia de reformulação planejada, pode-se elaborar uma mortadela com um perfil lipídico em consonância com as recomendações de uma dieta saudável, levando em consideração a opinião do consumidor.

Palavras chave: Reformulação; Baixo conteúdo de gordura; Perfil lipídico; Características sensoriais

ABSTRACT

Increase of overall quality of reformulated mortadella with the addition of vegetable and marine fat in substitution of animal fat

Meat plays a crucial role in human evolution and it is an important component in healthy and balanced diets, since it presents nutritional properties, it is source of proteins of high biological value, and some vitamins, and minerals. However, recent studies have established a direct relationship between the consumption of meat products and the increased risk of serious health disorders, such as colorectal cancer and coronary-heart diseases. Thus, the development of meat products with reduced fat levels that are similar to traditional products and with good consumer acceptability is essential for the improvement of the human health. However, few studies in the literature have studied the incorporation of pre-emulsion as animal fat substitute, especially regarding the sensory characteristics. The present study evaluated the effect of the animal fat substitution by vegetable and marine oils on the physical, chemical, and sensory properties of mortadella formulated with different hydrocolloids. In the first part of the study, the physical, chemical and sensory properties of reformulated mortadella using hydrogenated vegetable fat as animal fat replacer were evaluated and it was verified that the use of hydrogenated fat is not suitable as animal fat replacer due to a reduction in the nutritional quality, specifically regarding the lipid profile, and in the sensory quality, specifically regarding hardness. After this, the microstructure, the descriptive sensory texture and the instrumental profile of the traditional and light mortadella were studied and, through the results, the parameters of hardness and elasticity were considered as references to the next step of the reformulation. Then, the lipid profile was optimized and, through a sequential strategy of experimental design, the appropriate proportions of oils in pre-emulsions were obtained, as well as the hardness and elasticity were optimized according to the pre-emulsion composition composed of sodium alginate, guar gum and isolated milk protein. The sensory characteristics of the mortadella and their relationship with the consumer acceptance were then evaluated. According to the correlation between the answers of the descriptive analysis and the acceptance test, the driver of liking was the "rubbery" texture, thus confirming that, even by adding a hydrocolloid to reduce the hardness, this decrease resulted in a "new negative attribute". The questions *Check-all-that-apply* (CATA), along with the Penalty Analysis and the PLSR of dummy variables with the acceptance helped to identify the "strange flavor", "characteristic flavor," "gelatinous texture" and "firm texture" as the key attributes to be modified at a later reformulation. Thus, it is concluded that, through the planned reformulation strategy, it was possible to develop a mortadella with a lipid profile in agreement with the recommendations of a healthy diet, taking into account the consumer's opinion.

Keywords: Reformulation; Low fat content; Lipid profile; Sensory characteristics.

1 INTRODUÇÃO GERAL

1.1 Ponto de partida da dissertação

Por mais irracional que isso possa parecer, uma elevada porcentagem de consumidores acredita que a mortadela é mais gostosa se tem glóbulos de gordura no meio da massa e se está coberta por gordura líquida na superfície. Ao realizar os pré-testes desta dissertação, no laboratório de microscopia eletrônica me perguntaram “Como fará com que eu coma uma mortadela reformulada se, em meu conceito, a mortadela deve ser: salgada e gordurosa (com grandes pedaços de gordura dentro da mesma)?”. Se você me der uma mortadela diferente, para mim não é mortadela”

Esta anedota é apenas um exemplo que ressalta a importância no estudo das características tecnológicas e nutricionais tendo em consideração as características sensoriais no processo de reformulação de produtos alimentícios, focando nossas pesquisas em avaliar como muda a percepção do consumidor ao reformular um produto.

1.2 Revisão bibliográfica

1.2.1 Produtos cárneos emulsionados

Na elaboração de produtos cárneos emulsionados podem estar envolvidos diferentes processos de cominuição. Seus efeitos sobre a matéria-prima cárnea na formação da matriz proteica são de extrema importância para a qualidade. Os produtos cárneos emulsionados, tradicionalmente, são compostos de tecido muscular, tecido adiposo, água e sal. Durante o processo de cominuição, as membranas das células musculares são rompidas, expondo as miofibrilas, o que permite a extração das proteínas solúveis em soluções salinas, concomitante à redução de tamanho das partículas de carne e gordura (ABERLE et al., 2001).

1.2.2 Desenvolvimento de produtos cárneos saudáveis

Os recentes avanços na ciência dos alimentos e nutrição destacaram a possibilidade de modular algumas funções fisiológicas específicas no organismo através da ingestão de alimentos. Isto significa que é possível

otimizar certas funções fisiológicas, através da dieta ou dos componentes da dieta, a fim de melhorar o estado de saúde e bem-estar reduzindo o risco de doenças. Neste contexto, o surgimento dos chamados alimentos funcionais criou um mercado que a cada dia se expande impulsionando o desenvolvimento de novos produtos (JIMENEZ-COLMENERO, 2007).

Assim como outros setores associados à alimentação, a indústria cárnea atualmente tem buscado aprimorar a qualidade nutricional dos produtos alimentícios impulsionados entre outras coisas pelas mudanças na demanda dos consumidores. Uma das principais tendências no consumo de produtos cárneos é o interesse do consumidor nas possibilidades de melhorar a saúde através da dieta. Alimentos funcionais à base de carne são vistos como uma oportunidade de melhorar a sua "imagem" e atender às necessidades dos consumidores, bem como para atualizar os objetivos nutricionais na dieta.

Devido à sua importância, lipídios encontram-se entre os componentes bioativos (ingredientes funcionais) que têm recebido a atenção, em particular com respeito ao desenvolvimento de produtos cárneos saudáveis (ARIHARA, 2006).

Recomendações para ingestão ideal de ácidos graxos totais e insaturados têm sido propostas por uma série de autoridades científicas e organizações nutricionais, incluindo a Organização Mundial de Saúde (OMS) (AMINE et al., 2002). A ingestão dietética de gordura deve idealmente representar entre 15% e 30% da energia total da dieta. Para os ácidos graxos, não mais do que 10% deve vir de ácidos graxos saturados (SFA). Ácidos graxos poli-insaturados (PUFA) devem representar 10,6% enquanto os ácidos graxos mono-insaturados e as gorduras trans devem representar 10-15% e <1%, respectivamente (WHO, 2003). Recomenda-se também limitar a ingestão de colesterol para 300 mg/dia (AMINE et al., 2002). Há muitas evidências que sugerem que o consumo regular ou suplementação na dieta com PUFA's do tipo n3 de cadeia longa (ácido graxo eicosapentaenóico - EPA, 20:5 e ácido graxo docosahexaenóico - DHA C22:6) confere uma série de benefícios para a saúde (GARG et al., 2006). Uma vez que as consequências para a saúde baseado no consumo de gorduras são determinadas pelas proporções entre os

ácidos graxos, algumas recomendações ainda são feitas com base nas razões de ácidos graxos específicos. Deste modo, a proporção recomendada de PUFA/SFA é entre 0,4 e 1,0; e a relação n6/n3 não deve exceder 4 (WOOD et al., 2004). Quantidades excessivas da relação n6/n3 promovem muitos tipos de patogêneses, incluindo doenças cardiovasculares, ao passo que níveis aumentados de n3 (baixa relação de n6/n3) exercem efeitos supressores (SIMOPOULOS, 2002). Recentemente, foi demonstrado que o maior fator de risco para aterosclerose e doença isquêmica do coração não é a hipercolesterolemia ou alta ingestão de colesterol, mas sim uma elevada relação de n6/n3. Assim, embora considere-se que uma ingestão baixa de gordura na dieta é melhor, aspectos qualitativos da necessidade de gordura devem ser levados em consideração, incluindo o fato de que alguns ácidos graxos são essenciais na dieta.

1.2.3 Substituição e redução de gordura saturada em produtos cárneos

Critérios tecnológicos da qualidade da boa gordura

A gordura está presente na carne dos animais como depósito subcutâneo podendo estar nas formas intermusculares e intramusculares. Cada um desses depósitos de gordura tem um papel particular em produtos cárneos processados. É por isso que a gordura intramuscular é particularmente desejada na produção de presunto e gorduras subcutâneas na maioria dos produtos cárneos emulsionados e mistos. O toucinho influencia a textura dos produtos cárneos, expressa em parâmetros como a dureza, gomosidade, suculência e mastigabilidade, e o resultado das suas características físicas dependem da temperatura e composição dos ácidos graxos (HUGO; ROODT, 2007).

O toucinho oferece atributos na textura dos produtos cárneos, tais como a dureza, gomosidade, suculência, mastigabilidade, e o resultado das suas características físicas dependem da temperatura e composição dos ácidos graxos (HUGO; ROODT, 2007; WOOD et al., 2004). Esses atributos tecnológicos de qualidade são definidos por aspectos como: a porcentagem de gordura extraída, firmeza, consistência, cor, índice de iodo, conteúdo de C18:2,

proporção de C18:0/C18:2, quantidade de ligações duplas, teor de ácidos graxos, temperatura de fusão, conteúdo de gordura sólida, conteúdo de ácidos graxos livres, estabilidade oxidativa, índice de peróxidos, índice de saponificação, entre outros fatores (HUGO; ROODT, 2007; WOOD et al., 2004).

1.2.4 Opções tecnológicas para a substituição de gordura de origem animal

Devido às diferentes características físico-químicas que apresentam os óleos de origem vegetal e marinho quando comparada com a gordura animal, há necessidade de ajustar as condições de processamento para induzir os atributos de qualidade desejados no produto reformulado. Os procedimentos usados para incorporar gorduras de origem vegetal ou marinha em produtos cárneos variam entre a adição direta na forma de óleo líquido ou sólido (incluindo óleos interesterificados), podendo ainda incorporar sob a forma encapsulada e pré-emulsionada (JIMENEZ-COLMENERO, 2007).

Incorporação de óleo líquido

Os óleos estão entre os materiais lipídicos mais comumente utilizados para substituição de gordura animal. Uma vez que eles são líquidos à temperatura ambiente ou mesmo sob-refrigeração, a incorporação em alguns tipos de produtos cárneos processados pode causar dificuldades tecnológicas. O óleo deve ser incorporado em forma de gotículas estáveis, que não se aglutinam durante o processamento ou cozimento do produto, caso contrário, isto resultaria na perda de óleo proporcionando um produto de má qualidade. Outro aspecto importante é que eles são mais susceptíveis à oxidação lipídica por causa dos seus ácidos graxos altamente insaturados.

Óleo líquido foi incorporado em diversos tipos de produtos cárneos. As condições de incorporação variam de acordo com fatores relacionados ao tipo de produto cárneo elaborado (tecido muscular intacto, produtos frescos, baseados em emulsão ou fermentados) e as características e quantidade de óleo incorporado.

Em produtos cárneos elaborados a base de tecido muscular intacto, o óleo líquido foi adicionado por micro-injeção. Este procedimento geralmente precisa ser acompanhado por outros ingredientes e processos mecânicos, a fim de favorecer as características finais do produto. Óleos líquidos foram adicionados diretamente em produtos tipo hambúrguer (DZUDIE et al., 2004; LOWDER; OSBURN, 2010; RODRÍGUEZ-CARPENA; MORCUENDE; ESTEVEZ, 2011) e salame (SEVERINI; DE PILLI; BAIANO, 2003).

Incorporação de óleos pré-emulsionados

A pré-emulsão é geralmente usada quando se incorporam gorduras que são difíceis de estabilizar. A pré-emulsão é uma emulsão de óleo em água com um agente emulsificante, tipicamente uma proteína de origem não cárnea. É feita antes da fabricação do produto cárneo e adicionada como um ingrediente que substitui a gordura em produtos cárneos. A tecnologia de pré-emulsão com uma proteína não cárnea melhora a capacidade de ligação da gordura na matriz cárnea, uma vez que os óleos podem ser estabilizados ou imobilizados numa matriz proteica. Isto reduz as possibilidades de separação física do óleo da estrutura do produto cárneo, permanecendo estável ao longo do processamento e também sob as diferentes condições que são expostas após o processamento, durante o armazenamento, até o consumo (DJORDJEVIC et al., 2004). Além de serem fisicamente estáveis durante a vida útil do produto, as emulsões de óleo em água constituem um excelente meio de melhorar a estabilidade oxidativa dos lipídios e como medida de proteção adicional pode-se utilizar antioxidantes para inibir a oxidação de lipídios (DJORDJEVIC et al., 2004). Devido às suas características físico-químicas, as pré-emulsões são adequadas para utilização na formulação de uma grande variedade de produtos cárneos. Vários processos têm sido relatados para a produção de óleo pré-emulsionado (origem vegetal ou marinho) em água para a incorporação posterior em produtos cárneos. O método mais utilizado é um proposto por Hoogenkamp, usado em inúmeras aplicações (ANSORENA; ASTIASARÁN, 2004) que consiste em uma pré-emulsão preparada através da mistura de oito partes de água quente (50-60°C) com uma parte de caseinato

de sódio ou proteína isolada de soja misturada durante 2 minutos. A mistura é emulsionada, com 10 partes de óleo por mais 3 minutos. Pré-emulsões preparadas com óleo de oliva, linhaça, peixes e canola foram preparadas usando esse método. De modo geral, o caseinato de sódio (CS) é utilizado como um agente emulsificante em produtos cárneos emulsionados, enquanto a proteína isolada de soja (PIS) tem sido utilizada em produtos cárneos fermentados. PELSER et al. (2007) relatam que o CS não foi adequado como emulsionante no preparo de pré-emulsão de óleo de linhaça incorporado em salsichas fermentadas; os mesmos explicaram que a emulsificação foi inadequada e uma película formou-se entre o revestimento e o produto cárneo, de modo que o produto não estava completamente seco. Outros procedimentos de pré-emulsão implicam basicamente em alterar a proporção de emulsificante e da relação óleo/água. Assim, uma pré-emulsão de azeite foi utilizada na elaboração de salsichas fermentadas secas turcas, preparadas com água, PIS e azeite na proporção de 5:1:5. (KAYAARDI; GÖK, 2004).

Djordjevic et al. (2004) descreveram a preparação de uma emulsão de óleo em água com 25% em peso de óleo de algas estabilizada com isolado proteico de soro de leite ou com caseinato de sódio e antioxidantes (tocoferol e EDTA) em pH 3. Eles descobriram que as emulsões de óleo em água estabilizadas com isolado proteico do soro do leite foram estáveis à oxidação em pH 3.

A incorporação de lipídios na reformulação de um produto cárneo usando apenas um óleo ou azeite, podendo ser de origem vegetal ou marinho melhora o perfil lipídico, mas para obter um perfil lipídico em concordância com a OMS é necessário utilizar uma mistura de óleos ou azeites que aportem diferentes ácidos graxos nas proporções adequadas.

1.2.5 Análise sensorial

A análise sensorial permite avaliar as sensações que se produzem quando um alimento é consumido e oferece uma dimensão muito importante no estudo da qualidade dos alimentos. A análise é definida como a disciplina científica utilizada para evocar, medir, e analisar as reações àquelas

características dos alimentos e outras substâncias percebidas pelos sentidos da visão, olfato, paladar, tato e audição. Os resultados das análises sensoriais ajudam no desenvolvimento de novos produtos, nas avaliações da garantia da qualidade e da satisfação do consumidor, em soma, do sucesso do produto no mercado (ASTM, 2014). A Tabela 1.1 resume as três classes de testes sensoriais e seus diferentes objetivos, além de critérios distintos de seleção dos participantes.

Tabela 1.1 - Classificação dos métodos de avaliação sensorial

Classe	Objetivo	Tipo de teste	Seleção dos Provedores
Discriminativos	Verificar se há diferença entre os produtos	Analítico	Por acuidade sensorial; orientados para o método; podem ser treinados.
Descritivos	Como produtos diferem em características sensoriais específicas	Analítico	Por acuidade sensorial e motivação; treinados ou altamente treinados.
Afetivos	Aceitabilidade e Preferência	Hedônico	Por tipo de produto; não treinados (consumidores).

Fonte: Adaptado de LAWLESS; HEYMANN, 2010

Análise Descritiva Quantitativa

Segundo Stone e Sidel, (2004), a Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) é uma ferramenta de grande utilidade no estudo de produtos alimentícios. Esta metodologia conduz a uma descrição completa dos produtos e fornece a base para a determinação das características sensoriais chave do produto e, conseqüentemente, a relação destes atributos com a aceitação.

As etapas da ADQ são: 1) pré-seleção da equipe, de acordo com poder discriminativo e sensibilidade, além da disponibilidade dos membros; 2) levantamento dos atributos que evidenciam as características sensoriais dos produtos, podendo-se utilizar o método rede (Repertory Grid Method) para que os provedores avaliem individualmente as similaridades e diferenças das amostras. As listas são agrupadas para a definição dos termos descritores; 3) desenvolvimento consensual do vocabulário descritivo, com as definições e

referências dos atributos; 4) provadores são treinados na avaliação dos atributos, aprendendo as definições e considerando as referências; 5) seleção final da equipe, quando os provadores avaliam as amostras em mais de duas repetições, e os dados obtidos são avaliados por Análise da Variância (ANOVA). Os provadores são selecionados com base em sua capacidade discriminatória, reprodutibilidade e consenso com a equipe sensorial (BEHRENS, 1998).

A equipe final avalia todas as amostras, em repetições, e os dados podem ser analisados por ANOVA, a análise estatística mais apropriada para avaliar os resultados de um teste descritivo. Além disso, podem ser usadas técnicas multivariadas, como a Análise de Componentes Principais (ACP) (STONE; SIDEL, 2004).

A terminologia deve ser objetiva, compreensível e aplicável no contexto do estudo em questão. Termos técnicos, subjetivos, muito específicos ou estéticos devem ser evitados. A terminologia desenvolvida com consumidores é a que melhor representa as características de um produto, tal como são percebidas pelo mercado em geral (LAWLESS; HEYMANN, 2010).

Mesmo as abordagens descritivas convencionais sendo amplamente usadas como referências para os perfis sensoriais, estas se deparam com algumas limitações, como a dificuldade de medir percepções. Estas considerações levaram os cientistas sensoriais a desenvolverem métodos mais rápidos, os quais são adequados para situações onde abordagens convencionais são limitadas (VARELA; ARES, 2014).

Perguntas CATA (Check-all-that-apply)

A pergunta CATA é um método acessível e fácil de usar pelo consumidor. Ele é mais usado para avaliar a percepção dos consumidores sobre as características sensoriais e não sensoriais de produtos alimentares. Esta metodologia ganhou popularidade por causa de sua simplicidade e facilidade de uso (ADAMS et al., 2007; ARES et al., 2010; ARES et al., 2011; VARELA; ARES, 2014). Neste método uma lista de termos é apresentada aos consumidores e estes são solicitados a selecionar todos os que eles

consideram apropriados para descrever o produto. A relevância de cada termo para cada produto é determinada pelo cálculo da frequência de menção. Este método pode ser utilizado para identificar quais as características do produto são importantes para o consumidor e sua relação com os determinantes da aceitação ou de preferência em combinação com os dados de aceitabilidade.

1.3 Justificativa e objetivos

A carne exerce um papel crucial na evolução humana e é um componente importante em dietas saudáveis e balanceadas, uma vez que apresenta propriedades nutricionais, é fonte de proteína de alto valor biológico e de algumas vitaminas e minerais (SANTOS et al., 2013). No entanto, estudos recentes têm estabelecido uma relação direta entre o consumo de produtos cárneos e o aumento no risco de distúrbios graves de saúde, como câncer colo retal e doenças cardíacas coronarianas (FERGUSON, 2010; RODRÍGUEZ-CARPENA et al., 2012).

No Brasil, a mortadela é um dos produtos cárneos mais produzidos e seu consumo tem se tornado popular principalmente devido ao seu baixo custo, sabor agradável e aos diferentes tipos de produtos disponíveis, que podem ser produzidos utilizando-se diferentes tipos de gordura, uma vez que a legislação brasileira permite sua ampla classificação em função da sua composição (GUERRA et al., 2011). Atualmente, consumidores têm demandado produtos naturais e saudáveis, incluído produtos cárneos com melhores propriedades nutricionais (DOMÉNECH-ASENSI et al., 2013). Assim, o desenvolvimento de produtos cárneos com níveis reduzidos de gordura, que sejam similares aos produtos tradicionais, apresentando boa aceitabilidade pelos consumidores, é essencial para a melhoria da saúde humana.

Neste contexto a Indústria de Alimentos está fazendo esforços contínuos para desenvolver novos produtos cárneos com níveis reduzidos de gordura aliado as recomendações da Organização Mundial da Saúde (WHO, 2003), que recomenda uma ingestão ideal de gordura entre 15 e 30% do consumo total de energia. Para os ácidos graxos, não mais do que 10% de calorias deve vir de ácidos graxos saturados. Ácidos graxos poli-insaturados devem representar 10,6% enquanto os ácidos graxos monoinsaturados, e as gorduras

trans devem representar 10-15% e <1%, respectivamente (JIMENEZ-COLMENERO, 2007; WHO, 2003).

Em resposta a estas considerações e com a necessidade de fornecer produtos cárneos mais saudáveis (BERASATEGI et al., 2011). Uma estratégia para melhorar a qualidade nutricional dos produtos cárneos é melhorar seu perfil lipídico através da substituição da gordura animal por outro tipo de gordura. Uma grande variedade de gorduras não cárneas (de origem vegetal e marinho) têm sido utilizadas como substitutos parciais de gordura animal (principalmente gordura bovina e suína) em vários produtos cárneos (JIMENEZ-COLMENERO, 2007).

No entanto, a substituição de gordura animal com diferentes gorduras não cárneas representa um sério desafio sensorial, nutricional e tecnológico no desenvolvimento de produtos cárneos reformulados (SALDAÑA et al., 2015). Conforme estudo publicado por Saldaña et al. (2015), a textura sensorial e instrumental da mortadela mudou de acordo com o nível de gordura, diminuindo a dureza quando o conteúdo de gordura era maior na composição. Esta variação no conteúdo de gordura causou mudanças na microestrutura da mortadela, gerando produtos com uma estrutura mais desorganizada. Em consequência, a mortadela ficou mais dura conforme o conteúdo de gordura diminuía na formulação.

Frente a esse cenário, Jimenez-Colmenero et al. (2007), implementaram diferentes opções tecnológicas para substituir a gordura animal, onde a substituição da mesma por pré-emulsões é apresentada como uma alternativa promissora devido à gordura ser estabilizada antes da incorporação na emulsão final (massa da mortadela). A grande maioria de estudos prévios onde foi usada a pré-emulsão como substituinte da gordura animal estava composta de uma fração lipídica contendo apenas um tipo de gordura ou hidrocolóide (COFRADES et al., 2013; DELGADO-PANDO et al., 2010 e POYATO et al., 2013). No entanto, até hoje não foi realizado nenhum estudo onde se avalie as propriedades nutricionais e de textura em função da adição de pré-emulsões compostas de uma mistura de óleos e hidrocolóides.

É inviável um produto que possua excelentes características químicas, nutricionais, tecnológicas ou microbiológicas se as propriedades sensoriais e hedônicas deste produto não atingem as expectativas do consumidor. Neste contexto um dos desafios da análise sensorial é fornecer informação útil para direcionar a formulação dos produtos. Assim sendo, a Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) é a metodologia clássica mais utilizada (HILDEGARDE; ELLENA; HELENE, 2014) para caracterizar as propriedades sensoriais dos alimentos (BRUZZONE; ARES; GIMÉNEZ, 2013). Enquanto que as avaliações hedônicas são realizadas pelos consumidores (HUSSON et al., 2001). Embora a ADQ forneça informação detalhada, consistente e confiável, vários inconvenientes limitam sua aplicação em diversas situações, uma das dificuldades mais relevantes da ADQ é o tempo necessário para a sua execução (ARES; VARELA, 2012). Considerando a crescente necessidade de acelerar o processo de desenvolvimento de produtos e de integrar plenamente a percepção dos consumidores para aumentar a probabilidade de sucesso dos produtos desenvolvidos no mercado, novas metodologias para a caracterização sensorial já começaram a serem utilizadas como as perguntas CATA que visa ser acessível e de fácil uso para o consumidor.

Objetivo geral

Avaliar o efeito da substituição de gordura animal por óleos vegetais e de origem marinha nas propriedades físicas, químicas e sensoriais da mortadela formulada com diferentes hidrocóloides.

Objetivos específicos

1. Avaliar as propriedades físicas, químicas e sensoriais da mortadela reformulada usando gordura vegetal hidrogenada como substituto de gordura animal, verificando, se o uso da gordura vegetal hidrogenada é adequado como substituto da gordura vegetal.
2. Analisar a microestrutura, a textura sensorial descritiva e o perfil instrumental de textura da mortadela tradicional e light visando estabelecer os

parâmetros tradicionais para ser considerado como referências na reformulação de mortadelas.

3. Otimizar o perfil lipídico obtendo as proporções adequadas do material lipídico (óleo de canola, azeite de oliva e óleo de origem marinho) em pré-emulsões de alginato de sódio, goma guar e isolado proteico de leite como sistema modelo utilizando o delineamento de misturas.

4. Substituir e reduzir a gordura animal utilizando a proporção otimizada de material lipídico e hidrocolóides na forma de pré-emulsões na dureza e elasticidade instrumental de mortadela reformulada.

5. Caracterizar sensorialmente as mortadelas otimizadas mediante provadores treinados usando Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) e a percepção do consumidor mediante perguntas Check-all-that-apply (CATA).

Referencias

ABERLE, E.D.; FORREST, J.C.; GERRARD, D.E.; MILLS, E.W. **Principles of Meat Science**. 40 ed. Iowa: Kenall/ Hunt Publishing Company, 2001. 354p.

ADAMS, J.; WILLIAMS, A.; LANCASTER, B.; FOLEY, M. Advantages and uses of check-all-that-apply response compared to traditional scaling of attributes for salty snacks. In: PANGBORN SENSORY SCIENCE SYMPOSIUM, 7., 2007. Hyatt Regency, Minneapolis. **Proceedings...**Minneapolis:Elsevier, 2007. 1 CD-ROM.

ARES, G.; DELIZA, R.; BARREIRO, C.; GIMENEZ, A.; GAMBARO A. Comparison of two sensory profiling techniques based on consumer perception. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 21, n. 4, p. 417-426, 2011.

ARES, G.; VARELA, P.; RADO, G.; GIMÉNEZ, A. Are consumer profiling techniques equivalent for some product categories? The case of orange flavoured powdered drinks. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 46, n. 8, p. 1600–1608, 2011.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Standards Sensory-evaluation**. Disponível em: <<http://www.astm.org/Standards/sensory-evaluation-standards.html>> Acesso em: 22 maio 2015.

AMINE, E.; BABA, N.; BELHADJ, M.; DEURENBERY-YAP, M.; DJAZAYERY, A.; FORRESTER, T.; GALUSKA, D.; HERMAN, S.; JAMES, W.; MBUYAMBA, J. Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases: report of a Joint WHO/FAO Expert Consultation. **World Health Organization**, 2002.

ARIHARA, K. Strategies for designing novel functional meat products. **Meat Science**, Barking, v. 74, n. 1, p. 219-229, 2006.

ANSORENA, D.; ASTIASARÁN, I. The use of linseed oil improves nutritional quality of the lipid fraction of dry-fermented sausages. **Food Chemistry**, London, v. 87, n. 1, p. 69-74, 2004.

BEHRENS, J.H. **Avaliação do perfil sensorial e aceitação de vinhos brancos varietais risling, gewürztraminer e chadornnay produzidos no Brasil**, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, 1998.

BRUZZONE, F.; ARES, G.; GIMÉNEZ, A. Temporal aspects of yoghurt texture perception. **International Dairy Journal**, Barking, v. 29, n. 2, p. 124-134, 2013.

COFRADES, S.; ANTONIOU, I.; SOLAS, M.T.; HERRERO, A.M.; JIMÉNEZ-COLMENERO, F. Preparation and impact of multiple (water-in-oil-in-water) emulsions in meat systems. **Food Chemistry**, London, v. 141, n. 1, p. 338-346, 2013.

DELGADO-PANDO, G.; COFRADES, S.; RUIZ-CAPILLAS, C.; SOLAS, M. T.; JIMÉNEZ-COLMENERO, F. Healthier lipid combination oil-in-water emulsions prepared with various protein systems: An approach for development of functional meat products. **European Journal of Lipid Science and Technology**, Weinheim, v. 112, n. 7, p. 791-801, 2010.

DJORDJEVIC, D.; KIM, H.J.; MCCLEMENTS, D.J.; DECKER, E.A. Physical stability of whey protein-stabilized oil-in-water emulsions at pH 3: Potential ω -3 fatty acid delivery systems (Part A). **Journal of Food Science**, Chicago, v. 69, n. 5, p. C351-C355, 2004.

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

DZUDIE, T.; KOUÉBOU, C.P.; ESSIA-NGANG, J.J.; MBOFUNG, C.M. F. Lipid sources and essential oils effects on quality and stability of beef patties. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 65, n. 1, p. 67-72, 2004.

FERGUSON, L. Meat and cancer. **Meat Science**, Barking, v. 84, n. 2, p. 308-313, 2010.

GARG, M.L.; WOOD, L.G.; SINGH, H.; MOUGHAN, P.J. Means of Delivering Recommended Levels of Long Chain n-3 Polyunsaturated Fatty Acids in Human Diets. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 71, n. 5, p. 66-71, 2006.

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**, Amsterdam, v. 98, n. 1/3, p. 59-63, 2011.

HILDEGARDE, H.; ELLENA, S.K.; HELENE, H. Classical Descriptive Analysis. In: ARES G.; VARELA P. (Ed.). **Novel Techniques in Sensory Characterization and Consumer Profiling**. Boca Raton: Ed. CRC Press - Taylor & Francis, 2014, p. 137-155.

HUGO, A.; ROODT, E. Significance of Porcine Fat Quality in Meat Technology: A Review. **Food Reviews International**, New York, v. 23, n. 2, p. 175-198, 2007.

HUSSON, F.; LE DIEN, S.; PAGÉS, J. Which value can be granted to sensory profiles given by consumers? Methodology and results. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 12, n.5/7, p. 291-296, 2001.

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

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

LAWLESS, H. T.; HEYMANN, H. **Sensory evaluation of food: Principles and Practices**. 2nd ed. New York: Springer, 2010, 596 p.

LOWDER, A.C.; OSBURN, W.N. Inclusion of Blended Lipid Solutions as Functional Ingredients to Alter the Fatty Acid Profile of Beef Patties. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 75, n. 7, p.355-364, 2010.

PELSER, W.M.; LINSEN, J.P.H.; LEGGER, A.; HOUBEN, J.H. Lipid oxidation in n - 3 fatty acid enriched Dutch style fermented sausages. **Meat Science**, Barking, v. 75, n. 1, p. 1-11, 2007.

POYATO, C.; NAVARRO-BLASCO, I.; CALVO, M.I.; CAVERO, R.Y.; ASTIASARÁN, I.; ANSORENA, D. Oxidative stability of O/W and W/O/W emulsions: Effect of lipid composition and antioxidant polarity. **Food Research International**, Barking, v. 51, n. 1, p. 132-140, 2013.

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**, Barking, v. 90, n. 1, p. 106-115, 2012.

SALDAÑA, E.; CORRÊA, A.L.S.; SELANI, M.M.; SPADA, P.F.; DE ALMEIDA, A.A.; CONTRERAS-CASTILLO, C.J. Influence of animal fat substitution by vegetal fat on Mortadella-type products formulated with different hydrocolloids. **Scientia Agricola**, Piracicaba, In Press, 2015.

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**, Barking, v. 54, n. 2, p. 1705-1711, 2013.

SEVERINI, C.; DE PILLI, T.; BAIANO, A. Partial substitution of pork backfat with extra-virgin olive oil in 'salami' products: effects on chemical, physical and sensorial quality. **Meat Science**, Barking, v. 64, n. 3, p. 323-331, 2003.

SIMOPOULOS, A.P. The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids. **Biomedicine & Pharmacotherapy**, Paris, v. 56, n. 8, p. 365-379, 2002.

STONE, H.; SIDEL, J. **Sensory evaluation practices**. 3rd ed. New York: Academic Press, 2004. 408 p.

MILAGRO, R.; FIDEL, T.; FRANCISCO, J.-C. New Approaches for the Development of Functional Meat Products. In: (Ed.). **Advanced Technologies For Meat Processing**: CRC Press, 2006. 275-308 p.

VARELA, P.; ARES, G. **Novel techniques in sensory characterization and consumer profiling**. Boca Raton: CRC Press, 2014. 408 p.

VARELA, P.; ARES, G. Sensory profiling, the blurred line between sensory and consumer science. A review of novel methods for product characterization. **Food Research International**, Barking, v. 48, n. 2, p. 893-908, 2012.

World Health Organization. **Diet, Nutrition and the Prevention of Chronic Disease**. 2003. 311 p.

WOOD, J.D.; RICHARDSON, R.I.; NUTE, G.R.; FISHER, A.V.; CAMPO, M.M.; KASAPIDOU, E.; SHEARD, P.R.; ENSER, M. Effects of fatty acids on meat quality: a review. **Meat Science**, Barking, v. 66, n. 1, p. 21-32, 2004.

2 INFLUÊNCIA DA SUBSTITUIÇÃO DA GORDURA ANIMAL POR GORDURA VEGETAL EM MORTADELAS FORMULADAS COM DIFERENTES HIDROCOLÓIDES

Resumo

A presente pesquisa estudou o efeito da redução da gordura animal e sua substituição por gordura vegetal hidrogenada, alginato de sódio e goma guar. O perfil de ácidos graxos, a oxidação lipídica, a cor, a textura instrumental, bem como a diferença sensorial entre as formulações de mortadela com redução e substituição da gordura e a formulação tradicional foram analisadas. A redução e substituição da gordura diminuíram a porcentagem de ácidos graxos saturados de 39,89% para 30,50%. Na análise de perfil de textura foi verificada diferença significativa ($P < 0,05$) entre as formulações. Além disso, os valores de oxidação lipídica não foram significativos entre os tratamentos quanto ao tipo e quantidade de gordura utilizada. Este estudo também mostrou que o uso de alginato de sódio e goma guar reduziu a quantidade de líquido liberado após o cozimento. A substituição da gordura animal promoveu diferenças significativas na percepção sensorial global em comparação aos produtos sem substituição. Os resultados confirmam a viabilidade da substituição da gordura animal por vegetal. Estudos mais detalhados são necessários para ajustar o tipo e a concentração necessária de ácidos graxos polinsaturados.

Palavras-chave: Perfil lipídico; Oxidação lipídica; Substitutos de gordura; Gordura vegetal; Textura

Abstract

The present research studied the effect of animal fat reduction and substitution by hydrogenated vegetal fat, sodium alginate and guar gum. Fatty acids composition, lipid oxidation, color and instrumental texture as well as the sensorial difference among low, substituted-fat and the traditional formulations for mortadella-type products were analyzed. Both substitution and reduction of animal fat decreased the saturated fatty acids percentage from 39.89% to 30.50%. The texture profile analysis showed significant difference ($P < 0.05$) among the formulations. Furthermore, lipid oxidation values were not significant among treatments regarding the type and quantity of fat used. This study also showed that the use of sodium alginate and guar gum reduced the amounts of liquid released after cooking. The animal fat substitution causes significant difference in the overall sensorial perception compared with non-substituted products. The results confirm the viability of substituting of animal fat for vegetal fat. More detailed studies are needed to be adjusted to the type and necessary concentration of polyunsaturated fatty acids.

Keywords: Lipid profile; Lipid oxidation; Fat-replacers; Fat vegetal; Texture

2.1 Introdução

A carne exerce um papel crucial na evolução humana e é um componente importante em dietas saudáveis e balanceadas, uma vez que apresenta propriedades nutricionais, é fonte de proteína de alto valor biológico e de algumas vitaminas e minerais (SANTOS et al., 2013). No entanto, estudos recentes têm estabelecido uma relação direta entre o consumo de produtos cárneos e o aumento no risco de distúrbios graves de saúde, como câncer colo retal e doenças cardíacas coronarianas (FERGUSON, 2010; RODRÍGUEZ-CARPENA et al., 2012).

No Brasil, a mortadela é um dos produtos cárneos mais produzidos e seu consumo tem se tornado popular principalmente devido ao baixo custo, sabor agradável e aos diferentes tipos de produtos disponíveis, que podem ser produzidos utilizando-se diferentes tipos de gordura, uma vez que a legislação brasileira permite sua ampla classificação (GUERRA et al., 2011). Atualmente, consumidores têm demandado produtos naturais e saudáveis, incluindo produtos cárneos com melhores propriedades nutricionais (DOMÉNECH-ASENSI et al., 2013). Assim, o desenvolvimento de produtos cárneos com níveis reduzidos de gordura, que sejam similares aos produtos tradicionais, apresentando boa aceitabilidade pelos consumidores, é essencial para a melhoria da saúde humana.

O uso de gordura animal é vital para produção de emulsões cárneas, uma vez que ela fornece características sensoriais atrativas ao consumidor. A substituição da gordura animal por vegetal pode ser uma boa estratégia para melhorar a qualidade nutricional de produtos cárneos, reduzindo o nível de ácidos graxos saturados (SFA) e aumentando o teor de polinsaturados, os quais são essenciais para a prevenção de doenças cardíacas (BEILOUNE et al., 2014; ESCRICH et al., 2007). No entanto, a incorporação destas gorduras vegetais pode estar associada à redução da qualidade, principalmente devido à significativa instabilidade oxidativa das mesmas. A oxidação da fração lipídica insaturada, juntamente com a presença de oxigênio durante a moagem da carne e adição de sal durante o processamento, pode ter um impacto negativo sobre a qualidade sensorial destes produtos (ÁLVAREZ et al., 2011).

Os hidrocolóides influenciam muitas propriedades funcionais dos produtos cárneos processados (CHATTONG et al., 2007). Eles são comumente utilizados em produtos cominuídos como emulsificantes e “modificadores de textura” (FONKWE et al., 2003). A adição de hidrocolóides pode interferir estruturalmente na ligação cruzada requerida para a formação da rede de gel de proteína (PÉREZ-MATEOS et al., 2001). Dentro deste contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar a influência da substituição da gordura animal por gordura vegetal em mortadelas formuladas com alginato e goma guar quanto à composição de ácidos graxos, características sensoriais e estabilidade oxidativa dos lipídeos. A efetividade da quantificação das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBA-RS) foi avaliada usando os métodos convencionais (espectrofotométrico) e cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC).

2.2 Material e Métodos

2.2.1 Reagentes

Os reagentes utilizados foram obtidos da Merck (Merk, Darmstadt, Alemanha), Carlo Erba reagentes (França) e Sigma (Sigma-Aldrich, Steinheim, Alemanha).

2.2.2 Materiais

A gordura vegetal comercial utilizada foi doada pela Cargill® (São Paulo, Brasil) e o alginato, goma guar, condimentos e outros aditivos foram doados pela Ibrac® (São Paulo, Brasil). A carne bovina foi adquirida no frigorífico Angelelli (São Paulo, Brasil), e o frigorífico Suinco (Minas Gerais, Brasil) doou a gordura animal (toucinho e o retalho suíno gordo) e a carne suína. As tripas expansíveis de celulose foram doadas pela empresa Viscofan (São Paulo, Brazil).

2.2.3 Descrição e preparação das mortadelas

Seis formulações de mortadela foram preparadas de acordo a redução e substituição da gordura animal (50% de toucinho e 50% de retalho suíno gordo) por gordura vegetal hidrogenada (óleos de girassol, algodão e de palma), com

baixos níveis de ácidos graxos trans (2 g/100 g). A composição de ácidos graxos (g/100 g) da gordura vegetal foi de 0,03 de C12:0; 0,3 de C14:0; 0,03 de C14:1; 0,03 de C15:0; 12,3 de C16:0; 0,12 de C16:1; 13,6 de C18:0; 60,8 de C18:1 (cis and trans); 11,4 de C18:2; 0,26 de C18:3; 0,6 de C22; 27 de SFA, 60 de ácidos graxos monoinsaturados (MUFA) e 12 de ácidos graxos polinsaturados (PUFA).

As formulações das mortadelas são apresentadas na Tabela 2.1, e a preparação do produto foi realizada conforme descrito a seguir: Primeiramente, carne bovina, carne suína e gordura animal foram armazenadas a 4°C e posteriormente moídas em moedor (Hermann SA, model P33003) utilizando disco de 20 mm. As carnes foram então colocadas no cutter (Kramer Grebe®, model T160), adicionadas de sal, sal de cura, fosfatos, condimentos, pasta de alho, maltodextrina e 50% do gelo para reduzir a temperatura da mistura para 0°C, prevenindo assim a desnaturação protéica. A seguir, a gordura animal ou vegetal, o soro de leite e os hidrocolóides foram adicionados de acordo com as formulações. O 50% restante de gelo foi então adicionado e finalmente os antioxidantes. A temperatura final obtida da mistura foi de $13 \pm 0,8$ °C. A massa cárnea foi embutida em tripas expansíveis de celulose com raio de 72 mm, utilizando embutideira Handtmann VF610.

Tabela 2.1 - Formulações (%) das mortadelas desenvolvidas neste capítulo

Componentes	AC	VC	RAF	RVF	RAFH	RVFH
Dianteiro bovino	36	36	36	36	36	36
Paleta suína	30	30	30	30	30	30
Gordura animal	16	0	8	0	8	0
Gordura vegetal	0	12	0	6	0	6
Água/gelo	13	15,2	19,5	20,5	19,5	20,5
Soro de leite	0	1,8	1,5	2,5	1,2	2,2
Alginato de sódio (Ibrac®)	0	0	0	0	0,25	0,25
Goma guar (5000/Ibrac®)	0	0	0	0	0,05	0,05
Sal	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Condimentos	1	1	1	1	1	1
Sal de cura*	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Tripolifosfato (Ibrac®)	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Pasta de alho sem sal	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Maltodextrina (Mor-rex 1940)	2	2	2	2	2	2
Antioxidante	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35

AC = controle animal: 100% gordura animal; VC = controle vegetal: 100% gordura vegetal; RAF = teor reduzido de gordura animal: 50% gordura animal; RVF = teor reduzido de gordura vegetal: 50% gordura vegetal; RAFH = teor reduzido de gordura animal com hidrocolóides; RVFH = teor reduzido de gordura vegetal com hidrocolóides. Os hidrocolóides utilizados foram: alginato (0,25%) e goma guar (0,05%). * A mistura estava composta de 90% de sal, 6% de nitrito de sódio e 4% de nitrato de sódio.

O tratamento térmico consistiu em duas etapas. Na primeira etapa, a temperatura do forno foi mantida a 50 °C por uma hora com vapor indireto e chaminé aberta. Na segunda etapa, a temperatura foi mantida a 60 °C por mais uma hora, utilizando vapor indireto e chaminé fechada e foi finalizada quando o centro geométrico da amostra atingiu 73 °C. Após o processo de cozimento, os produtos foram resfriados usando aspersão de água por 30 minutos antes da pesagem e embalagem a vácuo.

2.2.4 Método analíticos

2.2.4.1 Composição centesimal

Umidade, lipídeos (Soxhlet) e conteúdo total de proteína (Kjeldahl) foram determinados de acordo com métodos oficiais (AOAC, 2005). Todas as análises foram realizadas em triplicata.

2.2.4.2 Perfil de ácidos graxos

A gordura foi extraída utilizando o método de Folch et al. (1957). Os ésteres metílicos de ácidos graxos (FAMES) foram preparados a partir de 50 mg de gordura, através do método descrito por Hartman e Lago (1973), com pequenas modificações. FAMES foram analisados por cromatografia gasosa (cromatógrafo Shimadzu, modelo 2010 - Plus gas chromatograph, Kyoto, Japan), equipado com uma coluna capilar de sílica fundida (30 m x 0,53 mm x 1,0 µm) (Restek Stabilwax, Bellefonte, EUA) e detector de ionização de chama. A rampa de aquecimento foi utilizada de acordo com a seguinte programação de temperatura: 1) 180°C por 3 min; 2) um aumento para 220°C a 5°C/min; e 3) permanência a 220°C por 20 min. As temperaturas do injetor e detector foram 180°C e 250°C, respectivamente. Nitrogênio foi usado como gás de arraste, com fluxo 4 mL/min. O modo de injeção foi split na razão de 1:10. Amostras (1 µL) foram injetadas utilizando injetor automático (Shimadzu AOC-20i). Picos individuais dos FAMES foram identificados por comparação dos tempos de

retenção com os verificados no mix de padrões C8-C22 (FAME Mix C8-C22, Supelco, EUA). Os resultados foram expressos em gramas por 100 g de FAMES detectados. Todas as análises foram conduzidas em triplicata.

2.2.4.3 Determinação do valor das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBA-RS)

O valor de TBA-RS foi determinado em triplicata, utilizando o método descrito por Vyncke (1970), Vyncke (1975) e Sørensen e Jørgensen (1996) com pequenas modificações. Para a extração, 5 g de amostra foram homogeneizadas em Ultra turrax (Ika T18 basic, Wilmington, North Carolina, EUA) a 10,000 rpm por 30 s com 15 mL de uma solução de 7,5% de ácido tricloroacético (TCA), 0,1% de propilgalato (PG) e 0,1% de ácido etileno diamino tetracético (EDTA). Após filtração com papel de filtro qualitativo (12,5 mm), 5 mL do filtrado foram adicionados de 5 mL de uma solução aquosa de ácido tiobarbitúrico (TBA, 0,02 M) em tubos de ensaio com tampa. As amostras foram incubadas em banho-maria a 100°C por 40 min e então resfriadas em água fria. A absorbância foi medida a 532 nm e a 600 nm, em espectrofotômetro (Shimadzu, UV-Vis mini 1240, Chiyoda-ku, Tokyo, Japão), contra um branco contendo 5 mL da mesma solução de TCA, PG e EDTA e 5 mL da solução de TBA. A diferença ($A_{532\text{ nm}} - A_{600\text{ nm}}$) foi usada como o valor de absorbância corrigido para turbidez. Os resultados foram calculados a partir de uma curva padrão de tetraetoxipropano (TEP) e expressos como mg de malonaldeído (MDA) por kg de amostra. O R^2 da curva de calibração foi 0,983.

2.2.4.4 Determinação de malonaldeído por HPLC

O método utilizado para a extração do malonaldeído foi o mesmo utilizado para determinar TBA-RS. Uma vez que os extratos de malonaldeído foram obtidos, eles foram filtrados através filtros de politetrafluoroetileno (PTFE de 0,45 μm) em vials e 20 μL foram injetados em HPLC (Shimadzu LC-20AT, Japão), equipado com detector de fluorescência (Shimadzu RF-20A, Japan). O complexo MDA-TBA foi analisado usando uma Coluna Zorbax plus (C18, 4.6 mm x 250 mm, 5 μm) (Agilent Technologies, EUA). A fase móvel foi eluída em

modo isocrático, utilizando 85% de tampão fosfato de sódio (pH 7.0, 5 mM) e 15% de acetonitrila, a um fluxo de 1 mL/min. O detector foi ajustado para os comprimentos de onda de 515 nm (excitação) e 543 nm (emissão). A coluna foi mantida à temperatura de 40 °C. A curva padrão foi realizada com TEP e os resultados foram expressos como mg de MDA por kg de amostra. O R^2 da curva de calibração foi 0,989.

2.2.4.5 Análise de textura

A análise de perfil de textura (ATP) foi realizada à temperatura ambiente, utilizando o texturômetro TA-XT2i (Texture Technologies Corp., Scarsdale, NY, USA), conforme descrito por Bourne (2002). Seis cilindros (2 cm de diâmetro e 2 cm de altura) foram retirados das amostras e submetidos a dois ciclos de compressão. As amostras foram comprimidas a 30% de sua altura original, com um probe P-35 (eixo longo, base regular) a uma velocidade de 2 mm/s.

Os seguintes parâmetros foram determinados: dureza: força máxima durante o primeiro ciclo de compressão; elasticidade: a altura na qual o alimento retorna durante o fim do primeiro ciclo e o começo do segundo; coesividade: extensão na qual a amostra pode ser deformada antes da ruptura ($A2/A1$, em que $A1$ é a energia total requerida para a primeira compressão e $A2$ a energia total requerida para a segunda compressão), e mastigabilidade: trabalho requerido pra mastigar a amostra até o ponto da deglutição (HORITA et al., 2011).

2.2.4.6 Determinação de cor

A cor instrumental foi determinada utilizando colorímetro Minolta (Chroma Meter, CR-400, Mahwah, New Jersey, USA), através dos seguintes parâmetros: L^* (luminosidade), a^* (intensidade de vermelho/verde) e b^* (intensidade de amarelo/azul) (CIELAB). Os parâmetros foram calibrados em porcelana branca com $Y = 93.7$, $x = 0.3160$ e $y = 0.3323$, com uma área de medição de 8 mm de diâmetro, um ângulo de observação de 10° e iluminante D65. Três fatias de 2 cm de espessura da região central de cada amostra foram analisadas em triplicata.

2.2.4.7 pH

O pH foi mensurado em triplicata utilizando pHmetro (Oakton pH 300 series 35618, Vernon Hills, Illinois, USA) com eletrodo de punção, o qual foi inserido na amostra final a uma temperatura de 25 °C.

2.2.4.8 Perda de peso por cozimento e estabilidade da emulsão

A perda de peso por cozimento foi determinada em triplicata e calculada da seguinte forma: $\text{Perda de peso por cozimento} = [(W_b - W_a)/W_b] \cdot 100$, em que W_b e W_a são os pesos das amostras antes e após o cozimento, respectivamente. O teste de estabilidade da emulsão foi realizado conforme descrito por Lin e Mei (2000) com algumas modificações. Uma alíquota de 50 g da massa da emulsão foi pesada em sacos de nylon/polietileno resistentes à alta temperatura, os quais foram selados a vacuo e colocados em banho-maria a 70°C por uma hora. A seguir as amostras foram resfriadas a 4°C. A quantidade total de fluido liberado foi expressa como uma porcentagem do peso da amostra. O teste foi realizado cinco vezes para cada formulação e foi chamado de “Fluido Total Liberado” na Tabela 2.3.

2.2.5 Avaliação sensorial

Para a avaliação sensorial o teste de diferença do controle foi utilizado, conforme descrito por Meilgaard (2007). As amostras VC, RAF, RVF, RAFH e RVFH foram avaliadas em comparação à amostra AC, em duplicata, por um grupo de 20 provadores (55% mulheres e 45% homens). Os provadores foram recrutados a partir da base de dados do Centro de Ciência e Qualidade de Alimentos do Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL-Campinas), e a seleção dos mesmos foi baseada no consumo do produto e na acuidade sensorial. Os provadores avaliaram seis amostras em uma única sessão; 50 g de cada amostra foram servidas em pratos plásticos pequenos, identificadas com codigos aleatórios de três dígitos e servidas de acordo com um delineamento experimental de blocos completos balanceados (MEILGAARD et al., 2007; WAKELING; MACFIE, 1995). Todos os provadores deram consentimento por escrito para a participação na análise e foram compensados após avaliação.

Uma escala de 7 pontos (1 = nenhuma diferença e 7 = extremamente diferente) foi utilizada para mensurar a diferença global, diferença no teor de condimentos, diferença no teor de sal e diferença na firmeza. O tratamento AC foi utilizado como o controle cego (LAWLESS; HEYMANN, 2010). As avaliações foram conduzidas em cabines individuais, equipadas com lâmpadas fluorescentes e software Compusense®, versão 5.4 (Addinsoft, New York, USA).

2.2.6 Análise estatística

Os dados provenientes das análises físico-químicas e sensoriais foram avaliados através da análise de variância (ANOVA). As médias foram comparadas através do teste de Tukey, utilizando o XLSTAT 2015 (Addinsoft, New York, EEUU,). Para as análises físico-químicas, diferenças foram consideradas significativas a um nível de confiança de 95% ($P < 0,05$). Para a avaliação sensorial, diferenças foram consideradas significativas a um nível de confiança de 95% ($P < 0,05$) pelo teste de Dunnett. As relações entre os parâmetros sensoriais foram calculadas usando os coeficientes de correlação de Pearson. A análise de componentes principais também foi realizada.

2.3 Resultados e Discussão

2.3.1 Composição centesimal

A composição centesimal mostrou algumas diferenças significativas entre as seis formulações (Tabela 2.2). As diferenças no teor de umidade indicaram a existência de três diferentes grupos. O primeiro grupo consistiu dos tratamentos AC e VC, com 100% de gordura animal e vegetal nas formulações, respectivamente, contendo 61% de umidade, enquanto que o segundo grupo, formado pelo RAF e RAFH, com 50% de gordura animal e suas formulações, apresentaram teor de umidade de aproximadamente 65%. O terceiro grupo, composto pelo RVF e RVFH, com 37% de gordura vegetal nas formulações, apresentaram valores de umidade superiores a 67%. O conteúdo total de lipídeos variou entre 9,90 e 16,54%, mostrando diferença estatística significativa entre as formulações. Embora tenha havido diferença significativa no conteúdo de proteína das formulações, as variações foram de apenas

1,07% (variando de 16,40 a 17,47). Estes valores similares ocorreram principalmente porque os seis tratamentos foram formulados com o mesmo conteúdo de carne. O teor de cinza apresentou diferença significativa entre as formulações. Os resultados do presente estudo estão dentro do escopo comum para este tipo de produto cárneo (HORITA et al., 2011).

Tabela 2.2 - Composição centesimal das seis formulações de mortadela

	Umidade (g / 100g)	Lípídeo (g / 100g)	Proteína (g / 100g)	Cinza (g / 100g)
AC	61,03 ± 0,44 ^c	15,61 ± 0,15 ^b	17,22 ± 0,22 ^{ab}	3,24 ± 0,12 ^b
VC	61,12 ± 0,16 ^c	16,54 ± 0,14 ^a	16,55 ± 0,31 ^{bc}	3,29 ± 0,12 ^{ab}
RAF	65,20 ± 0,17 ^b	10,39 ± 0,22 ^c	17,47 ± 0,14 ^a	3,30 ± 0,14 ^{ab}
RVF	67,98 ± 0,11 ^a	9,90 ± 0,04 ^c	17,02 ± 0,16 ^{abc}	3,19 ± 0,08 ^b
RAFH	65,41 ± 0,09 ^b	9,97 ± 0,10 ^c	16,40 ± 0,19 ^c	3,59 ± 0,08 ^a
RVFH	67,37 ± 0,95 ^a	10,06 ± 0,33 ^c	16,86 ± 0,39 ^{abc}	3,34 ± 0,10 ^{ab}

Resultados são expressos como média ± desvio padrão. Médias seguidas letras diferentes na mesma coluna, são significativamente diferentes ($P < 0,05$). AC = controle animal: 100% gordura animal; VC = controle vegetal: 100% gordura vegetal; RAF = teor reduzido de gordura animal: 50% gordura animal; RVF = teor reduzido de gordura vegetal: 50% gordura vegetal; RAFH = teor reduzido de gordura animal com hidrocolóides; RVFH = teor reduzido de gordura vegetal com hidrocolóides. Os hidrocolóides utilizados foram: alginato (0,25%) e goma guar (0,05%).

2.3.2 pH, estabilidade da emulsão, cor instrumental e textura

Com a redução e substituição da gordura animal pela gordura vegetal nas formulações, as propriedades de ligação de água e gordura foram modificadas, alterando a estabilidade da emulsão, cor, pH e as propriedades de textura do produto. De acordo com a Tabela 2.3, a redução da gordura sem a adição dos hidrocolóides causou um aumento da liberação dos fluidos quando o produto foi submetido ao tratamento térmico. Este comportamento normalmente ocorre quando a gordura é substituída por água. Neste caso, uma vez que os níveis de proteína são constantes, uma redução na concentração de proteína envolvida na formação da emulsão pode ter ocorrido, reduzindo as propriedades de ligação de água e gordura em produtos com redução de gordura. No entanto, quando alginato de sódio e goma guar foram adicionados às formulações, a liberação dos fluidos foi reduzida, este comportamento está de acordo com outros estudos (FLORES et al., 2007). A perda de peso por cozimento mostrou diferença significativa entre as formulações. Este resultado está certamente relacionado à redução da gordura e à presença de hidrocolóides no produto, uma vez que os mesmos foram capazes de reter

água e gordura, reduzindo a liberação de fluidos, e conseqüentemente, a perda de peso por cozimento.

A ATP das seis formulações (Tabela 2.3) indicou diferenças significativas para dureza, elasticidade, coesividade e mastigabilidade. A formulação RVFH, com 0,25% de alginato de sódio e 0,05% de goma guar em sua formulação, apresentou 16,45 N de dureza, valor mais baixo se comparado às formulações VC e RVF, mas similar à formulação AC. Comportamento similar foi reportado por Marchetti, Andrés e Califano (2013) e isto foi atribuído ao aumento na capacidade de retenção de água causada pela adição de alginato de sódio e goma guar. Segundo Youssef e Barbut (2011), a água proporciona menor resistência à compressão, levando a produtos mais macios. Assim, a presença da fibra pode ter causado uma perturbação nas redes de proteína-água e proteína-proteína, conduzindo a uma diminuição na força do gel do produto (LIN et al., 1998). Resultados diferentes foram encontrados por Mendonza et al. (2001), que reportaram que a adição de fibra (inulina) não afetou a dureza de salsichas e pelo estudo de Fernández-Ginés et al. (2003), que indicaram que salsichas com fibra de citrus mostraram valores maiores de dureza se comparados ao controle. De acordo com Fernández-Ginés et al. (2003), tanto endurecimento como amolecimento têm sido observados quando a fibra é adicionada a vários produtos cárneos, o que pode ser devido ao tipo de fibra utilizada.

A elasticidade variou de 0,89 a 0,96 e os resultados mostraram valores elevados para as formulações RAF, RVF, RAFH e RVFH, enquanto que as formulações com 100% de gordura (AC e VC) tiveram valores menores, indicando que amostras com alto conteúdo de gordura apresentaram baixa capacidade de retornar às suas dimensões iniciais após a primeira deformação (HORITA et al., 2011). Os valores mais elevados de elasticidade dos tratamentos com hidrocolóides podem ter ocorrido devido a uma alteração na estrutura do gel, aumentando as ligações dentro do produto. Além disso, de acordo com Pietrasik e Duda (2000), a redução da gordura de produtos cárneos pode resultar em produtos com maior elasticidade.

A coesividade indica o grau de dificuldade de quebra da estrutura interna do produto (HORITA et al., 2011). Neste experimento, a coesividade variou de 0,77 a 0,83, e a formulação AC apresentou o valor mais alto entre os tratamentos. Resultados similares foram reportados por Fernández-Giné et al. (2003), que verificaram menores valores de coesividade em formulações com adição de fibra e por Berasategi et al. (2013), os quais indicaram que os valores de coesividade reduziram significativamente quando o conteúdo de gordura diminuiu e o de água aumentou. A mastigabilidade mostrou diferença significativa entre os tratamentos, variando de 12,01 a 14,65. A formulação RVFH teve o valor mais baixo, o qual pode ser atribuído à adição de alginato de sódio e goma guar, que aumentaram a capacidade de retenção de água dos tratamentos, reduzindo a dureza, e consequentemente levando a menores valores de mastigabilidade.

Tabela 2.3 - pH, estabilidade da emulsão, cor instrumental e textura das seis amostras

	AC	VC	RAF	RVF	RAFH	RVFH
Dureza ^A	16,9±0,34 ^{bc}	18,21±0,21 ^b	18,57±0,28 ^{ab}	18,23±1,17 ^b	20,24±0,8 ^a	16,45±0,04 ^c
Elasticidade ^B	0,89±0,02 ^b	0,90±0,02 ^b	0,96±0,00 ^a	0,95±0,02 ^a	0,93±0,01 ^{ab}	0,94±0,02 ^a
Coesividade ^B	0,83±0,02 ^a	0,79±0,01 ^b	0,80±0,01 ^b	0,78±0,00 ^b	0,78±0,01 ^b	0,77±0,01 ^b
Mastigabilidade ^B	12,52±0,37 ^{cd}	13,04±0,41 ^{bcd}	14,26±0,17 ^{ab}	13,58±1,06 ^{abc}	14,65±0,51 ^a	12,01±0,26 ^d
L*	66,89±0,39 ^a	67,34±0,62 ^a	65,84±0,32 ^{ab}	65,24±0,97 ^b	65,92±0,47 ^{ab}	65,25±0,28 ^b
a*	12,63±0,18 ^{bc}	12,07±0,35 ^c	13,38±0,09 ^a	12,84±0,32 ^{ab}	13,03±0,23 ^{ab}	12,92±0,11 ^{ab}
b*	14,90±0,22 ^{ab}	14,98±0,06 ^a	14,69±0,08 ^{ab}	14,48±0,32 ^b	15,17±0,14 ^a	15,1±0,11 ^a
pH	6,76±0,01 ^a	6,68±0,02 ^c	6,72±0,02 ^{ab}	6,70±0,02 ^{bc}	6,66±0,02 ^{bc}	6,70±0,01 ^c
Fluido total liberado (%)	15,69±0,43 ^{bc}	14,78±0,36 ^{bc}	16,15±0,95 ^b	18,40±0,55 ^a	14,4±0,38 ^c	14,97±1,2 ^{bc}
Perda de peso por cozimento (%)	0,74±0,06 ^a	0,67±0,05 ^a	0,49±0,18 ^b	0,49±0,11 ^b	0,44±0,15 ^b	0,46±0,12 ^{ab}

Resultados são expressos como média ± desvio padrão. Médias seguidas de letras diferentes (a-d) na mesma linha são significativamente diferentes ($P < 0,05$). AC = controle animal: 100% gordura animal; VC = controle vegetal: 100% gordura vegetal; RAF = teor reduzido de gordura animal: 50% gordura animal; RVF = teor reduzido de gordura vegetal: 50% gordura vegetal; RAFH = teor reduzido de gordura animal com hidrocolóides; RVFH = teor reduzido de gordura vegetal com hidrocolóides. Os hidrocolóides utilizados foram: alginato (0,25%) e goma guar (0,05%). ^A (N); ^B (adimensional).

A preparação das mortadelas com substituição e redução da gordura animal por gordura vegetal alterou significativamente os parâmetros de cor objetiva (Tabela 2.3). Em tratamentos com redução de gordura, com ou sem hidrocolóides, foi observada uma ligeira redução na luminosidade (L*) a um

leve aumento na intensidade de cor vermelha (a^*) em comparação com os controles (AC e VC). A intensidade de coloração amarela (b^*) aumentou em produtos com goma guar e alginato de sódio. A variação de cor entre as formulações pode ser resultante da quantidade de gordura animal (coloração clara) e da distribuição do óleo na matriz de actomiosina durante o processamento (mistura e homogeneização no cutter) que aumentou a superfície das partículas de gordura, alterando a coloração após o cozimento (ÁLVAREZ et al., 2011). Para os valores de pH, formulações com adição de gordura vegetal tiveram valores próximos a 6,70, enquanto que tratamentos com gordura animal apresentaram valores de 6,66 e 6,76. Apesar dos valores de pH terem apresentado diferença significativa entre tratamentos, variações de 0,1 podem ser consideradas marginais e não significativas a nível prático.

2.3.4 Perfil de ácidos graxos

Noventa por cento de todos os ácidos graxos foram representados pelos ácidos palmítico, esteárico, oléico e linoléico (Tabela 2.4). Conforme esperado, a reformulação causou alterações importantes no perfil de ácidos graxos. A incorporação de gordura vegetal diminuiu o conteúdo de SFAs totais (Tabela 2.4). Nos tratamentos com gordura vegetal (VC, RVF e RVFH) o ácido palmítico (C16:0) diminuiu 9 pontos percentuais (PP) e o ácido esteárico (C18:0) aumentou 1 PP em relação às formulações com gordura animal. Claramente a adição de gordura vegetal afetou significativamente os SFAs, refletindo a sua composição particular. Consequentemente, a redução de SFA em produtos com gordura vegetal aumentou a porcentagem de MUFA e PUFA em 10 e 1 PP, respectivamente. Para os MUFAs, o ácido oléico aumentou 10 PP enquanto que para os PUFAs o ácido linoléico aumentou 1 PP em relação aos tratamentos com gordura animal. O perfil de ácidos graxos é muito importante do ponto de vista nutricional, uma vez que ele permite quantificar os SFAs, MUFAs e PUFAs. Os SFAs aumentam as lipoproteínas de baixa densidade (LDL), e de acordo com Rodríguez-Carpena et al. (2012), a ingestão de SFA pode levar a um aumento nos níveis de colesterol sanguíneo. Os ácidos graxos insaturados são compostos por MUFAs e PUFAs e, de acordo

com Mattson and Grundy (1985), MUFAs apresentam melhores efeitos que os PUFAs em relação à redução de LDL.

A qualidade nutricional da fração lipídica dos alimentos pode ser avaliada através da relação PUFA/SFA. O aumento desta relação poderia conduzir a uma redução do colesterol total no plasma sanguíneo (MCAFEE et al., 2010). Os produtos formulados com gordura vegetal tiveram um aumento significativo na relação PUFA/SFA em comparação com os produtos preparados com gordura animal, porém nenhuma das formulações atingiu o nível de 0,4 (valor mínimo recomendado) (WOOD et al., 2004). Este comportamento pode ser atribuído à característica intrínseca da carne, que já tem uma relação PUFA/SFA baixa (0,1) (WEBB; O'NEILL, 2008), o que implicou em um desequilíbrio. Além disso, a gordura vegetal não tem elevado teor de PUFAs. Assim, se o objetivo é reduzir e substituir gordura animal por vegetal, é necessário não apenas reduzir SFA, mas também aumentar os PUFAs, especialmente os do tipo n3 (OSPINA et al., 2011).

Os PUFAs são muito importantes em produtos cárneos pois os ácidos graxos n6 e n3 não podem ser sintetizados pelos humanos. O ácido graxo n-6 pode ser alongado para ácido araquidônico (C20:4, n6) que atua como precursor de eicosanóides (WEBB; O'NEILL, 2008). Os ácidos graxos n3 tem papel chave na dieta devido à redução da ação inflamatória, aumento do HDL e redução do LDL (JOHNSTON, 2009). Outro índice baseado na quantidade de PUFA e que avalia a qualidade da fração lipídica em alimentos é a relação n6/n3 (RODRÍGUEZ-CARPENA et al., 2012) a qual, em níveis elevados, pode levar a ocorrência de doenças cardiovasculares (SIMOPOULOS, 2002). Nesta pesquisa, a relação n6/n3 aumentou significativamente com a adição de gordura vegetal na formulação, indicando que desde um ponto de vista nutricional, esta não é adequada para substituir a gordura animal considerando as relações PUFA/SFA e n6/n3.

Tabela 2.4 - Perfil de ácidos graxos (g/100g) das seis formulações de mortadela

	AC	VC	RAF	RVF	RAFH	RVFH
C10:0	0,06±0,001 ^b	0,02±0,001 ^e	0,06±0,001 ^b	0,04±0,010 ^c	0,06±0,002 ^a	0,03±0,001 ^d
C12:0	0,06±0,001 ^{bc}	0,04±0,001 ^d	0,06±0,001 ^b	0,06±0,001 ^{bc}	0,07±0,001 ^a	0,06±0,001 ^c
C14:0	1,25±0,003 ^b	0,59±0,007 ^e	1,25±0,001 ^b	0,82±0,010 ^c	1,41±0,021 ^a	0,78±0,015 ^d
C14:1	0,04±0,001 ^{bc}	0,03±0,001 ^c	0,04±0,001 ^{bc}	0,07±0,003 ^a	0,08±0,013 ^a	0,06±0,011 ^b
C15:0	0,10±0,001 ^{ab}	0,08±0,002 ^b	0,10±0,001 ^{ab}	0,12±0,002 ^a	0,14±0,002 ^a	0,10±0,000 ^a
C16:0	24,71±0,013 ^a	15,56±0,017 ^d	24,71±0,005 ^a	17,10±0,074 ^b	24,60±0,046 ^a	16,70±0,042 ^c
C16:1 (n7)	2,30±0,004 ^b	0,75±0,010 ^e	2,30±0,002 ^b	1,12±0,013 ^c	2,46±0,007 ^a	1,06±0,018 ^d
C17:0	0,46±0,005 ^b	0,21±0,002 ^e	0,46±0,001 ^b	0,30±0,004 ^c	0,50±0,001 ^a	0,27±0,001 ^d
C18:0	12,58±0,001 ^b	13,81±0,007 ^a	12,59±0,013 ^b	13,82±0,013 ^a	12,52±0,029 ^b	13,66±0,062 ^a
C18:1 (n9)	47,49±0,011 ^d	57,85±0,179 ^a	47,49±0,013 ^d	55,92±0,068 ^c	47,48±0,005 ^d	56,68±0,051 ^b
C18:2 (n6)	9,18±0,005 ^c	10,37±0,056 ^a	9,18±0,005 ^c	9,65±0,032 ^b	8,67±0,008 ^d	9,78±0,017 ^b
C18:3 (n3)	0,32±0,003 ^a	0,19±0,012 ^c	0,31±0,004 ^a	0,22±0,004 ^b	0,30±0,008 ^a	0,22±0,003 ^b
C22:0	0,67±0,005 ^a	0,24±0,015 ^e	0,66±0,008 ^{ab}	0,29±0,006 ^c	0,64±0,001 ^b	0,27±0,019 ^d
SFA	39,89±0,028 ^a	30,56±0,051 ^d	39,89±0,024 ^a	32,55±0,110 ^b	39,94±0,102 ^a	31,87±0,141 ^c
MUFA	49,84±0,016 ^d	58,64±0,190 ^a	49,83±0,015 ^d	57,12±0,084 ^c	50,03±0,025 ^d	57,79±0,081 ^b
PUFA	9,50±0,009 ^c	10,56±0,068 ^a	9,49±0,010 ^c	9,88±0,036 ^b	8,98±0,015 ^d	10,00±0,021 ^b
n3	0,32±0,003 ^a	0,19±0,012 ^c	0,31±0,004 ^a	0,22±0,004 ^b	0,30±0,008 ^a	0,22±0,003 ^d
n6	9,18±0,005 ^c	10,37±0,056 ^a	9,18±0,005 ^c	9,65±0,032 ^b	8,67±0,008 ^d	9,78±0,017 ^b
n6/n3	29,02±0,296 ^c	53,53±3,075 ^a	29,33±0,425 ^c	43,45±0,729 ^b	28,42±0,748 ^c	43,59±0,588 ^b
PUFA/SFA	0,238±0,000 ^d	0,346±0,002 ^a	0,238±0,000 ^d	0,303±0,002 ^c	0,225±0,000 ^e	0,311±0,004 ^b

Resultados são expressos como média ± desvio padrão. Médias seguidas de letras diferentes (a-e) na mesma linha são significativamente diferentes ($P < 0,05$). AC = controle animal: 100% gordura animal; VC = controle vegetal: 100% gordura vegetal; RAF = teor reduzido de gordura animal: 50% gordura animal; RVF = teor reduzido de gordura vegetal: 50% gordura vegetal; RAFH = teor reduzido de gordura animal com hidrocolóides; RVFH = teor reduzido de gordura vegetal com hidrocolóides. Os hidrocolóides utilizados foram: alginato (0,25%) e goma guar (0,05%).

2.3.5 Estabilização da oxidação e quantificação do malonaldeído

A quantificação das TBA-RS foi realizada, e todas as formulações apresentaram valores de oxidação inferiores a 0,5 mg de malonaldeído / kg de amostra (Figura 2.1), que é o nível máximo considerado para produtos cárneos processados, pois as substâncias produzem odor e sabor de ranço que podem ser detectados pelos consumidores (RODRÍGUEZ-CARPENA et al., 2012).

A redução e substituição da gordura animal por gordura vegetal hidrogenada não tiveram efeito significativo sobre as TBA-RS, e dessa forma, a oxidação lipídica não foi influenciada. Este comportamento pode ser explicado pela composição da gordura vegetal, que tem predominância de MUFAs e baixa quantidade de PUFAs, os quais são mais sensíveis à oxidação lipídica. A

formulação AC, mesmo apresentando mais gordura que a RAF, RVF, RAFH e RVFH, não mostrou valores significativamente maiores de TBA-RS, uma vez que a gordura animal apresenta os SFAs como os principais ácidos graxos.

Neste estudo, a quantificação do MDA foi determinada de duas maneiras: pelo método espectrofotométrico e por HPLC. O método espectrofotométrico é o mais comumente utilizado para quantificar MDA, mas não é específico para este composto. Assim, para obter uma quantificação específica do MDA, esta pesquisa avaliou o conteúdo de malonaldeído utilizando HPLC.

Embora não tenha sido observada diferença significativa entre os dois métodos (Figura 2.1), o conteúdo de malonaldeído determinado espectrofotometricamente foi ligeiramente mais elevado e apresentou desvio padrão mais alto que os resultados obtidos por HPLC. Estes resultados estão em concordância com aqueles reportados por Papastergiadis et al. (2012).

Figura 2.1 - Valores de TBA-RS das seis formulações de mortadela (mg malonaldeído / kg de amostra). AC = controle animal: 100% gordura animal; VC = controle vegetal: 100% gordura vegetal; RAF = teor reduzido de gordura animal: 50% gordura animal; RVF = teor reduzido de gordura vegetal: 50% gordura vegetal; RAFH = teor reduzido de gordura animal com hidrocolóides; RVFH = teor reduzido de gordura vegetal com hidrocolóides. Os hidrocolóides utilizados foram: alginato (0,25%) e goma guar (0,05%).

A Figura 2.2 mostra a sobreposição dos cromatogramas dos aductos de MDA-TBA das seis formulações, indicando que o tempo de retenção para a formação do pico máximo foi de aproximadamente 6,5 min, a um fluxo de 1 mL/min.

Figura 2.2 - Cromatogramas do HPLC do complexo MDA-TBA (tempo de retenção: 6,545 min) das seis formulações de mortadela. AC = controle animal: 100% gordura animal; VC = controle vegetal: 100% gordura vegetal; RAF = teor reduzido de gordura animal: 50% gordura animal; RVF = teor reduzido de gordura vegetal: 50% gordura vegetal; RAFH = teor reduzido de gordura animal com hidrocolóides; RVFH = teor reduzido de gordura vegetal com hidrocolóides. Os hidrocolóides utilizados foram: alginato (0,25%) e goma guar (0,05%).

2.3.6 Avaliação sensorial

Diferença significativa entre AC e VC foi encontrada para o atributo diferença global, enquanto que para os outros atributos não houve diferença significativa entre as formulações (Tabela 2.5). Este resultado mostra que as seis formulações avaliadas foram muito similares e que, em geral, a redução da gordura e a adição de hidrocolóides não afetaram as características sensoriais estudadas nesta pesquisa. A ACP foi realizada usando a matriz de correlação sobre os dados dos atributos sensoriais para explicar qual atributo, entre os quatro avaliados, teve maior relação com a diferença global, e para explicar porque AC e VC apresentaram diferença significativa. Os dois primeiros componentes explicaram 71,98% e 21,79% da variação dos dados experimentais.

Tabela 2.5 - Média dos valores da avaliação sensorial das seis formulações de mortadela

	Diferença global	Sabor dos condimentos	Teor de sal	Firmeza
AC	1.7 ± 0.8 ^a	3.9 ± 0.7 ^a	4.0 ± 0.6 ^a	4.0 ± 0.6 ^a
VC	3,0 ± 1,2 ^b	3,4 ± 1,0 ^a	3,5 ± 1,1 ^a	3,9 ± 0,8 ^a
RAF	2,1 ± 0,9 ^a	4,1 ± 1,0 ^a	4,0 ± 0,8 ^a	4,1 ± 0,8 ^a
RVF	2,2 ± 1,1 ^a	3,8 ± 0,8 ^a	3,9 ± 0,6 ^a	3,9 ± 0,8 ^a
RAFH	2,2 ± 1,0 ^a	4,0 ± 1,0 ^a	3,9 ± 0,8 ^a	4,0 ± 0,7 ^a
RVFH	2,3 ± 1,1 ^a	4,1 ± 1,0 ^a	3,7 ± 0,7 ^a	3,7 ± 0,7 ^a
DMS (5%)	0,71	0,64	0,54	0,5

Resultados são expressos como média ± desvio padrão. Médias seguidas de letras diferentes (a-b) na mesma coluna são significativamente diferentes ($P < 0,05$) pelo teste de Dunnett. DMS= Diferença Mínima Significativa. AC = controle animal: 100% gordura animal; VC = controle vegetal: 100% gordura vegetal; RAF = teor reduzido de gordura animal: 50% gordura animal; RVF = teor reduzido de gordura vegetal: 50% gordura vegetal; RAFH = teor reduzido de gordura animal com hidrocolóides; RVFH = teor reduzido de gordura vegetal com hidrocolóides. Os hidrocolóides utilizados foram: alginato (0,25%) e goma guar (0,05%).

O primeiro componente principal (Dim 1) (Figura 2.3A) foi positivamente correlacionado com os atributos diferença no sabor dos condimentos, diferença no teor de sal e diferença na firmeza, enquanto que foi negativamente correlacionado com o atributo diferença global. Além disso, o componente principal 2 (Dim 2) foi positivamente correlacionado com os atributos diferença global, diferença no teor de sal e diferença na firmeza. A matriz de correlação de todos os atributos avaliados teve um módulo próximo da unidade, sugerindo boa explicação da variação experimental de todos os atributos, nos dois componentes considerados.

As amostras AC, RAF, RAFH estão localizadas no lado direito do componente principal 1 (Figura 2.3B), indicando maior intensidade dos atributos positivamente correlacionados com este componente principal (diferença do teor de condimentos, diferença no teor de sal e diferença na firmeza) e negativamente correlacionados com a diferença global. Em relação ao componente principal 2, as amostras RVF, RAF, AC e VC, localizadas na parte superior, tiveram intensidades elevadas dos atributos diferença global, diferença no teor de sal e diferença na firmeza, enquanto as amostras RVFH e RAFH foram negativamente correlacionadas com a componente principal 2, mostrando menor intensidade desses atributos.

Figura 2.3 - Análise de componentes principais sobre a matriz de correlação dos atributos avaliados nas seis formulações de mortadela. A: representação dos atributos. B: Biplot com a representação dos atributos e amostras. AC = controle animal: 100% gordura animal; VC = controle vegetal: 100% gordura vegetal; RAF = teor reduzido de gordura animal: 50% gordura animal; RVF = teor reduzido de gordura vegetal: 50% gordura vegetal; RAFH = teor reduzido de gordura animal com hidrocolóides; RVFH = teor reduzido de gordura vegetal com hidrocolóides. Os hidrocolóides utilizados foram: alginato (0,25%) e goma guar (0,05%).

A diferença estatística significativa entre VC em comparação com a formulação controle (AC) ocorreu devido ao fato de que estes tratamentos estão localizados nas extremidades opostas do componente principal 1 (Figura 2.3).

2.4 Conclusões

O desenvolvimento de mortadelas com redução e substituição da gordura animal por gordura vegetal, alginato de sódio e goma guar resultou em produtos cárneos com melhoria das propriedades nutricionais, como resultado de um aumento no teor de ácidos graxos monoinsaturados. No entanto, estudos mais detalhados são necessários para ajustar o tipo e a concentração de ácidos graxos polinsaturados para o desenvolvimento de produtos mais saudáveis. Além disso, mudanças na composição não tiveram efeito sobre a oxidação lipídica, o que é muito conveniente. As propriedades físico-químicas foram significativamente alteradas, afetando a textura instrumental. No entanto, o uso de hidrocolóides auxiliou na redução deste efeito. Do ponto de vista sensorial, os produtos com substituição da gordura animal promoveram diferenças significativas na percepção sensorial global comparados aos produtos sem substituição. Os resultados desta pesquisa ressaltam a importância da reformulação de produtos cárneos utilizando gorduras vegetais insaturadas e hidrocolóides. Recomenda-se avaliar o efeito funcional dos produtos reformulados e desenvolver mais estudos sobre as características sensoriais e a resposta dos consumidores para verificar o escopo da reformulação.

Referências

ÁLVAREZ, D.; DELLES, R.; XIONG, Y.; CASTILLO, M.; PAYNE, F.; LAENCINA, J. Influence of canola-olive oils, rice bran and walnut on functionality and emulsion stability of frankfurters. **LWT - Food Science and Technology**, Ottawa, v. 44, n. 6, p. 1435-1442, 2011.

AOAC. Association of Official Agricultural Chemists. Official methods of analysis of the association of official agriculture chemists. 17th . ed. Washington: AOAC, 2005. 1094p.

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**, Olsztyn, v. 2014, n. 6, p. 645-657, 2014.

BERASATEGI, I.; GARCÍA-ÍÑIGUEZ DE CIRIANO, M.; NAVARRO-BLASCO, I.; CALVO, M.; CAVERO, R.; ASTIASARÁN, I.; ANSORENA, D. Reduced-fat bologna sausages with improved lipid fraction. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 94, n. 4, p. 744-751, 2014.

BOURNE, M.C. Food texture and viscosity: concept and measurement. New York: Academic Press, 325p., 2002.

CHATTONG, U.; APICHARTSRANGKON, A.; BELL, A. Effects of hydrocolloid addition and high pressure processing on the rheological properties and microstructure of a commercial ostrich meat product "Yor" (Thai sausage). **Meat Science**, Barking, v. 76, n. 3, p. 548-554, 2007.

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

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**, Weinheim, v. 51, n. 10, p. 1279-1292, 2007.

FERGUSON, L. Meat and cancer. **Meat Science**, Barking, v. 84, n. 2, p. 308-313, 2010.

FERNANDEZ-GINES, J.; FERNANDEZ-LOPEZ, J.; SAYAS-BARBERA, E.; SENDRA, E.; PEREZ-ALVAREZ, J. Effect of a new emulsifier containing sodium stearoyl-2-lactylate and carrageenan on the functionality of meat emulsion systems. **Meat Science**, Barking, v. 76, n. 1, p. 9-18, 2007.

FLORES, M.; GINER, E.; FISZMAN, S.M.; SALVADOR, A.; FLORES, J. Effect of a new emulsifier containing sodium stearoyl-2-lactylate and carrageenan on the functionality of meat emulsion systems. **Meat Science**, Barking, v. 76, n. 1, p. 9-18, 2007.

FOLCH, J.; LEES, M.; SLOANE-STANLEY, G. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. **The Journal of Biological Chemistry**, Bethesda, v. 226, n. 1, p. 497-509, 1957.

FONKWE, L.G.; NARSIMHAN, G.; CHA, A.S. Characterization of gelation time and texture of gelatin and gelatin-polysaccharide mixed gels. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 17, n. 6, p. 871-883, 2003.

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**, Amsterdam, v. 98, n. 1/3, p. 59-63, 2011.

HARTMAN, L.; LAGO, R.C. Rapid preparation of fatty acid methyl esters from lipids. **Laboratory Practice**, London, v. 22, n. 6, p. 475-476, 1973.

HORITA, C.N.; MORGANO, M.A.; CELEGHINI, R.M.S.; POLLONIO, M.A.R. Physico-chemical and sensory properties of reduced-fat mortadella prepared with blends of calcium, magnesium and potassium chloride as partial substitutes for sodium chloride. **Meat Science**, Barking, v. 89, n. 4, p. 426-433, 2011.

JOHNSTON, C. Functional foods as modifiers of cardiovascular disease. **American journal of lifestyle medicine**, v. 3, n. 1, p. 39-43, 2009.

LAWLESS, H. T.; HEYMANN, H. **Sensory evaluation of food: Principles and Practices**. 2nd ed. New York: Springer, 2010. 596 p.

LIN, K.C.; KEETON, J.T.; GILCHRIST, C.L.; CROSS, H.R. Comparisons of carboxymethyl cellulose with differing molecular features in low fat frankfurters. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 53, n. 6, p. 1592-1595, 1988.

LIN, K.W.; MEI, M.Y. Influences of Gums, Soy Protein Isolate, and Heating Temperatures on Reduced-Fat Meat Batters in a Model System. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 65, n. 1, p. 48-52, 2000.

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

MATTSON, F.H.; GRUNDY, S.M. Comparison of effects of dietary saturated, monounsaturated, and polyunsaturated fatty acids on plasma lipids and lipoproteins in man. **Journal of Lipid Research**, Bethesda, v. 26, n. 2, p. 194-202, 1985.

MCAFEE, A.J.; MCSORLEY, E.M.; CUSKELLY, G.J.; MOSS, B.W.; WALLACE, J.M.W.; BONHAM, M.P.; FEARON, A.M. Red meat consumption: An overview of the risks and benefits. **Meat Science**, Barking, v. 84, n. 1, p. 1-13, 2010.

MEILGAARD, M.C.; CIVILLE, G.V.; CARR, B.T. **Sensory evaluation techniques**. 4th edition Boca Raton: CRC Press, 2007. 464p.

OSPINA-E, J.C.; SIERRA-C, A.; OCHOA, O.; PÉREZ-ÁLVAREZ, J.A.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J. Substitution of Saturated Fat in Processed Meat Products: A Review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 52, n. 2, p. 113-122, 2012.

PAPASTERGIADIS, A.; MUBIRU, E.; VAN LANGENHOVE, H.; DE MEULENAER, B. Malondialdehyde Measurement in Oxidized Foods: Evaluation of the Spectrophotometric Thiobarbituric Acid Reactive Substances (TBARS) Test in Various Foods. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 60, n. 38, p. 9589-9594, 2012.

PÉREZ-MATEOS, M.; HURTADO, J.L.; MONTERO, P.; FERNÁNDEZ-MARTÍN, F. Interactions of κ -carrageenan Plus Other Hydrocolloids in Fish Myosystem Gels. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 66, n. 6, p. 838-843, 2001.

PIETRASIK, Z.; DUDA, Z. Effect of fat content and soy protein/carrageenan mix on the quality characteristics of comminuted, scalded sausages. **Meat Science**, Barking, v. 56, n. 2, p. 161-188, 2000.

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**, Barking, v. 90, n. 1, p. 106-115, 2012.

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**, Barking, v. 54, n. 2, p. 1705-1711, 2013.

SIMOPOULOS, A.P. The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids. **Biomedicine & Pharmacotherapy**, Paris, v. 56, n. 8, p. 365-379, 2002.

SPICKETT, C.M.; WISWEDEL, I.; SIEMS, W.; ZARKOVIC, K.; ZARKOVIC, N. Advances in methods for the determination of biologically relevant lipid peroxidation products. **Free Radical Research**, London, v. 44, n. 10, p. 1172-1202, 2010.

SØRENSEN, G.; JØRGENSEN, S. A. Critical examination of some experimental variables in the 2-thiobarbituric acid (TBA) test for lipid oxidation in meat products. **Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und Forschung**, Berlin, v. 202, n. 3, p. 205-210, 1996.

VYNCKE, W. Direct Determination of the Thiobarbituric Acid Value in Trichloroacetic Acid Extracts of Fish as a Measure of Oxidative Rancidity. **Fette, Seifen, Anstrichmittel**, Leinfelden, v. 72, n. 12, p. 1084-1087, 1970.

VYNCKE, W. Evaluation of the Direct Thiobarbituric Acid Extraction Method for Determining Oxidative Rancidity in Mackerel (*Scomber scombrus* L.). **Fette, Seifen, Anstrichmittel**, Leinfelden, v. 77, n. 6, p. 239-240, 1975.

WAKELING, I.N.; MACFIE, H.J H. Designing consumer trials balanced for first and higher orders of carry-over effect when only a subset of k samples from t may be tested. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 6, n. 4, p. 299-308, 1995.

WEBB, E.C.; O'NEILL, H.A. The animal fat paradox and meat quality. **Meat Science**, Barking, v. 80, n. 1, p. 28-36, 2008.

WOOD, J.D.; RICHARDSON, R.I.; NUTE, G.R.; FISHER, A.V.; CAMPO, M.M.; KASAPIDOU, E.; SHEARD, P.R.; ENSER, M. Effects of fatty acids on meat quality: a review. **Meat Science**, Barking, v. 66, n. 1, p. 21-32, 2004.

YOUSSEF, M.K.; BARBUT, S. Fat reduction in comminuted meat products-effects of beef fat, regular and pre-emulsified canola oil. **Meat Science**, Barking, v. 87, n. 4, p. 356-360, 2011.

3 MICROESTRUTURA, PERFIL INSTRUMENTAL DE TEXTURA E ANÁLISE DESCRITIVA DE TEXTURA PARA MORTADELA TRADICIONAL E LIGHT

Resumo

A dieta é um importante fator modificável que influencia no desenvolvimento de doenças crônicas. No entanto, os consumidores demandam produtos com baixo teor de gordura sem qualquer perda de qualidade na textura. Neste trabalho, as análises descritivas de textura foram usadas para estudar a influência de dois níveis de gordura na textura de mortadela e serem comparadas com os dados obtidos pela Análise de Perfil de Textura. Dois tipos de mortadela de uma marca comercializada no Brasil, tradicional e light foram avaliadas por 11 provadores treinados. Os provadores treinados avaliaram a mortadela light como mais dura que a mortadela tradicional. A Análise de Perfil de Textura demonstrou também que a mortadela light é mais dura que a mortadela tradicional. O aumento na dureza da mortadela light (baixo teor de gordura) é explicado por um aumento na desordem na matriz analisada por microscopia eletrônica de varredura. A análise de correlação mostrou que a dureza sensorial está diretamente correlacionada com a elasticidade instrumental. Além disso, devem ser realizados estudos que permitam analisar a percepção dos consumidores de produtos cárneos de formulação conhecida para que possa ser aprimorada em função da resposta do consumidor.

Palavras chave: Análise descritiva de textura, Análises de perfil de textura, Mortadela, baixo teor de gordura

Abstract

The diet is an important modifiable factor that influences the development of chronic diseases. There is a lot of evidence demonstrating the importance of diet modifications on consumer health. However, the consumers demand low fat products without any loss of their texture quality. In this research, Descriptive Analysis of Texture was used to study the influence of two fat level mortadella on sensory texture and to be compared with the texture data given by a Texture Profile Analysis. Two samples of mortadella of a Brazilian commercial brand, traditional and light, were evaluated by 11 trained panelists. The trained sensory panel rated the light mortadella as harder than the traditional mortadella. The Texture Profile Analysis showed that light mortadella was harder than the traditional mortadella too. The increase of the toughness of the light mortadella (low-fat) is explained by a raise at the matrix clutter analyzed by scanning electron microscopy. A correlation analysis showed that the sensory hardness was positively correlated with instrumental springiness. Further, studies should be performed to study consumer's perception of meat products with known differences in their formulation and to compare consumer and trained panelist texture perception of these products.

Keywords: Descriptive Analysis of Texture; Texture Profile Analysis; Mortadella; Low Fat

3.1 Introdução

Nos últimos anos, têm ocorrido várias mudanças no estilo de vida da população em resultado da industrialização e do desenvolvimento econômico (WHO, 2003). Estas mudanças têm causado mudanças negativas na dieta e nos padrões de alimentação, que caracterizam a transição nutricional, a qual inclui um aumento da densidade energética na dieta e da proporção de gorduras saturadas, influenciando no aumento da ocorrência de doenças crônicas não transmissíveis relacionadas com a alimentação tais como obesidade, doenças cardiovasculares, hipertensão e diabetes (WHO, 2003).

No Brasil, a mortadela está entre os produtos cárneos mais produzidos e seu consumo tornou-se popular devido principalmente ao seu baixo custo e sabor agradável. Contudo, muitas vezes estes produtos são percebidos negativamente pelos consumidores, pois estes estão preocupados com o alto teor de gordura que contêm. Por esta razão, tem sido amplamente estudada a reformulação de emulsões cárneas, substituindo e/ou reduzindo os teores de gordura nas suas formulações. No entanto, o teor de gordura não só modifica a estrutura e composição, mas também a interação entre seus componentes, causando alterações nas propriedades sensoriais, como aparência, sabor e principalmente na textura (BAYARRI; CHULIÁ; COSTELL, 2010).

De acordo com os estudos publicados por Dar e Light (2014) e Piqueras-Fiszman e Spence (2012) a textura desempenha um papel fundamental na qualidade dos alimentos, afetando diretamente sua aceitação pelos consumidores e eventualmente em suas preferências alimentares. Portanto, a textura é um dos atributos mais importantes para o sucesso ou insucesso dos produtos com baixo teor de gordura (STEWART-KNOX; MITCHELL, 2003).

O desenvolvimento de alimentos com textura adequada envolve o uso de ferramentas de análise multivariada, relacionando diferentes áreas como a culinária, a ciência dos alimentos, a ciência dos materiais, a ciências sensoriais e o estudo do comportamento do consumidor. A percepção da textura dos alimentos é uma tarefa complexa e é composta principalmente por respostas táteis ou de superfície relacionadas com a pele (sentido do tato somestésico) e respostas mais profundas relacionadas com os músculos e tendões (tato cinestésico) (KILCAST; KILCAST, 2013).

A textura pode ser medida objetivamente (instrumental) ou subjetivamente (sensorial). Dentre os dispositivos instrumentais, os texturômetros imitam as condições de mastigação e apresentam correlações significativas com as medidas sensoriais de textura (SZCZESNIAK, 1963). Por esta razão, este equipamento tem sido amplamente utilizado para medir a textura de diferentes alimentos. A análise de perfil de textura (APT) consiste em uma compreensão axial dupla da amostra sem quebrá-la, imitando o comportamento mecânico da mastigação (BOURNE, 2002). É muito importante correlacionar medidas instrumentais e sensoriais uma vez que o controle de qualidade dos processos de produção de alimentos é realizado por meio de medições instrumentais, assim estarão se considerando as características sensoriais, no desenvolvimento de novos produtos (PAULA; CONTI-SILVA, 2014).

A Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) é uma das metodologias descritivas mais utilizadas (HILDEGARDE; ELLENA; HELENE, 2014) para caracterizar as propriedades sensoriais dos alimentos (BRUZZONE; ARES; GIMÉNEZ, 2013). Normalmente, a ADQ não considera a percepção sequencial durante o consumo dos alimentos, apenas usa a ordem de avaliação fornecida pela equipe de provadores. Considerando esse aspecto, a ADQ foi adaptada para que a avaliação da textura sensorial das amostras seja sequencial, em função dos atributos percebidos no consumo e foi chamada de Análise Descritiva de Textura (ADT) como recomendado por Dar e Light (2014).

Neste contexto, os objetivos deste capítulo foram: caracterizar sensorialmente e instrumentalmente a textura de mortadela usando ADT e APT; estudar a influência do teor de gordura na microestrutura e na textura sensorial e instrumental na mortadela light e tradicional e, finalmente, correlacionar os resultados de ADT com TPA.

3.2 Material e Métodos

3.2.1 Amostras

Foram utilizados neste estudo dois tipos de mortadela, as quais foram fornecidas por uma marca brasileira, sendo o teor de gordura das mortadelas

light (11%) e tradicional (18%) de acordo com o fabricante. Estes dois tipos de mortadela foram escolhidos, pois de acordo com estudos anteriores (SALDAÑA et al., 2015) o teor de gordura modifica a percepção sensorial. Além disso, a legislação brasileira também foi utilizada como critério de seleção, a qual estabelece que, para serem alimentos considerados “light”, estes têm que ter uma redução mínima de 25% dos açúcares totais, energia total ou lipídios totais (CADENA; BOLINI, 2011). Neste caso, a redução de 18% para 11% de gordura representa uma redução de 38,89%. As amostras foram obtidas imediatamente após o processo industrial e foram armazenadas a 4 ± 1 °C até a avaliação.

3.2.2 Análise Descritiva de Textura (ADT)

A equipe de provadores foi composta por 11 indivíduos (idade 25-50 anos), alunos de pós-graduação, pesquisadores e professores do Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo (ESALQ/USP), com larga experiência em análise descritiva quantitativa e pelo menos com 20 horas de experiência em avaliação de produtos cárneos. A ADT foi realizada de acordo com Stone e Sidel (2004) e Dar e Light (2014).

3.2.2.1 Seleção dos termos

A geração dos termos descritores foi realizada em três sessões. Na primeira, as amostras foram apresentadas para os provadores a fim de gerar os descritores de textura. Todos os provadores geraram seus descritores individualmente usando o método de rede (MOSKOWITZ, 1983). Em um debate aberto com o líder da equipe, os participantes chegaram a um acordo sobre os termos mais frequentes e importantes para descrever a textura das amostras.

Tabela 3.1 - Nomes, definições, técnica de avaliação e referências usadas para avaliação dos termos descritores de textura

*Nome do atributo	Definição do atributo	Técnica	Referencias
Oleosidade superficial	Percepção visual e tátil da intensidade de óleo na superfície da mortadela.	Manter amostra na bancada e olhar com ângulo de inclinação de 45° sem inclinar as costas. Esfregar suavemente a superfície.	Pouco: Peito de peru marca sadia cortado em cilindros com 1,8 cm de diâmetro por 1,5 cm de altura. Muito: Salame tipo italiano marca sadia cortado em cilindros com 1,8 cm de diâmetro por 1,5 cm de altura.
Umidade superficial	Percepção visual e tátil da intensidade de água na superfície da mortadela	Manter amostra na bancada e olhar com ângulo de inclinação de 45° sem inclinar as costas. Esfregar suavemente a superfície.	Pouco: Peito de peru marca sadia cortado em cilindros com 1,8 cm de diâmetro por 1,5 cm de altura. Muito: Presunto cozido marca sadia cortado em cilindros com 1,8 cm de diâmetro por 1,5 cm de altura.
Rugosidade superficial	Intensidade visual e tátil da aspereza da superfície da mortadela	Manter amostra na bancada e olhar com ângulo de inclinação de 45° sem inclinar as costas. Esfregar suavemente a superfície.	Nenhum: Parte lateral da salsicha marca sadia cortado em cilindros com 1,8 cm de diâmetro por 1,5 cm de altura. Muito: Parte lateral do salame tipo italiano marca sadia.
Dureza na primeira mordida	Força necessária para comprimir a mortadela entre os molares durante a primeira mordida entre os pré-molares	Colocar as amostras longitudinalmente entre a região dos dentes pré-molares durante a primeira mordida.	Pouco: Patê de carne suína marca sadia. Muito: Salame tipo italiano marca sadia cortado em cilindros com 1,8 cm de diâmetro por 1,5 cm de altura.
Elasticidade na primeira mordida	Capacidade de retorno do produto á forma original após a compressão entre os pré-molares	Colocar as amostras longitudinalmente entre a região dos dentes pré-molares durante a primeira mordida.	Pouco: Salame tipo italiano marca sadia cortado em cilindros com 1,8 cm de diâmetro por 1,5 cm de altura. Muito: Salsicha marca sadia cortado em cilindros com 1,8 cm de diâmetro por 1,5 cm de altura.
Mastigabilidade	Tempo requerido para mastigar a mortadela, a uma força constante, para reduzi-la à consistência adequada para deglutição.	Mastigar a mortadela até que esteja pronta para deglutição sem ajuda de água.	Pouco: Patê de carne suína marca sadia. Muito: Carne de panela.
Arenosidade na mastigação	Presença de partículas durante a mastigação da mortadela	Durante a mastigação colocar a amostra no palato e passar a língua.	Nenhum: Sashimi de salmão. Muito: nugget tradicional de frango marca sadia.
Partículas no palato	Presença de partículas no palato após a deglutição da mortadela	Após a mastigação passar a língua pelo palato e identificar as partículas.	Pouco: Sashimi de salmão. Muito: Hambúrguer de carne bovina marca sadia.
Partículas nos dentes	Presença de partículas nos dentes após a deglutição da mortadela	Após a mastigação passar a língua pelos dentes e identificar as partículas.	Pouco: Sashimi de salmão. Muito: Hambúrguer de carne bovina marca sadia.

*Para todos os atributos foram usadas escalas não estruturadas de 10 cm mudando apenas os extremos das âncoras.

Na segunda sessão foram definidos o nome do atributo, sua definição, a técnica de avaliação, e as referências dos termos descritores de textura (DAR; LIGHT, 2014). Na última sessão, as referências foram apresentadas aos participantes da equipe, indicando a intensidade da referência em uma escala não estruturada de 10 cm. A avaliação foi realizada sequencialmente em função dos atributos sensoriais percebidos durante o consumo do produto, por exemplo, os atributos percebidos durante a primeira mordida, mastigação, deglutição, entre outros. Segundo a equipe treinada a textura sensorial foi avaliada considerando a textura superficial, textura na primeira mordida, textura na mastigação e textura residual. O consenso das definições dos descritores gerados pelos membros da equipe está mostrado na Tabela 3.1.

3.2.2.2 Formação da equipe

Os provadores foram treinados na avaliação dos descritores usando produtos comerciais com diferentes características de textura. Foram realizadas seis sessões de treinamento de 50 minutos cada uma. A primeira sessão consistiu-se em uma reunião onde o líder da equipe explicou o uso da escala não estruturada de 10 cm ancorada com os termos de intensidade nas terminações, por exemplo, “pouco ou nada”, à esquerda, e “muito”, à direita. Na segunda sessão, as intensidades dos atributos de textura foram pontuadas. Todas as amostras foram avaliadas em todas as sessões. As seguintes sessões foram conduzidas da mesma forma até que a equipe atingisse consenso nas suas avaliações e em sua compreensão dos extremos das escalas.

As amostras foram cortadas em cilindros de 1,8 cm de diâmetro e 1,5 cm de altura, foram servidas a 20°C em recipientes plásticos, etiquetadas com números aleatórios de três dígitos. Água mineral foi servida para limpar o palato entre as amostras. As avaliações foram realizadas no laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição (LAN) da ESALQ/USP sob iluminação artificial do tipo “dia”, controle de temperatura (20 ± 2 °C) e circulação de ar. Os provadores foram selecionados por meio de três critérios: discriminação, reprodutibilidade e consenso no uso da escala

(STONE; SIDEL, 2004) com base no comportamento global da equipe (Tabela 3.2 e 3.3).

3.2.2.3 Avaliação final

O delineamento experimental de blocos completos balanceados foi utilizado em duas sessões para avaliar as amostras. Nove atributos de textura foram avaliados em cada sessão. As intensidades dos atributos foram avaliadas usando uma escala linear não estruturada de 10 cm. As amostras foram selecionadas casualmente de cada lote e servidas em ordem aleatória. Cada amostra foi colocada em uma bandeja de plástico identificada com numeros aleatorio de três dígitos.

3.2.3 Análise de Perfil de Textura (APT)

A APT foi realizada à temperatura ambiente, com um analisador de textura TA-XT2i (Texture Technologies Corp., Scarsdale, Nova Iorque, EUA) tal como descrito por Bourne (2002). Seis cilindros (2 cm de diâmetro e 2 cm de altura) foram obtidos a partir das amostras e submetidas a um ensaio de compressão de dois ciclos. As amostras foram comprimidas a 30% da sua altura original com uma sonda P-35 (eixo longo e base regular) a uma velocidade de 2 mm/s.

Foram determinados os seguintes parâmetros: dureza, força máxima durante o primeiro ciclo de compressão; elasticidade, a altura em que o alimento se recupera durante o tempo que decorre entre o final do primeiro ciclo e o início do segundo ciclo; a coesividade, a extensão em que a amostra pode ser deformada antes da ruptura ($A2/A1$, em que $A1$ é a energia total necessária para a primeira compressão, e $A2$ é a energia total necessária para a segunda compressão) e mastigabilidade, o trabalho necessário para mastigar a amostra ao ser ingerida (DE ALMEIDA et al., 2014; HORITA; et al., 2011; SALDAÑA et al., 2015).

3.2.4 Microestrutura

3.2.4.1 Microestrutura eletrônica de varredura (MEV)

As amostras foram fixadas usando uma solução de Karnovsky (KARNOVSKY, 1965) com ligeiras modificações (2,5% de glutaraldeído; 2,5% de formaldeído e tampão cacodilato de sódio 0,05M, pH 7,2). Depois elas foram infiltradas usando 30% de glicerol, em seguida, as amostras foram imersas em nitrogênio líquido para subsequente ruptura. Logo, as amostras foram pós-fixadas em OsO₄ (0,1%), e desidratadas usando acetona em diferentes concentrações (30, 50, 70, 90, 100% V/V) e secadas até o ponto crítico (DPC 030, Bal-Tec, Balzers, Alemanha). Em seguida foram cobertas por uma camada de ouro de 30 nm. Finalmente, as amostras foram observadas num microscópio eletrônico de varredura a uma voltagem de aceleração de 20 kV (LEO 435 VP, Leo Electron Microscopy Ltd., Cambridge, Inglaterra).

3.2.5 Análise de dados

3.2.5.1 Comportamento global da equipe

O comportamento global da equipe foi avaliado de acordo com Worch, Lê e Punter (2010) e Ares, Bruzzone e Giménez (2011) usando o seguinte modelo misto de análise da variância (ANOVA):

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + \alpha\beta_{ij} + \alpha\gamma_{ik} + \beta\gamma_{jk} + \varepsilon_{ijk} \quad (4.1)$$

Onde Y_{ijk} é a pontuação de um determinado atributo pelo provador k para a amostra i na sessão j , μ é a média geral (constante), α_i é o efeito da amostra i (definido como fixo), β_j é o efeito da sessão j (definido como aleatório), γ_k é o efeito do provador k (definido como aleatório), $\alpha\beta_{ij}$ é a interação entre a amostra i e a sessão j , $\alpha\gamma_{ik}$ é a interação entre a amostra i e o provador k , $\beta\gamma_{jk}$ é a interação entre a sessão j e o provador k e finalmente ε_{ijk} é o residual. Neste modelo, os efeitos mais importantes são: o efeito da amostra, que expressa a capacidade discriminativa da equipe; o efeito da interação "amostra * provador", que expressa o consenso da equipe, e o efeito da interação "amostra * sessão" que expressa a reprodutibilidade da equipe.

Os efeitos menos importantes são: o efeito provador, que expressa as diferenças no uso da escala pelos provadores (normalmente conhecidos como efeito de nível), o efeito da sessão que expressa o diferente uso da escala nas diferentes sessões, e os efeitos da interação "provador * sessão", que expressa o diferente uso da escala pelos provadores entre uma sessão e outra. O nível de 5% de significância foi considerado nas análises.

3.2.5.2 Textura Instrumental

A análise de variância ANOVA foi aplicada na APT, de modo a avaliar as diferenças entre as duas amostras. Diferenças significativas foram determinadas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

3.2.5.3 Correlação entre os parâmetros sensoriais e instrumentais

A análise de correlação de Pearson foi realizada entre as respostas sensoriais e instrumentais para as duas amostras. Após, se realizou uma Análise Fatorial Múltipla (AFM) com os escores dos atributos de textura dada pela equipe treinada (textura sensorial) e pelo texturômetro (textura instrumental). A AFM é uma análise aplicada a uma matriz de dados na qual um conjunto de indivíduos (ou objetos) é descrito por um conjunto de variáveis tanto qualitativas como quantitativas (ARES et al., 2012).

3.2.5.4 Software

Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando os softwares SensoMineR (LE; HUSSON, 2008), XLSTAT (Addinsoft, New York, EEUU) e PanelCheck (TOMIC et al., 2010).

3.3 Resultados e Discussão

A fim de obter uma compreensão mais clara sobre a redução de gordura como estratégia de reformulação em produtos cárneos do tipo mortadela no mercado brasileiro, neste capítulo se apresenta uma avaliação precisa da adequação da redução de gordura desde um ponto de vista sensorial, instrumental e microestrutural.

3.3.1 Avaliação do comportamento global da equipe

Como mostrado na Tabela 3.1, a textura da mortadela foi descrita utilizando os seguintes atributos: oleosidade superficial, umidade superficial, rugosidade superficial, dureza na primeira mordida, elasticidade na primeira mordida, mastigabilidade, arenosidade na mastigação, partículas no palato e partículas nos dentes. Neste estudo, a sequência de avaliação dos atributos estava de acordo com o recomendado por Dar e Light (2014), que afirmaram que a “Análise Descritiva de Textura tem que se aproximar a uma descrição estrutural de maneira linear”, pois há etapas nas quais um alimento é consumido (por exemplo, primeira mordida, mastigação, deglutição e assim por diante). Na Tabela 3.2 é apresentada o comportamento da equipe sobre todos os atributos (efeitos principais e interações). O efeito do produto foi significativo para um dos nove atributos de textura avaliados, o que sugere que membros da equipe não foram capazes de detectar diferenças em oito atributos de textura. A dureza foi o único atributo discriminado pelos provadores. Este fato é, provavelmente, devido a que a dureza é percebida durante a primeira mordida, o que não aconteceu com os outros atributos onde os provadores não perceberam diferença nenhuma entre as duas amostras, provavelmente devido a que esses atributos estavam relacionados à mastigação ou deglutição, onde tem interferência da quantidade de saliva, temperatura na boca, tempo de mastigação entre outros fatores.

Deste modo a dureza torna-se um atributo muito importante na reformulação deste tipo de produtos, quando o estudo está focado em avaliar o efeito da redução de gordura. É interessante destacar que, apesar da baixa discriminação da equipe (11,1%), esta teve um comportamento muito bom para os outros parâmetros analisados (reprodutibilidade, consenso e uso da escala) (Tabela 3.2 e Tabela 3.3).

Tabela 3.2 - ANOVA para avaliar o comportamento global da equipe

Atributo	Efeito					
	Amostra (A)	Provador (P)	Sessão (S)	A * P	A * S	P * S
Oleosidade ^a	0,113	0,060	0,026	0,610	0,914	0,084
Umidade ^a	0,725	0,009	0,036	0,303	0,658	0,050
Partículas no palato ^d	0,355	<0,001	0,193	0,666	0,114	0,016
Dureza ^b	0,027	0,011	0,203	0,280	0,650	0,065
Elasticidade ^b	0,057	0,004	0,501	0,463	0,173	0,029
Rugosidade ^a	0,516	0,008	0,655	0,396	0,675	0,651
Mastigabilidade ^c	0,249	<0,001	0,689	0,004	0,856	0,006
Arenosidade ^c	0,395	0,009	0,783	0,198	0,110	0,011
Partículas nos dentes ^d	0,816	0,001	0,902	0,681	0,075	0,056

(^a)Superficial, (^b)Primeira mordida, (^c)Mastigação e (^d)Residual. Os efeitos significativos ao 5% de significância estão ressaltados em negrito.

Tabela 3.3 - Resumo dos efeitos mais importantes na avaliação do comportamento da equipe

Fator	Efeito (%)	Descrição
Discriminação	11,1	1 de 9 atributos (Amostra)
Reprodutibilidade	100	9 de 9 atributos (Amostra * Sessão)
Consenso	88,9	8 de 9 atributos (Amostra * Provador)
Escala (repetição)	77,8	7 de 9 atributos (Sessão)

Na Tabela 3.3 apresenta-se o resumo do comportamento da equipe em base na ANOVA (Tabela 3.2). A reprodutibilidade da equipe foi de 100%, o que sugere que os escores médios e escores individuais dos atributos para todas as amostras não se alteraram durante as sessões e, assim, manteve-se estável as avaliações de uma sessão para outra. A interação “Amostra * Provador” (consenso) da equipe não foi significativa para oito dos nove atributos de textura avaliados, indicando um bom consenso entre os membros da equipe (ARES et al., 2011), representando 88,9%. A escala não estruturada foi utilizada correntemente por 77,8% dos provadores. Neste estudo, uma vez que o comportamento da equipe foi comprovadamente eficiente, se avaliou em duas sessões as duas amostras considerando todos os atributos sensoriais.

3.3.2 Análise descritiva de textura

Os escores médios das amostras avaliadas pelos provadores treinados estão apresentados na Tabela 3.4.

Tabela 3.4 - Escores médios $\pm$ desvio padrão (n=2) para os atributos textura das duas amostras

Atributo	Amostra	
	Tradicional	Light
Oleosidade ^{*a}	5,8 $\pm$ 2,9	4,9 $\pm$ 2,7
Umidade ^{*a}	5,4 $\pm$ 2,9	5,0 $\pm$ 2,9
Partículas no palato ^{*d}	3,0 $\pm$ 2,9	3,6 $\pm$ 2,8
Dureza ^{*b}	4,3 $\pm$ 1,9	5,6 $\pm$ 2,0
Elasticidade ^{*b}	5,4 $\pm$ 2,5	6,6 $\pm$ 2,3
Rugosidade ^{*a}	4,9 $\pm$ 1,8	5,6 $\pm$ 1,8
Mastigabilidade ^{*c}	2,7 $\pm$ 2,0	2,9 $\pm$ 1,7
Arenosidade ^{*c}	2,2 $\pm$ 2,3	2,7 $\pm$ 2,3
Partículas nos dentes ^{*d}	2,3 $\pm$ 2,5	2,4 $\pm$ 2,1

(^a)Superficial, (^b)Primeira mordida, (^c)Mastigação e (^d)Residual. *Diferenças não significativas segundo o teste t para duas medias ($P < 0,05$).

Sabe-se que o conteúdo de gordura tem um forte efeito sobre a percepção sensorial e sobre a textura instrumental das amostras devido às mudanças microestruturais e físico-químicas nos produtos reformulados (LAGUNA et al., 2014). O perfil sensorial da mortadela tradicional e light está apresentado na Figura 3.1. Os atributos em relação à textura superficial mostraram que a mortadela light apresentou oleosidade e umidade moderada (4,9 $\pm$ 2,7 e 5,0 $\pm$ 2,9) em comparação com a mortadela tradicional (5,8 $\pm$ 2,9 e 5,4 $\pm$ 2,9), e uma rugosidade superior (3,6 $\pm$ 2,8) quando comparada com a mortadela tradicional (3,0 $\pm$ 2,9). Este comportamento deve-se ao teor de gordura presente na composição das mortadelas. No entanto, até o momento não houve nenhuma evidência empírica que demonstrasse o efeito da redução de gordura na formulação sob a textura superficial da mortadela. Portanto, este estudo sugere que a mortadela tradicional pode ser considerada muito mais oleosa e úmida que a mortadela light. Isto acontece provavelmente porque a gordura e a água da mortadela cobrem a superfície da mesma ocasionando que a medida que o teor de gordura aumenta a percepção deste atributo é maior. Por outro lado, a percepção destes atributos interfere na percepção da rugosidade ocasionando uma diminuição da percepção da rugosidade (a superfície está coberta pela camada de água ou gordura) na amostra tradicional quando comparada com a amostra light.

Os atributos de textura analisados na primeira mordida apresentam a mortadela light como mais dura e mais elástica ($5,6 \pm 2,0$ e $6,6 \pm 2,3$) em comparação com a mortadela tradicional ($4,3 \pm 1,9$ e $5,4 \pm 2,5$). Em estudo realizado por Berasategi et al. (2014), com mortadela Bolonha elaborada com óleo de linhaça com o intuito de diminuir o teor de gordura saturada e aumentar o conteúdo de n3 em relação aos produtos convencionais, os resultados revelaram que a substituição da gordura animal (toucinho de porco) por óleo de linhaça modifica algumas das propriedades da textura, dependendo basicamente, da quantidade de óleo utilizada. Nesta pesquisa, pode-se ver claramente que a redução da gordura influenciou no aumento da dureza e elasticidade (Figura 3.1 e Tabela 3.4).

Em relação aos atributos de textura analisados durante a mastigação, a mortadela light obteve valores de mastigabilidade e arenosidade maiores ($5,6 \pm 1,8$ e $2,9 \pm 1,7$) quando comparados com a mortadela tradicional ($4,9 \pm 1,8$ e $2,7 \pm 2,0$). Na Figura 3.1 pode ser observado que o teor de gordura elevado tende a diminuir a mastigabilidade e arenosidade. No entanto, no caso da arenosidade, as amostras apresentaram pequenas diferenças com um valor de 0,2 na escala não estruturada de 10 cm, considerando assim que estas diferenças, além de não serem estatisticamente significativas ($P > 0,05$) não afetaram grandemente na caracterização da textura sensorial da mortadela.

Quanto aos atributos de textura residuais, “partículas no palato e nos dentes”, mostraram uma intensidade semelhante para ambos os tipos de mortadela. Este comportamento deve-se provavelmente a que durante a mastigação, as amostras foram misturadas com a saliva diminuindo as diferenças destes atributos sensoriais, causando eventualmente uma percepção semelhante.

Figura 3.1 - Representação gráfica do perfil sensorial das mortadelas

3.3.3 APT

Os parâmetros da APT das mortadelas estão apresentados na Tabela 3.5. Em termos gerais, o teste de compressão dupla não mostrou grandes diferenças na elasticidade entre a mortadela light e tradicional. Este resultado foi consistente com os resultados da avaliação sensorial. Além disso, verificou-se que a dureza, coesividade, mastigabilidade e elasticidade da mortadela tenderam a diminuir visivelmente quando o conteúdo de lipídios era maior (mortadela tradicional). Os valores de dureza encontrados no presente estudo foram menores do que os encontrados em outros estudos sobre produtos do

tipo mortadela (SALDAÑA et al., 2015) usando testes e probes semelhantes. Assim, futuros estudos devem considerar que a mortadela tradicional é menos dura que as amostras com redução lipídica. Estas diferenças na textura devem-se provavelmente às diferenças na composição e a uma relação diferente entre os componentes de emulsão (gordura, água e hidrocolóides).

Tabela 3.5 - Textura instrumental da mortadela		
Atributo	Produto	
	Light	Tradicional
Dureza*	16,24 ± 3,64	12,88 ± 1,39
Elasticidade	0,86 ± 0,03	0,87 ± 0,02
Coesividade*	0,80 ± 0,01	0,77 ± 0,02
Mastigabilidade*	11,49 ± 2,63	8,57 ± 0,67
Resiliência*	0,51 ± 0,03	0,43 ± 0,02

*Diferenças significativas entre as amostras ($P < 0,05$), de acordo com o teste t.

3.3.4 Microscopia eletrônica de varredura

De acordo com a Figura 3.2, a mortadela light apresentou maior desorganização no nível estrutural da matriz quando comparada com a amostra tradicional. A aparência esponjosa mostrada pela amostra tradicional desapareceu (menos cavidades) na amostra light evidenciando uma estrutura mais compacta, promovendo a formação de uma matriz forte aumentando assim a dureza, a elasticidade e a mastigabilidade da mesma. A mortadela tradicional tem uma microestrutura menos compacta, portanto menos dura. A formação das cavidades causantes da variação na textura pode ser devida à proporção dos componentes na matriz, principalmente gordura, água ou de ar gerado durante o processo de homogeneização em cutter) (DELGADO-PANDO et al., 2011). Pode-se concluir, então, que o teor de gordura afetou a textura sensorial e instrumental das amostras devido às alterações na microestrutura da mortadela. Resultados semelhantes foram relatados por Cáceres, Garcia e Selgas (2008) como o resultado da adição de óleo de peixe pré-emulsionado (com caseinatos) em produtos do tipo mortadela.

A **B**

Figure 3.2 - Microfotografias da A: mortadela light e B: mortadela tradicional

3.3.5 Correlação entre Textura Sensorial e Instrumental

A análise de correlação de Pearson entre as medidas da textura sensorial e instrumental mostraram baixos coeficientes de correlação de Pearson (Tabela 3.6). A dureza sensorial foi positivamente correlacionada com a elasticidade instrumental (Figura 3.3).

Tabela 3.6 - Coeficiente de correlação de Pearson entre os atributos sensoriais e instrumentais

	Dureza	Elasticidade	Coesividade	Mastigabilidade	Resiliência
Oleosidade	0,082	-0,148	0,006	0,055	0,033
Umidade	0,203	-0,056	0,272	0,220	0,333
Rugosidade	-0,152	0,275	-0,118	-0,129	-0,128
Dureza	-0,305	0,453	-0,10	-0,242	-0,161
Elasticidade	-0,003	0,207	0,354	0,066	0,280
Mastigabilidade	0,104	-0,079	0,136	0,105	0,134
Arenosidade	0,019	0,094	0,061	0,047	0,087
Partículas no palato	-0,082	-0,031	0,256	-0,048	0,194
Partículas nos dentes	-0,101	0,19	0,150	-0,051	0,101

Efeitos significativos ao 5% de significância estão em negrito.

Em relação aos outros atributos, nenhuma correlação foi encontrada. Um resultado semelhante foi relatado por Laguna et al (2014), onde estudaram o efeito da substituição parcial de gordura por inulina e hidroxipropil metilcelulose (HPMC) em biscoitos e reportaram que não houve correlação entre os dados sensoriais e instrumentais.

Sob a base destes resultados, pode-se afirmar que a correlação entre os dados sensoriais e instrumentais nem sempre é elevada e significativa, então os dados instrumentais da textura têm que ser interpretados com cautela, já que nem sempre um aumento na dureza instrumental se reflete em aumento na dureza sensorial.

Figura 3.3 - Representação dos atributos sensoriais e instrumentais nas duas primeiras dimensões da AFM

Figura 3.4 - Representação dos grupos (sensorial e instrumental) nas duas primeiras dimensões da AFM

A AFM foi realizada usando os dados provenientes da ADT e APT, com o intuito de representar ambos grupos de dados de maneira conjunta em duas dimensões, eliminando a informação redundante tendo assim uma melhor visualização dos dados. Na Figura 3.4, são mostrados os dados da APT e ADT, onde pode-se observar que o grupo de dados sensoriais está localizado no extremo superior esquerdo do mapa amostral enquanto os dados instrumentais estavam localizadas no extremo inferior direito, assim os dois grupos de dados estavam localizados longe um do outro o que indica que uma mudança nas características instrumentais não influiria numa proporção direta ou inversa nas características sensoriais.

3.4 Conclusões

Os resultados da presente pesquisa são preliminares em relação à adequação dos substitutos de gordura na mortadela. A metodologia ADT forneceu resultados reproduzíveis e válidos, podendo representar uma abordagem interessante para reunir informações sobre a percepção das características sensoriais de textura dos produtos alimentícios. A textura sensorial e instrumental da mortadela alterou-se de acordo com o teor de gordura utilizado (light e tradicional), apresentando uma dureza baixa quando o conteúdo lipídico foi alto. Pode-se afirmar que a redução do teor de gordura pode provocar mudanças na microestrutura da mortadela, gerando produtos com uma estrutura mais desorganizada e, em consequência, uma textura mais dura quando comparado com uma amostra com conteúdo lipídico maior (tradicional). Além disso, a análise de correlação mostrou que a dureza sensorial foi positivamente correlacionada com a elasticidade instrumental. Assim, mais pesquisas devem ser realizadas para estudar a percepção de textura de produtos cárneos com diferenças conhecidas em suas formulações e comparar a percepção entre consumidores e provadores treinados.

Referências

ARES, G.; BRUZZONE, F.; GIMÉNEZ, A. Is a consumer panel able to reliably evaluate the texture of dairy desserts using unstructured intensity scales? Evaluation of global and individual performance. **Journal of Sensory Studies**, Westport, v. 26, n. 5, p. 363-370, 2011.

ARES, G.; BUDELLI, E.; BRUZZONE, F.; GIMÉNEZ, A.; LEMA, P. Consumers' texture perception of milk desserts. I – Relationship with rheological measurements. **Journal of Texture Studies**, Westport, v. 43, n. 3, p. 203-213, 2012.

BAYARRI, S.; CHULIÁ, I.; COSTELL, E. Comparing λ -carrageenan and an inulin blend as fat replacers in carboxymethyl cellulose dairy desserts. Rheological and sensory aspects. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 24, n. 6/7, p. 578-587, 2010.

BERASATEGI, I.; GARCÍA-ÍÑIGUEZ DE CIRIANO, M.; NAVARRO-BLASCO, Í.; CALVO, M. I.; CAVERO, R. Y.; ASTIASARÁN, I.; AND ANSORENA, D. Reduced-fat bologna sausages with improved lipid fraction. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 94, n. 4, p. 744-751, 2014.
BOURNE, M.C. Food texture and viscosity: concept and measurement. New York: Academic Press, 325p, 2002.

BRUZZONE, F.; ARES, G.; GIMÉNEZ, A. Temporal aspects of yoghurt texture perception. **International Dairy Journal**, Barking, v. 29, n. 2, p. 124-134, 2013.

CADENA, R.S.; BOLINI, H.M.A. Time–intensity analysis and acceptance test for traditional and light vanilla ice cream. **Food Research International**, Barking, v. 44, n. 3, p. 677-683, 2011.

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

Dar, Y.L.; Light, J.M. Food Texture Design and Optimization. Local: John Wiley , 2014. ISBN 1118765990.

DE ALMEIDA, M.; VILLANUEVA, N.; GONÇALVES, J.; CONTRERAS-CASTILLO, C. Quality attributes and consumer acceptance of new ready-to-eat frozen restructured chicken. **Journal of Food Science and Technology**, Mysore, p. 1-9, 2014.

DELGADO-PANDO, G.; COFRADES, S.; RUIZ-CAPILLAS, C.; SOLAS, M. T., TRIKI, M.; JIMÉNEZ-COLMENERO, F. Low-fat frankfurters formulated with a healthier lipid combination as functional ingredient: Microstructure, lipid oxidation, nitrite content, microbiological changes and biogenic amine formation. **Meat Science**, Barking, v. 89, n. 1, p. 65-71, 2011.

HILDEGARDE, H.; ELLENA, S. K.; HELENE, H. Classical Descriptive Analysis. In: Ares G.; Varela P. (Ed.). **Novel Techniques in Sensory Characterization and Consumer Profiling**. Boca Raton: Ed. CRC Press - Taylor & Francis, 2014, p. 137-155.

HORITA, C.N.; MORGANO, M.A.; CELEGHINI, R.M.S.; POLLONIO, M.A.R. Physico-chemical and sensory properties of reduced-fat mortadella prepared with blends of calcium, magnesium and potassium chloride as partial substitutes for sodium chloride. **Meat Science**, Barking, v. 89, n. 4, p. 426-433, 2011.

KARNOVSKY, A. Formaldehyde-Glutaraldehyde Fixative of High Osmolality for Use in Electron Microscopy. **Journal of Cell Biology**, New York, v. 27, n. 2, p. 137-138, 1965.

KILCAST, D.; KILCAST, D. 1 - Measurement of the sensory quality of food: an introduction. In: (Ed.). *Instrumental Assessment of Food Sensory Quality*: Woodhead Publishing, 2013. p.1-26. ISBN 978-0-85709-439-1.

LAGUNA, L; PRIMO-MARTÍN, C; VARELA, P; SALVADOR, A.; SANZ, T. HPMC and inulin as fat replacers in biscuits: Sensory and instrumental evaluation. **LWT - Food Science and Technology**, Ottawa, v. 56, n. 2, p. 494-501, 2014.

LE, S.; HUSSON, F. SENSOMINER: A package for sensory data analysis. **Journal of Sensory Studies**, Westport, v. 23, n. 1, p. 14-25, 2008.

MOSKOWITZ, H.R. **Product testing and sensory evaluation of foods**. Westport: Foods & Nutrition Press, 1983, 605p.

PAULA, A.M.; CONTI-SILVA, A.C. Texture profile and correlation between sensory and instrumental analyses on extruded snacks. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 121, n. 0, p. 9-14, 2014.

PIQUERAS-FISZMAN, B.; SPENCE, C. The influence of the feel of product packaging on the perception of the oral-somatosensory texture of food. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 26, n. 1, p. 67-73, 2012.

SALDAÑA, E.; CORRÊA, A.L.S.; SELANI, M.M.; SPADA, P.F.; DE ALMEIDA, A.A.; CONTRERAS-CASTILLO, C.J. Influence of animal fat substitution by vegetal fat on Mortadella-type products formulated with different hydrocolloids. **Scientia Agricola**, Piracicaba, In Press, 2015.

STEWART-KNOX, B.; MITCHELL, P. What separates the winners from the losers in new food product development?. **Trends in Food Science & Technology**, Cambridge, v. 14, n. 1-2, p. 58-64, 2003.

STONE, H.; SIDEL, J. **Sensory evaluation practices**. 3rd ed. New York: Academic Press, 2004. 408p.

SZCZESNIAK, A.S. Classification of Textural Characteristicsa. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 28, n. 4, p. 385-389, 1963.

TOMIC, O.; LUCIANO, G.; NILSEN, A.; HYLDIG, G.; LORENSEN, K.; NÆS, T. Analysing sensory panel performance in a proficiency test using the

PanelCheck software. **European Food Research and Technology**, Berlin, v. 230, n. 3, p. 497-511, 2010.

World Health Organization. Diet, Nutrition and the Prevention of Chronic Disease. Geneva: World Health Organization. 2003, 160 p.

WORCH, T.; LÊ, S.; PUNTER, P. How reliable are the consumers? Comparison of sensory profiles from consumers and experts. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 21, n. 3, p. 309-318, 2010.

4 OTIMIZAÇÃO DO PERFIL LIPÍDICO E DUREZA DA MORTADELA SEGUINDO UMA ESTRATÉGIA SEQUENCIAL DE PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL

Resumo

O objetivo deste capítulo foi modelar matematicamente o perfil da fração lipídica da pré-emulsão composta por óleo de canola, azeite de oliva e óleo de peixe, assim como a dureza e a elasticidade instrumental da mortadela, otimizando simultaneamente, tanto o perfil lipídico quanto a dureza e elasticidade instrumental, usando a superposição de superfícies de contorno e a função desejabilidade, respectivamente. Na otimização da fração lipídica foi estudada a proporção de óleo de canola, azeite de oliva e óleo de peixe sobre a relação PUFA/SFA, n6/n3, EPA e DHA. Já na pré-emulsão foram otimizadas a porcentagem dos componentes da mesma sobre a dureza e elasticidade instrumental. A superposição das superfícies de contorno foi utilizada para selecionar as proporções de cada fonte lipídica, maximizando os PUFA's, especificamente os ácidos graxos n3 de cadeia longa, EPA e DHA. A proporção otimizada foi de 20% de óleo de peixe, 30% de azeite de oliva e 50% de óleo de canola. A função da desejabilidade foi utilizada para otimizar os componentes da pré-emulsão, em função da dureza e da elasticidade instrumental. A composição otimizada dos componentes da pré-emulsão foi: 0,5% de alginato de sódio, 0,5% de concentrado proteico de leite e 30% de fração lipídica. Os resultados do presente trabalho confirmaram que a substituição da gordura animal por pré-emulsões modificaram significativamente a dureza instrumental da mortadela. Assim, a metodologia de superfície de resposta foi eficiente para o modelamento da fração lipídica e da dureza e elasticidade instrumental.

Palavras chave: Superfície de resposta; Delineamento de misturas; Perfil lipídico; Mortadela; Dureza; Elasticidade

Abstract

The aim of this chapter was to mathematically model the lipid profile of the lipid fraction of a pre-emulsion consisting of canola, olive and fish oil, as well as the instrumental hardness and springiness of mortadella and simultaneously optimize the response variables for both lipid profile and instrumental hardness and springiness, using the overlapping of contour surfaces and the desirability function, respectively. In the lipid fraction optimization, the proportions of canola, olive and fish oil on the PUFA/SFA and n6/n3 ratios and EPA and DHA amounts were evaluated. In the pre-emulsion, the percentage of their components on the instrumental hardness and springiness were optimized. The overlapping of contour surfaces was used to select the proportions of each lipid source, maximizing PUFA's, specifically the long chain n3 fatty acids, such as EPA and DHA. Thus, the optimized proportion was 20% of fish oil, 30% of olive oil and 50% of canola oil. The desirability function was used to optimize the components of the pre-emulsion from the instrumental hardness and springiness. The optimized composition of the pre-emulsion components was: 0.5% of sodium alginate, 0.5% of milk protein concentrate, and 30% of lipid

fraction. Our results confirmed that the substitution of animal fat by pre-emulsions significantly changed the instrumental hardness. Thus, the response surface methodology was efficient for modeling the lipid fraction and the instrumental hardness and springiness of mortadella.

Keywords: Response surface; Mixture design; Lipid profile; Mortadella; Hardness; Springiness

4.1 Introdução

A carne e os produtos cárneos são elementos fundamentais na nossa dieta, fornecendo nutrientes essenciais, como proteínas, lipídios, vitaminas e minerais. Porém, do ponto de vista nutricional, um elevado consumo desses alimentos não é recomendado, devido ao seu alto conteúdo de gorduras saturadas (JIMENEZ-COLMENERO, 2007).

O excesso de consumo de gorduras saturadas está associado a muitas doenças, como a obesidade, câncer colo retal e doenças coronárias. Por esta razão, a Indústria de Alimentos tem se esforçado continuamente para desenvolver novos produtos cárneos com níveis reduzidos de gordura, de forma a se adequar às recomendações da Organização Mundial da Saúde (OMS) (WHO, 2003), que recomenda que a ingestão ideal de gordura deve representar entre 15 e 30% do consumo total de energia. Para os ácidos graxos, não mais do que 10% de calorias devem ser decorrentes do consumo de ácidos graxos saturados (AGS). Os ácidos graxos poli-insaturados (AGP) devem representar 10,6% (n6, 5-8%; n3, 1-2%) enquanto que os ácidos graxos monoinsaturados, e as gorduras trans devem representar 10-15% e <1%, respectivamente (JIMENEZ-COLMENERO, 2007; WHO, 2003).

Em resposta a estas considerações e verificando-se a necessidade de fornecer produtos cárneos mais saudáveis (BERASATEGI et al., 2011), uma estratégia para melhorar a qualidade nutricional dos produtos cárneos é melhorar seu perfil lipídico através da substituição da gordura animal por outro tipo de gordura. Uma grande variedade de diferentes gorduras não cárneas (de origem vegetal e marinha) têm sido utilizadas como substitutos parciais de gordura animal (principalmente gordura bovina e suína) em vários produtos cárneos (JIMENEZ-COLMENERO, 2007).

No entanto, a substituição de gordura animal por diferentes gorduras não cárneas representa um sério desafio, tanto sensorial quanto tecnológico, no desenvolvimento de produtos cárneos (SALDAÑA et al, 2015). No capítulo 3, observou-se que a textura sensorial e instrumental da mortadela mudou de acordo com o nível de gordura, ocorrendo diminuição da dureza quando o conteúdo de gordura era maior na formulação. Esta variação no conteúdo de gordura causou mudanças na microestrutura da mortadela, gerando produtos com uma estrutura mais desorganizada. Em consequência, a mortadela apresentava-se mais dura conforme o conteúdo de gordura diminuía na formulação.

A partir deste cenário, Jimenez-Colmenero (2007), implementou diferentes opções tecnológicas, onde a substituição da gordura animal pelas pré-emulsões é apresentada como uma alternativa promissora, uma vez a que a gordura foi estabilizada antes da incorporação na emulsão final (massa da mortadela). A grande maioria de estudos prévios, onde foi usada a pré-emulsão como substituto da gordura animal, estava composta apenas de um tipo de gordura ou hidrocolóide (COFRADES et al., 2013; DELGADO-PANDO et al., 2010; POYATO et al., 2013). No entanto, até hoje não foi conduzido nenhum estudo onde se tenha avaliado o perfil lipídico e de textura em mortadelas em função da adição de pré-emulsões compostas de uma mistura de óleos e hidrocolóides.

O planejamento experimental é uma das ferramentas mais poderosas e largamente utilizadas no modelamento matemático de processos na área de ciência e tecnologia de alimentos. O uso sequencial de dois ou mais planejamentos experimentais é importante, a fim de alcançar um objetivo final (GRANATO; ARAUJO, 2013), o qual, no presente estudo, foi a otimização da composição lipídica e da textura instrumental de mortadelas. Assim, este capítulo foi realizado seguindo uma estratégia sequencial de planejamento experimental, composto primeiramente por um Delineamento de Misturas Simplex-Centróide (DMSC), seguido por um Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR). Em um trabalho anterior, Marchetti, Andrés e Califano (2014) utilizaram a metodologia de superfície de resposta (MSR) para otimizar o conteúdo de proteína do leite e carragena em salsichas com óleo de peixe.

Neste contexto, o presente capítulo tem os seguintes objetivos: (a) modelar matematicamente o perfil da fração lipídica da pré-emulsão composta de óleo de canola, azeite de oliva e óleo de peixe, assim como a dureza e a elasticidade instrumental da mortadela, (b) Determinar os fatores que afetam significativamente o perfil lipídico e a dureza sensorial e instrumental da mortadela em função da substituição de gordura animal pelas pré-emulsões, e (c) Otimizar simultaneamente as variáveis respostas, tanto para o perfil lipídico quanto para a dureza e elasticidade instrumental, usando a superposição de superfícies de contorno e a função desejabilidade, respectivamente.

4.2 Material e Métodos

4.2.1 Material

Os ingredientes utilizados nas formulações foram carne bovina, carne suína e toucinho, obtidos de um açougue local. A carne (sem gordura e tecido conectivo) e a gordura suína foram armazenadas a 4°C. A matéria-prima foi então moída em moedor, com disco de 20 mm (Hermann AS, modelo P33003). Lotes de 2 kg foram embalados a vácuo, congelados e armazenados a -18°C, até o uso (não mais do que três semanas) (MARCHETTI et al., 2014). As fontes lipídicas foram: azeite de oliva (Olivas do Sul, Brasil), óleo de canola (Cargill, Brasil) e óleo de origem marinho (Carlson, Noruega), o qual no presente trabalho será chamado de óleo de peixe. O perfil de ácidos graxos das fontes lipídicas é mostrado na Tabela 4.1.

Os materiais utilizados para a estabilização da emulsão de óleo em água como alginato de sódio e o concentrado de proteína de leite, os condimentos e outros aditivos foram doados pela Ibrac® (São Paulo, Brasil). As embalagens de celulose expansíveis foram doadas por Viscofan (São Paulo, Brasil).

Tabela 4.1 - Perfil de ácidos graxos^a de óleo de canola, azeite de oliva e óleo de peixe

Ácido graxo	Canola	Oliva	Peixe
C14:0	-	-	6,900
C15:0	-	-	0,452
C16:0	3,851	15,859	14,469
C16:1	-	5,165	10,953
C17:0	-	-	1,363
C17:1	-	-	1,953
C18:0	1,940	2,043	2,907
C18:1n9t	-	-	1,924
C18:1n9c	52,333	52,116	10,754
C18:2n6c	25,683	18,666	5,286
C18:3n6	-	-	0,957
C18:3n3	13,513	3,834	2,775
C20:0	-	-	0,871
C20:2	-	-	4,478
C20:3n6	-	-	0,652
C20:4n6	-	-	0,502
C20:5n3	-	-	17,621
C21:0	-	-	0,699
C22:0	1,368	-	0,976
C22:1n9	-	-	2,359
C22:2	-	-	0,614
C22:6n3	-	-	7,734
C23:0	-	-	1,267
SFA	7,159	17,902	29,904
TRANS	-	-	1,924
MUFA	52,333	57,280	26,019
PUFA	39,197	22,500	40,620
n6/n3	1,901	4,869	0,254
PUFA/SFA	5,475	1,257	1,358

^a Dados expressos como porcentagem. PUFA= ácidos graxos poliinsaturados, MUFA= ácidos graxos monoinsaturados, SFA= ácidos graxos monoinsaturados

4.2.2 Preparação das pré-emulsões de óleo em água

Foi utilizada uma mistura de óleos composta por azeite de oliva (30%), óleo de canola (50%) e óleo de peixe (20%). A mistura de óleos foi obtida através de otimização prévia, utilizando um DMSC (ver 4.2.4). Dezesete diferentes pré-emulsões de óleo em água foram preparadas, seguindo um DCCR (ver secção 4.2.4).

As emulsões foram preparadas misturando os hidrocolóides com água ultrapura, através de agitação em agitador magnético (IKA, modelo RH básico 1) a 60°C e 500 rpm até os mesmos se apresentarem completamente

dissolvidos. Posteriormente a solução foi resfriada à temperatura ambiente (25 °C aproximadamente) e então emulsificada com a mistura de óleos durante 10 min, a 25°C e 500 rpm (DELGADO-PANDO et al., 2010; MARCHETTI et al., 2014).

4.2.3 Elaboração da mortadela

Dezessete tipos de mortadela foram fabricados segundo o DCCR (Tabela 4.3). Na formulação básica, os ingredientes (g/100g) foram adicionados conforme descrito a seguir: 36 g de dianteiro bovino com acém, 30 g de paleta suína, 0,8 g de sal, 1 g de condimento, 0,35 g de sal de cura (90% de sal, 6% de nitrito de sódio de 4% de nitrato de sódio), 0,35 g de tripolifosfato de sódio, 0,2 g de pasta de alho sem sal, 2 g de maltodextrina e 0,35 g de antioxidante (eritrobato de sódio). A elaboração da mortadela foi realizada como descrito por Saldaña et al. (2015). A carne crua (2°C) foi homogeneizada durante 1 minuto em moedor Hermann AS, modelo P33003. Após esta etapa foram adicionados o sal (NaCl), sal de cura, fosfatos, condimento, pasta de alho, maltodextrina e 50% do gelo para reduzir a temperatura da massa a 0°C e evitar a desnaturação proteica. Foram então adicionadas as pre-emulsões, segundo o planejamento experimental mostrado na Tabela 4.3. Finalmente foram adicionados os 50% restantes de gelo, seguido dos antioxidantes. A temperatura final da massa foi de $12,5 \pm 0,8^{\circ}\text{C}$. A massa foi colocada dentro de embalagens de celulose com um raio de 72 mm, usando um embutidor Handtmann VF610. O tratamento térmico consistiu de duas etapas. Na primeira etapa, a temperatura do forno foi mantida a 50°C durante uma hora, com vapor indireto e chaminé aberta. No segundo passo, a temperatura foi conservada a 60°C por uma hora, usando vapor indireto e chaminé fechada, o qual foi finalizado quando o centro geométrico do produto alcançou 73°C. Depois do processo de cozimento, os produtos foram resfriados usando água em spray, durante 30 min, antes da pesagem e embalagem a vácuo.

4.2.4 Planejamento Experimental para a otimização de mortadela

4.2.4.1 Otimização da mistura lipídica usando Delineamento de Misturas Simplex-Centróide (DMSC)

Na primeira etapa da otimização da mortadela foi usado um DMSC (CORNELL, 2011, GRANATO et al., 2014) para avaliar os efeitos das misturas binárias e ternárias do azeite de oliva e dos óleos de canola e de peixe quanto à relação n-6/n-3, relação ácidos graxos polinsaturados / ácidos graxos monoinsaturados (PUFA/MUFA) e quanto aos ácidos graxos eicosapentaenóico (EPA) e docosaexaenóico (DHA). Dez ensaios experimentais foram realizados, onde as variáveis independentes (fatores) foram as proporções de azeite de oliva e os óleos de canola e de peixe. O delineamento e os níveis experimentais para as 3 variáveis independentes são apresentados na Tabela 4.2. As misturas dos óleos foram planejadas para produzir uma formulação lipídica mais saudável, com uma pequena proporção de AGS, grandes proporções de AGM e AGP (incluindo AGP de cadeia longa n3) e uma relação equilibrada entre n6 e n3, objetivando-se estar em concordância com as recomendações da OMS (DELGADO-PANDO et al., 2010).

Tabela 4.2 - Delineamento usado para avaliar o efeito da adição de azeite de oliva, óleos de canola e de peixe na relação n-6/n-3, relação AGP/AGS, EPA e DHA das misturas lipídicas

Ensaio	Variáveis independentes (%)				Respostas		
	Óleo de Canola	Azeite de oliva	Óleo de peixe	PUFA/SFA	n-6/n-3	EPA	DHA
1	100	0	0	5,475	1,901	0	0
2	0	100	0	1,257	4,869	0	0
3	0	0	100	1,358	0,254	17,621	7,734
4	50	50	0	1,702	3,928	0	0
5	50	0	50	0,766	2,639	0	0
6	0	50	50	2,728	2,15	0	0
7	33,33	33,33	33,33	1,271	1,111	3,047	3,951
8	66,67	16,67	16,67	0,549	2,032	0	0
9	16,67	66,67	16,67	2,194	0,987	2,481	6,206
10	16,67	16,67	66,67	2,672	0,676	1,685	11,372

Óleo de canola + Azeite de oliva + Óleo de peixe = 100 %, PUFA= ácidos graxos poliinsaturados, MUFA= ácidos graxos monoinsaturados, SFA= ácidos graxos saturados

4.2.4.2 Otimização da pré-emulsão usando um Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR)

Uma vez otimizada a proporção dos tres óleos na pré-emulsão (mistura de azeite de oliva e óleos de canola e de peixe), foi usado um DCCR para avaliar o efeito da proporção dos componentes da pré-emulsão: mistura lipídica, alginato de sódio e concentrado proteico de leite (variáveis independentes) na dureza e elasticidade da mortadela (variáveis dependentes). Utilizou-se um DCCR com 3 variáveis independentes a 2 níveis cada (2^3), 6 pontos axiais ($\alpha = 1.68$), com adição de 4 pontos centrais, totalizando 18 experimentos. Foi usado um modelo de segunda ordem para a otimizar as variáveis dependentes como uma função das variáveis independentes (Tabela 4.3).

Tabela 4.3 - Delineamento usado para avaliar o efeito da adição de óleo, alginato de sódio e concentrado proteico de leite na pré- emulsão sobre a dureza e elasticidade da mortadela

Ensaio	Alginato de sódio (AS) (g/100g)		Concentrado proteico de leite (CP) (g/100g)		Óleo (O) (g/100g)	
	Valores Codificados	Valores Reais	Valores Codificados	Valores Reais	Valores Codificados	Valores Reais
1	-1	0,2	-1	0,2	-1	14,1
2	1	0,8	-1	0,2	-1	14,1
3	-1	0,2	1	0,8	-1	14,1
4	1	0,8	1	0,8	-1	14,1
5	-1	0,2	-1	0,2	1	25,9
6	1	0,8	-1	0,2	1	25,9
7	-1	0,2	1	0,8	1	25,9
8	1	0,8	1	0,8	1	25,9
9	-1.68	0	0	0,5	0	20
10	1.68	1	0	0,5	0	20
11	0	0,5	-1.68	0	0	20
12	0	0,5	1.68	1	0	20
13	0	0,5	0	0,5	-1.68	10
14	0	0,5	0	0,5	1.68	30
15	0	0,5	0	0,5	0	20
16	0	0,5	0	0,5	0	20
17	0	0,5	0	0,5	0	20
18	0	0,5	0	0,5	0	20

4.2.5 Métodos analíticos

4.2.5.2 Perfil de ácidos graxos de óleos e mortadelas

O material lipídico foi extraído segundo o método de Bligh e Dyer (1959), com pequenas modificações. Os lipídeos foram extraídos a partir de 10 g de

mortadela triturada, utilizando uma mistura de água-metanol-clorofórmio (14:40:25, V/V).

As alíquotas do material lipídico (~10 mg) de cada amostra foram metiladas separadamente, realizando-se dois procedimentos de metilação em sequência, usando 0,5N NaOCH₃ / Metanol, que reagem na amostra a 50°C durante 15 minutos, seguido da adição de 5% de excesso de HCl / metanol aquecidos até 80°C durante 30 minutos (CHERIAN; POURESLAMI, 2012). Os detalhes deste procedimento têm sido reportados em outras pesquisas (KRAMER et al., 1997).

Os ésteres metílicos de ácidos graxos (FAMES) foram analisados utilizando um cromatógrafo gasoso (Shimadzu, modelo 2010 – Cromatógrafo de gás plus, Quioto, Japão) equipado com uma coluna capilar de sílica fundida SP – 2560, 100 m (Supelco, Bellefonte, USA) acoplada a um detector de ionização de chama. Foi utilizada uma rampa de aquecimento conforme programação a seguir: 1) um aumento de 100°C a 170°C a 2°C/min (mantido durante 15 min); 2) um incremento de 170°C a 180°C a 0,5°C/min; 3) um aumento de 180°C a 200°C a 10°C/min; 4) um incremento de 200°C a 230°C a 2°C/min; 5) A temperatura final 230°C foi mantida durante 13 min. As temperaturas do injetor e do detector foram mantidas a 240 °C. Nitrogênio foi usado como o gás de arraste a uma taxa de 1,5 mL/min com um split de 1:30. As amostras (1 µL) foram injetadas usando um injetor automático (Shimadzu AOC-20i). Os picos individuais de FAMES foram identificados por comparação dos tempos de retenção com o padrão Mix C8-C22 (FAME Mix C8-C22, Supelco, USA). Os conteúdos de FAMES foram expressos como o percentual (%) do FAME total quantificado.

4.2.5.6 Medições da textura da mortadela

Para mensurar a dureza e elasticidade dos produtos uma Análise de Perfil de Textura (TPA) foi realizada, à temperatura ambiente, utilizando um Analisador de Textura TA-xT2i (Texture Technologies Corp. Scarsdale, NY, USA) conforme descrito por Bourne (2002). Cinco cilindros (2 cm de diâmetro e 2 cm de altura) foram tomados das amostras e submetidos ao teste de compressão em 2 ciclos. As amostras foram comprimidas até 30% da sua altura original, com probe de eixo longo e base regular, modelo P-35 a uma velocidade de 2 mm/s. A dureza e elasticidade instrumental foram

determinadas de acordo com de Almeida et al. (2014); Horita et al. (2011); Saldaña et al. (2015).

4.2.7 Análise estatística

Todas as análises foram realizadas usando os softwares Statistica 12.0 (StatSoft INC., USA), XLSTAT 2015 (Addinsoft, New York, EEUU) e Design Expert 7.0 (Stat Ease, USA).

DMSC

As respostas do delineamento de misturas foram avaliadas em função das variáveis independentes, neste caso o tipo de material lipídico. Após isto, foi realizada uma análise de variância para avaliar a significância estatística e o coeficiente de determinação (R^2) da equação cúbica obtida para selecionar o modelo mais apropriado para modelar o experimento. O modelo de regressão para estimar os coeficientes é apresentado na equação 4.1.

$$Y = B_1X_1 + B_2X_2 + B_3X_3 + B_{12}X_1X_2 + B_{13}X_1X_3 + B_{23}X_2X_3 + B_{123}X_1X_2X_3 \quad (4.1)$$

Onde Y é a resposta prevista; B_1 , B_2 e B_3 são os coeficientes de regressão para o efeito linear; B_{12} , B_{13} e B_{23} representam a interação binária dos coeficientes e B_{123} é o coeficiente de regressão ternária. No mesmo sentido X_1 , X_2 e X_3 representam a fração de óleo de canola, azeite de oliva e óleo de peixe. Foi realizada a análise da variância do modelo, calculando os efeitos e os coeficientes de regressão individual linear, quadrático, cúbico. Em seguida, os coeficientes de regressão foram utilizados para gerar o gráfico de contornos bidimensional para cada variável. As quatro respostas foram então superpostas, com o intuito de selecionar a área de interesse.

DCCR

A normalidade dos resíduos foi avaliada usando o teste de Anderson-Darling e a homogeneidade das variâncias foi avaliada pelo teste de Levene. Após estas análises, foi realizada uma Análise da Variância sobre as médias dos tratamentos e quando houve significância, foi realizado o teste de Tukey a

5% de probabilidade. Após análise dos efeitos foi ajustado um modelo de segunda ordem, expresso pela equação 4.2.

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i X_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} X_i^2 + \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k \beta_{ij} X_i X_j \quad (4.2)$$

Onde Y é a resposta prevista; β_0 é o intercepto do modelo; β_i , β_{ii} e β_{ij} representam os coeficientes de regressão linear, quadrático e da interação respectivamente; X_i e X_j são os níveis das variáveis independentes e k é o número de vezes em que cada variável independente foi testada (k=5). A análise da variância, associada ao teste F, foi aplicada para testar a adequação dos modelos. Foi considerada na análise a falta de ajuste em relação a 95% de confiança e o R^2 do modelo. Finalmente, após a construção dos modelos, uma otimização simultânea foi utilizada, usando a função de desejabilidade (DERRINGER; SUICH, 1980). Os critérios para otimização simultânea foram: mínimo (> 13 N) e máximo (< 16 N) para dureza; e mínimo (< 0.87) para elasticidade.

4.3 Resultados e Discussão

4.3.1 Otimização da mistura de óleos usando DMSC

O perfil de ácidos graxos de cada componente individual a ser utilizado na mistura lipídica é apresentado na Tabela 4.1. Pode-se perceber que para a relação n6/n3, nenhum componente lipídico apresentou valores acima de 5, indicando que uma mistura deles, nas proporções adequadas, melhoraria ainda mais o potencial individual do ponto de vista nutricional (dentro de uma matriz alimentar). Como esperado, o óleo de peixe apresentou a relação n6/n3 mais baixa, indicando ser o melhor componente do ponto de vista nutricional. Assim, verifica-se claramente o potencial da utilização do óleo de peixe em produtos cárneos emulsionados como substituto de gordura animal, com o intuito de melhorar o perfil lipídico. No entanto, deve-se levar em consideração que o sabor do óleo de peixe pode causar uma baixa aceitação pelos consumidores (VALENCIA et al., 2008). Assim, a obtenção de uma mistura lipídica adequada do ponto de vista nutricional, mas sem diminuir a aceitação do consumidor, é de difícil obtenção. Nesse sentido, neste capítulo consideramos a premissa: “menos é mais”, que é interpretada como: “é necessário substituir a menor

quantidade de gordura animal e assim melhorar o perfil lipídico sem afetar as propriedades sensoriais da mortadela.

A Figura 4.1 e a Tabela 4.2, mostram o efeito das 10 misturas binárias e ternárias de óleo de canola, azeite de oliva e óleo de peixe sobre a relação PUFA/SFA, n3/n6, EPA e DHA (ácidos graxos n3 de cadeia longa). Para a relação PUFA/SFA, o óleo de canola apresentou um valor mais alto (5,475) quando comparado com os outros tratamentos, indicando um elevado conteúdo de PUFA's e baixo conteúdo de SFA's. A mistura binária composta por azeite de oliva e peixe mostrou o segundo maior valor (2,7), e as misturas ternárias, codificadas como ensaios 9 e 10, ambas formuladas com 16.67% de óleo de canola, apresentaram valores acima de 2. Os valores para as outras combinações foram maiores que 0,4, que é o limiar recomendado para manter uma dieta saudável (WOOD et al., 2004). Segundo o capítulo 2 desta dissertação e em concordância com os resultados relatados por Saldaña et al. (2015), não é suficiente, apenas analisar a relação PUFA/SFA já que normalmente os PUFA's analisados em alimentos contêm em sua composição mais n6 do que n3, desbalanço que não é recomendado numa dieta saudável. Nesse contexto, considerou-se a relação n6/n3 dentro dos PUFA's. Wood et al. (2004), recomendam valores baixos para esta relação n6/n3. Um valor de 4 indica que para cada 4 partes de n6 existe 1 parte de n3. Os valores baixos, portanto, são relacionados com dietas saudáveis, já que indicam uma maior quantidade de ácidos graxos n3. Neste estudo, a relação n6/n3 variou de 0,254 até 4,869. O ensaio 3 apresentou o menor valor para esta relação (óleo de peixe), indicando que o baixo conteúdo de PUFA's não influenciou na relação n6/n3, apresentando maior quantidade de PUFA's do tipo n3, o que está de acordo com as recomendações realizadas por Wood et al (2004). O óleo de canola também apresentou um valor baixo de n6/n3 quando comparado com o azeite de oliva. A combinação binária composta de 50% de óleo de canola e 50% de óleo de peixe apresentou um valor de 0,766, indicando um elevado conteúdo de n3 quando comparado com as outras combinações binárias. Para as combinações ternárias, a presença do óleo de peixe (ensaio 10) ajudou na diminuição da relação n6/n3. Para os ácidos graxos de cadeia longa, tanto o EPA quanto DHA estiveram presente apenas no óleo de peixe e nas

combinações ternárias que continham o mesmo. É interessante notar que nas combinações binárias não foi encontrado EPA e DHA.

As combinações lipídicas apresentaram importantes mudanças no perfil lipídico das misturas. Dessa forma, o passo seguinte foi modelar as variáveis dependentes em função dos três componentes das misturas, usando o delineamento de misturas da metodologia de superfície de resposta. A representação das superfícies de contornos são mostrados na Figura 4.1, considerando-se o modelo cúbico especial.

O modelo cúbico especial foi selecionado para modelar as 4 variáveis dependentes em função dos três componentes lipídicos, devido ao fato de que ele apresentou um elevado coeficiente de determinação (R^2). Para o modelamento foram considerados todos os fatores. Na Tabela 4.4 são apresentados detalhadamente os parâmetros do modelo cúbico especial. Assim, pode-se observar na Figura 4.1 que a relação PUFA/SFA aumenta quando a mistura lipídica tem em sua composição óleo de canola. A relação n6/n3 diminui a medida que aumenta o conteúdo de óleo de peixe na composição. O conteúdo de EPA e DHA aumenta a medida que o óleo de peixe aumenta. A superposição das quatro variáveis respostas modeladas e graficadas usando o gráfico de contornos, revelaram a importância do óleo de peixe, uma vez que uma pequena adição deste óleo melhora a qualidade nutricional da mistura. Com base nessas respostas, selecionou-se a mistura composta por 50% de óleo de canola, 30% de azeite de oliva e 20% de óleo de peixe.

A relação do consumo de produtos cárneos com elevado conteúdo de gordura com a saúde se vê explicada pelo tipo e quantidade e tipo de ácido graxo que contém. Assim, as recomendações baseadas nas relações específicas dos ácidos graxos é: manter a relação PUFA/SFA acima de 0,4 e a relação n6/n3 abaixo de 4 (WOOD ET AL., 2004). A mistura lipídica otimizada nesta etapa da dissertação foi modelada usando o modelo cúbico especial e apresentou os seguintes valores: PUFA/SFA= 2,2769; n6/n3= 2,2925; EPA= 0,8146; DHA= 1,6645, os quais estão dentro das recomendações para uma dieta saudável. A mistura otimizada foi composta por apenas 20% de óleo de peixe, a fim de não modificar as características sensoriais da mortadela.

Figura 4.1 - Superposição das superfícies de contorno das 4 respostas avaliadas na mistura lipídica. PUFA=ácidos graxos poliinsaturados, MUFA=ácidos graxos monoinsaturados, SFA= ácidos graxos monoinsaturados

Uma vez otimizada a composição da mistura lipídica, buscou-se otimizar a dureza e a elasticidade instrumental da mortadela, através da substituição da gordura animal pela pré-emulsão elaborada a partir da mistura lipídica, do alginato de sódio e do concentrado proteico de leite, usando a Análise de Perfil de Textura.

Tabela 4.4 - Efeito do óleo de canola (A), azeite de oliva (B) e óleo de peixe e suas misturas sobre a relação PUFA/SFA, n3/n6, EPA e DHA.

Variável resposta	Fator	Coefficientes de regressão	Erro padrão	Valor t	Valor p	95% de confiança	95% de confiança
PUFA/SFA	A	4,98	1,18	4,22	0,02	1,23	8,74
	B	1,42	1,18	1,20	0,32	-2,34	5,17
	C	1,73	1,18	1,46	0,24	-2,03	5,48
	AB	-7,32	5,94	-1,23	0,31	-26,21	11,58
	AC	-10,85	5,94	-1,83	0,17	-29,75	8,05
	BC	6,74	5,94	1,14	0,34	-12,16	25,64
	ABC	-1,50	39,15	-0,04	0,97	-126,08	123,09
	R ²			0,7560			
	Valor p (modelo)			0,3864			
n3/n6	A	2,03	0,87	2,32	0,10	-0,75	4,81
	B	4,49	0,87	5,13	0,01	1,70	7,27
	C	0,32	0,87	0,37	0,73	-2,46	3,11
	AB	1,67	4,40	0,38	0,73	-12,34	15,68
	AC	6,65	4,40	1,51	0,23	-7,37	20,66
	BC	-2,27	4,40	-0,51	0,64	-16,28	11,75
	ABC	-64,38	29,03	-2,22	0,11	-156,76	28,01
	R ²			0,8706			
	Valor p (modelo)			0,1736			
EPA	A	0,05	2,53	0,02	0,98	-7,99	8,11
	B	0,73	2,53	0,28	0,79	-7,32	8,78
	C	16,53	2,53	6,53	0,007	8,48	24,59
	AB	1,58	12,74	0,12	0,90	-38,96	42,12
	AC	-37,29	12,74	-2,92	0,06	-77,84	3,24
	BC	-35,94	12,74	-2,82	0,06	-76,49	4,60
	ABC	117,44	83,99	1,39	0,25	-149,87	384,75
	R ²			0,923			
	Valor p (modelo)			0,0851			
DHA	A	-1,05	4,03	-0,26	0,81	-13,91	11,79
	B	0,63	4,03	0,15	0,88	-12,22	13,48
	C	9,07	4,03	2,24	0,11	-3,78	21,92
	AB	-0,85	20,33	-0,04	0,96	-65,55	63,85
	AC	-14,90	20,33	-0,73	0,51	-79,61	49,79
	[BC	-11,52	20,33	-0,56	0,61	-76,22	53,18
	ABC	184,73	134,03	1,37	0,26	-241,83	611,31
	R ²			0,6677			
	Valor p (modelo)			0,5434			

PUFA= ácidos graxos poliinsaturados, MUFA= ácidos graxos monoinsaturados, SFA= ácidos graxos monoinsaturados.

4.3.2 Otimização da pré- emulsão utilizando DCCR

Tabela 4.5 - Dureza e elasticidade instrumental da mortadela reformulada

Ensaio	AS (%)	CP (%)	O (%)	Dureza ^a (N)	Elasticidade ^a
1	0.2	0.2	14.1	22.336 ± 1.391 ^d	0.913 ± 0.011
2	0.8	0.2	14.1	21.187 ± 2.435 ^{cd}	0.922 ± 0.006
3	0.2	0.8	14.1	15.071 ± 1.913 ^{ab}	0.913 ± 0.005
4	0.8	0.8	14.1	12.031 ± 0.748 ^a	0.921 ± 0.005
5	0.2	0.2	25.9	18.626 ± 0.766 ^{bcd}	0.913 ± 0.006
6	0.8	0.2	25.9	15.596 ± 2.407 ^{ab}	0.923 ± 0.007
7	0.2	0.8	25.9	15.454 ± 2.137 ^{ab}	0.922 ± 0.009
8	0.8	0.8	25.9	15.015 ± 1.682 ^{ab}	0.917 ± 0.01
9	0	0.5	20	14.49 ± 0.925 ^{ab}	0.911 ± 0.004
10	1	0.5	20	14.927 ± 1.115 ^{ab}	0.913 ± 0.006
11	0.5	0	20	17.039 ± 1.327 ^{bc}	0.908 ± 0.006
12	0.5	1	20	18.006 ± 2.516 ^{bcd}	0.917 ± 0.003
13	0.5	0.5	10	15.524 ± 3.881 ^{ab}	0.916 ± 0.018
14	0.5	0.5	30	17.455 ± 2.63 ^{bc}	0.921 ± 0.016
15	0.5	0.5	20	15.64 ± 2.176 ^{ab}	0.906 ± 0.014
16	0.5	0.5	20	15.444 ± 2.497 ^{ab}	0.918 ± 0.006
17	0.5	0.5	20	15,985 ± 0,712 ^{ab}	0.917 ± 0.01
18	0,5	0,5	20	15,854 ± 1,451 ^{ab}	0,918 ± 0,013
p (Normalidade) ^b				0,287	0,073
p (Homogeneidade) ^c				0,225	0,747
p (Anova) ^d				<0,0001	0,171

AS= Alginato de sódio, CP= Concentrado proteico de leite, e O= óleo.

a= Valores expressos como a média (n=5).

b= Valores de probabilidade obtido pelo teste Anderson-Darling (Normalidade).

c= Valores de probabilidade obtido pelo teste de Levene (Homocedasticidade).

d= Valores de probabilidade obtido pela ANOVA de uma via.

Segundo Saldaña et al (2015) a redução da gordura em mortadela, aumenta a dureza sensorial e instrumental. Nesse sentido, nesta etapa buscou-se otimizar a dureza e a elasticidade instrumental da mesma, através da incorporação de pré-emulsão como substituto da gordura animal, levando em consideração as recomendações obtidas no capítulo 3, onde se concluiu que a dureza e a elasticidade instrumental das mortadelas tradicionais variam de 12,88 a 16,24 e de 0,86 a 0,87, respectivamente. A partir dessa informação, foram otimizadas, em conjunto, a dureza e a elasticidade instrumental da mortadela.

Os valores médios da dureza e elasticidade instrumental da mortadela elaborada com substituição de gordura animal são mostrados na Tabela 4.5. As duas variáveis dependentes apresentaram normalidade dos resíduos ($P > 0,05$) e homogeneidade de variâncias ($P > 0,05$). A dureza variou estatisticamente ($P < 0,05$) de 12,031N até 22,336N, enquanto que a elasticidade não mostrou diferença significativa entre as amostras. Pelo fato de não ter sido verificada diferença significativa entre as amostras para a elasticidade instrumental, esta variável dependente não foi modelada matematicamente, já que os fatores não influenciaram nesta resposta nos níveis avaliados.

Na Figura 4.3 pode-se observar a variação da dureza em função dos fatores nas condições avaliadas neste experimento. A dureza instrumental da mortadela muda em função da concentração dos hidrocolóides na pré-emulsão. Assim, a medida que aumenta a concentração de ambos os hidrocolóides, a dureza chega a um ponto máximo e diminui se a concentração continua aumentando. A partir deste comportamento, é importante modelar e encontrar a concentração ótima de cada hidrocolóide, visando obter uma dureza entre 13 e 16N. Quando se avalia a dureza em função dos hidrocolóides e da fração lipídica, os componentes diminuem a dureza. Nesse sentido, é necessário também encontrar a proporção ótima da fração lipídica da pré-emulsão.

Na Tabela 4.6 é apresentada a estimativa dos efeitos sobre a dureza instrumental da mortadela. As três variáveis independentes mostraram efeito significativo, tanto linear quanto quadrático, bem como a interação entre eles. O modelo de regressão polinomial da dureza instrumental foi significativo ($P < 0,05$) e é descrita na equação 4.3.

$$\text{Dureza} = 24,69 + 8,00*AS - 14,58*AS^2 - 12,10*CP - 4,52*CP^2 - 0,14*O - 0,01*O^2 + 0,33*AS*CP + 0,20*AS*O + 0,50*CP*O \quad (4.3)$$

Tabela 4.6 - Estimativa dos efeitos dos fatores sobre a dureza instrumental da mortadela

	Coeficientes de regressão	Desvio padrão	p
Média	24,69	1,06	0,0001
AS (L)	8,00	1,27	0,0089
AS (Q)	-14,58	0,73	0,0002
CP (L)	-12,10	1,27	0,0024
CP (Q)	-4,52	0,73	0,0085
O (L)	-0,14	0,08	0,1801
O (Q)	-0,01	0,00	0,0153
AS*CP (L)	0,33	0,90	0,7398
AS*O (L)	0,20	0,04	0,0224
CP*O (L)	0,50	0,04	0,0016

AS= Alginato de sódio, CP= Concentrado proteico de leite, e O= óleo. L= linear e Q= quadrático.

Pode ser observado na Tabela 4.7, que o modelo apresentou significância estatística ($P < 0,05$) e que o coeficiente de determinação (R^2) foi 85,21%, o que indica que a variabilidade das respostas pode ser explicada satisfatoriamente pelo modelo. Na prática, valores elevados de R^2 ($> 70\%$) são considerados como indicadores razoáveis de adequação de modelos de regressão para descrever a influência das variáveis independentes (BAS; BOYACI, 2007). O erro experimental de 0,14% revela que o experimento foi bem conduzido, portanto o modelo obtido a partir do experimento é confiável. A análise da variância mostrou que o modelo apresentava falta de ajuste ($P < 0,05$). Segundo Myers e Montgomery, (2002), a falta de ajuste mede o fracasso do modelo em representar os resultados no domínio experimental em pontos que não estão incluídos na regressão. Assim, no momento de selecionar uma formulação com as proporções ótimas, estas terão que estar dentro do nosso domínio experimental (um dos 18 ensaios).

4.7 – Análise da variância do modelo da dureza instrumental da mortadela

Fonte de variação	Soma Quadrática	Graus de Liberdade	Média Quadrática	Fcalculado	P
Regressão	97,042	9	10,78	5,12	0,015
Resíduo	16,840	8	2,10		
Falta de ajuste	16,680	5	3,33	62,56	0,003
Erro puro	0,160	3	0,05		
Total	113,883	17			

$R^2 = 85,21\%$. Erro experimental= 0,14%

Quando se propõe um modelo matemático usando a metodologia de superfície de resposta, não se deve considerar apenas a equação e o R^2 para fazer a inferência sobre a qualidade estatística do modelo, como também os resíduos (alinhamento entre os valores observados e previstos). A Figura 4.2 indica que a distribuição aleatória entre os valores previstos e observados estão próximos em toda a faixa estudada, concluindo que os dados do modelo matemático podem ser utilizados para selecionar as proporções ótimas em função da dureza instrumental.

Figura 4.2 - Valores observados versus valores previstos pelo modelo para a dureza instrumental da mortadela

Figura 4.3 – Efeito da porcentagem de AS, CP e O na pré-emulsão sobre a dureza instrumental da mortadela. AS= Alginato de sódio, CP= concentrado proteico de leite, e O= fração lipídica

A otimização simultânea da dureza e da elasticidade instrumental foi realizada usando a função “desejabilidade”, considerando as respostas ótimas que incluíram os dados experimentais, com pequeno intervalo de variação para cada variável (DERRINGER; SUICH, 1980). O índice de desejabilidade obtido foi 1, sugerindo a seguinte composição: 0,51% de alginato de sódio, 0,5% de concentrado proteico de leite e 30% da mistura lipídica (Figura 4.4).

Assim na seguinte etapa desta dissertação (capítulo 5), os componentes otimizados da pré-emulsão serão levados em consideração.

Figura 4.4 - Otimização da porcentagem de AS, CP e O na pré-emulsão sobre a dureza instrumental da mortadela usando a função desejabilidade

4.4 Conclusões

A metodologia de superfície de resposta mostrou-se eficiente para realizar o modelamento da fração lipídica, da dureza e elasticidade instrumental da mortadela. As equações desenvolvidas podem ser usadas para fins preditivos. A superposição das superfícies de contorno foi utilizada para selecionar as proporções de cada fonte lipídica, maximizando os PUFA's, especificamente os ácidos graxos n3 de cadeia longa, como o EPA e DHA. Assim, a proporção otimizada foi 20% de óleo de peixe, 30% de óleo de oliva e 50% de óleo de canola. A função de desejabilidade foi utilizada para otimizar os componentes da pré-emulsão em função da dureza e da elasticidade instrumental. A composição otimizada dos componentes da pré-emulsão foi: 0,5% de alginato de sódio, 0,5% de concentrado proteico de leite e 30% de fração lipídica. Nossos resultados confirmaram que a substituição da gordura animal pelas pré-emulsões modificaram significativamente a dureza instrumental.

Referências

- BAŞ, D.; BOYACI, İ.H. Modeling and optimization I: Usability of response surface methodology. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 78, n. 3, p. 836-845, 2007.
- BERASATEGI, I.; LEGARRA, S.; GARCÍA-ÍÑIGUEZ DE CIRIANO, M.; REHECHO, S.; CALVO, M. I.; CAVERO, R. Y.; NAVARRO-BLASCO, Í.; ANSORENA, D.; ASTIASARÁN, I. "High in omega-3 fatty acids" bologna-type sausages stabilized with an aqueous-ethanol extract of *Melissa officinalis*. **Meat Science**, Barking, v. 88, n. 4, p. 705-711, 2011.
- BLIGH, E.G.; DYER, W.J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian journal of Biochemistry and Physiology**, v. 37, n. 8, p. 911-917, 1959.
- BOURNE, M.C. **Food texture and viscosity: concept and measurement**. New York: Academic Press, 2002. 325 p.
- CHERIAN, G.; POURESLAMI, R. **Fats and Fatty Acids in Poultry Nutrition and Health**. Context Product Limited, 2012. ISBN 1899043373. 302 p.
- COFRADES, S.; ANTONIOU, I.; SOLAS, M.T.; HERRERO, A.M.; JIMÉNEZ-COLMENERO, F. Preparation and impact of multiple (water-in-oil-in-water) emulsions in meat systems. **Food Chemistry**, cidade, v. 141, n. 1, p. 338-346, 2013.
- CORNELL, J.A. Experiments with mixtures: designs, models, and the analysis of mixture data. John Wiley, 2011. ISBN 111815049X. 649 p.
- DELGADO-PANDO, G.; COFRADES, S.; RUIZ-CAPILLAS, C.; SOLAS, M. T.; JIMÉNEZ-COLMENERO, F. Healthier lipid combination oil-in-water emulsions prepared with various protein systems: An approach for development of functional meat products. **European Journal of Lipid Science and Technology**, Weinheim, v. 112, n. 7, p. 791-801, 2010.
- DE ALMEIDA, M.; VILLANUEVA, N.; GONÇALVES, J.; CONTRERAS-CASTILLO, C. Quality attributes and consumer acceptance of new ready-to-eat frozen restructured chicken. **Journal of Food Science and Technology**, Mysore, v. 52, n.5, p. 2869-2877, 2014.
- DERRINGER, G; SUICH, R. Simultaneous optimization of several response variables. **Journal of Quality Technology**, Milwaukee, v. 12, n. 2, p. 214–219, 1980.
- GRANATO, D.; ARAÚJO V. The use and importance of design of experiments (DOE) in process modelling in food science and technology. In: GRANATO D.; ARES G. **Mathematical and Statistical Methods in Food Science and Technology**. Chichester: John Wiley , 2014. chapter 11, p. 187-200.

GRANATO, D.; GREVINK, R. ZIELINSKI, A.A.F.; NUNES, D.S.; VAN RUTH, S. M. Analytical Strategy Coupled with Response Surface Methodology To Maximize the Extraction of Antioxidants from Ternary Mixtures of Green, Yellow, and Red Teas (*Camellia sinensis* var. *sinensis*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 62, n. 42, p. 10283-10296, 2014.

HORITA, C.N.; MORGANO, M.A.; CELEGHINI, R.M.S.; POLLONIO, M.A.R. Physico-chemical and sensory properties of reduced-fat mortadella prepared with blends of calcium, magnesium and potassium chloride as partial substitutes for sodium chloride. **Meat Science**, Barking, v. 89, n. 4, p. 426-433, 2011.

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

KRAMER, J.K.G.; FELLNER, V.; DUGAN, M.E.R.; SAUER, F.D.; MOSSOBA, M.M.; YURAWECZ, M.P. Evaluating acid and base catalysts in the methylation of milk and rumen fatty acids with special emphasis on conjugated dienes and total trans fatty acids. **Lipids**, Champaign, v. 32, n. 11, p. 1219-1228, 1997.

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

MYERS, R.H.; MONTGOMERY, D.C. **Response surface methodology: Process and product optimization using designed experiments**. 2nd. ed. New York: Wiley, 2002. 704 p.

PEDRO, A.C.; GRANATO, D.; ROSSO, N.D. Extraction of anthocyanins and polyphenols from black rice (*Oryza sativa* L.) by modeling and assessing their reversibility and stability. **Food Chemistry**, In Press, 2015.

POYATO, C.; NAVARRO-BLASCO, I.; CALVO, M.I.; CAVERO, R.Y.; ASTIASARÁN, I.; ANSORENA, D. Oxidative stability of O/W and W/O/W emulsions: Effect of lipid composition and antioxidant polarity. **Food Research International**, Barking, v. 51, n. 1, p. 132-140, 2013.

SALDAÑA, E.; CORRÊA, A.L.S.; SELANI, M.M.; SPADA, P.F.; DE ALMEIDA, A.A.; CONTRERAS-CASTILLO, C.J. Influence of animal fat substitution by vegetal fat on Mortadella-type products formulated with different hydrocolloids. **Scientia Agricola**, Piracicaba, In Press, 2015.

VALENCIA, I.; O'GRADY, M.N.; ANSORENA, D.; ASTIASARÁN, I.; KERRY, J. P. Enhancement of the nutritional status and quality of fresh pork sausages following the addition of linseed oil, fish oil and natural antioxidants. **Meat Science**, Barking, v. 80, n. 4, p. 1046-1054, 2008.

WOOD, J.D.; RICHARDSON, R.I.; NUTE, G.R.; FISHER, A.V.; CAMPO, M. M.; KASAPIDOU, E.; SHEARD, P.R.; ENSER, M. Effects of fatty acids on meat quality: a review. **Meat Science**, Barking, v. 66, n. 1, p. 21-32, 2004.

World Health Organization. Diet, Nutrition and the Prevention of Chronic Disease. Geneva: World Health Organization. 2003, 160 p.

5 FORMULAÇÃO DE MORTADELAS SAUDÁVEIS: CARACTERÍSTICAS SENSORIAIS E SUA RELAÇÃO COM A ACEITAÇÃO DO CONSUMIDOR

Resumo

O objetivo deste capítulo foi caracterizar sensorialmente as amostras usando Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) e as perguntas “Marque tudo que se aplique” (CATA, do inglês Check-all-that-apply), e sua relação com a aceitação geral de mortadelas com diferentes conteúdos de gordura. Foram consideradas cinco amostras de mortadela. A amostra 1 foi formulada com 16% de gordura animal. A amostra 2 foi formulada com 8% de gordura animal. As amostras 3 e 4 foram preparadas mediante a substituição de 50% de gordura animal por pré-emulsões compostas de óleo de peixe, óleo de canola e azeite de oliva, usando diferentes concentrações de hidrocolóides (baseado do capítulo 4). Também foi considerada uma amostra comercial light (11% de gordura), disponível no mercado brasileiro. As características sensoriais das amostras foram avaliadas por uma equipe treinada, usando ADQ. Além disso, oitenta e quatro consumidores avaliaram a aceitação geral, utilizando uma escala de 9 pontos, e responderam à pergunta CATA. Finalmente, os consumidores foram convidados a usar a pergunta CATA para descrever sua mortadela ideal. A substituição ou redução da gordura não ocasionou mudanças na qualidade microbiológica das amostras, mas modificou as características sensoriais e de aceitação das mesmas. A mortadela comercial apresentou valores mais altos de aceitação. A correlação entre a ADQ e a aceitação indentificou um único direcionador negativo de preferência: a “textura gelatinosa”. As perguntas CATA juntamente com a Análise de Penalização e a PLSR de variáveis fictícias com a aceitação ajudaram a identificar o “sabor estranho”, “sabor característico”, “textura gelatinosa” e “textura firme” como os principais atributos a serem modificados numa reformulação posterior.

Palavras chave: ADQ; CATA; Mortadela; Pré-emulsão

Abstract

The aim of this study was to evaluate the sensory characteristics using Quantitative Descriptive Analysis (QDA) and Check-all-that-apply (CATA) questions and its relationship with overall liking of mortadellas with different fat contents. Five mortadella samples with different characteristics were considered. Sample 1 corresponded to the regular mortadella, containing 16% fat. Sample 2 was formulated by reducing 50% the total fat content of Sample 1. Samples 3 and 4 were prepared by replacing 50% fat by a pre-emulsion composed of fish, canola and olive oil with different sodium alginate content (0.5% and 0.75%, respectively). A commercial fat-reduced sample, available in the Brazilian market, was also considered. The sensory characteristics of the samples were evaluated by a trained assessor panel using Descriptive Analysis. Besides, eighty-four consumers evaluated their overall liking using a 9-point scale and answered a check-all-that-apply (CATA) question. Finally, consumers were asked to use the CATA question to

describe their ideal mortadella. Substitution or reduction of fat caused changes in the sensory characteristics of the samples, as perceived by both trained assessors and consumers. The most important changes were found in the attributes “flavor of pepper”, “salty flavor”, “glutamate flavor”, “strange taste”, “strange aftertaste”, “gelatinous texture” and “firm texture”. The commercial mortadella sample was the most liked, while Sample 3 was the least liked. Penalty analysis performed considering consumers' description of the samples and their ideal mortadella was used to identify recommendations for product reformulation.

Keywords: QDA, CATA; Mortadella; Pre-emulsion

5.1 Introdução

Produtos à base de carne são fundamentais na dieta de várias populações, fornecendo nutrientes essenciais, como proteínas, vitaminas e minerais. No entanto, estes produtos encontram-se entre os principais contribuintes da ingestão de gordura saturada, que tem sido associada a diversos problemas de saúde. Por esta razão, existe um interesse crescente na redução do teor de gordura saturada dos produtos, preservando, ao mesmo tempo, sua qualidade sensorial.

A utilização de pré-emulsões como substituto da gordura animal é uma boa alternativa tecnológica para obter uma mortadela mais saudável, mantendo as características tecnológicas estáveis. No entanto, uma vez que a gordura é um dos principais ingredientes da mortadela, e é responsável pelas características de textura e sabor, é previsível que uma mudança no tipo e quantidade de gordura utilizada na elaboração deste tipo de produto tenha um grande impacto sobre as características sensoriais, tendo repercussão sob a aceitação do consumidor (TARANCON, et al., 2015; SANTOS et al., 2013).

No desenvolvimento de novos produtos ou na reformulação de um produto com o intuito de melhorar as características nutricionais, as empresas de alimentos exigem informações sobre como os consumidores percebem as características sensoriais dos mesmos além dos atributos sensoriais conduzem a um aumento na aceitação, a fim de projetar seus produtos, atingindo a expectativa do consumidor (TEN KLEIJ; MUSTERS, 2003; TARANCON, et al., 2015). Geralmente, o estudo da relação entre a aceitação e as características sensoriais de um produto alimentício é realizado através da comparação entre os dados da análise descritiva, realizada por uma equipe de provadores treinados, e os dados da aceitação, realizada por consumidores, utilizando o Mapa de Preferência Externo (GOMES et al., 2014). Mesmo os métodos descritivos, como a Análise Descritiva Quantitativa, sendo

amplamente usada como referência para os perfis sensoriais, deparam-se com algumas limitações, como a dificuldade de medir percepções e o elevado custo requerido para treinar e manter uma equipe de provadores treinados (DEHLHOLM et al., 2012; VALENTIN et al., 2012; VARELA; ARES, 2012). Estas considerações levaram os cientistas sensoriais a desenvolverem métodos mais rápidos, os quais são adequados para situações onde o uso de abordagens convencionais é limitado (VARELA; ARES, 2014).

Nesse contexto, o uso das perguntas CATA pode ser útil para reunir informação sobre a percepção dos consumidores de produtos alimentícios através da seleção de uma lista de termos que os consumidores considerem adequados para descrever um produto (ADAMS et al., 2007; MEYNER; CASTURA, 2014; WORCH; PIQUERAS-FISZMAN, 2014). As perguntas CATA foram utilizadas para caracterizar sensorialmente uma ampla gama de productos alimentícios, obtendo resultados similares aos proporcionados pela ADQ. Entre estes produtos, incluem-se aperitivos (ADAMS et al., 2007), maçãs e morangos (ARES; JAEGER, 2013), sorvetes (DOOLEY; LEE; MEULLENET, 2010), sobremesas lácteas (ARES; et al., 2010), bebidas em pó com sabor de laranja (ARES et al., 2011), refrigerantes com sabor de citros (PLAEHN, 2012), cosméticos (PARENTE, MANZONI; ARES, 2011) entre outros. Na área de Ciência e Tecnologia de Carnes existem poucos trabalhos que utilizaram as perguntas CATA. Galvão et al. (2014) avaliou o efeito de cloreto de sódio sobre o perfil sensorial e a aceitação do consumidor de presunto de peru com teor reduzido de sódio. Por outro lado, foi aplicada a pergunta CATA para avaliar e caracterizar produtos cárneos (JORGE et al., 2015). Dos Santos et al. (2015) usou as perguntas CATA para descrever as características sensoriais de embutidos fermentados com reduzido teor de sódio.

Neste contexto, o objetivo deste capítulo foi caracterizar sensorialmente as mortadelas saudáveis, utilizando Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) e as perguntas CATA, avaliando a relação das mesmas com a aceitação geral, utilizando PLSR e Análise de Penalização.

5.2 Material e Métodos

5.2.1 Amostras

O processamento das mortadelas foi realizado no Centro de Tecnologia de Carnes (CTC) do Instituto de Tecnologia de Alimentos de Campinas (ITAL), usando os métodos descritos no capítulo 2, para o preparo das mortadelas, e do capítulo 4, para o preparo das pré-emulsões. Quatro amostras de mortadela foram preparadas: a amostra 1 apresentava 16% de gordura animal, a amostra 2 foi preparada reduzindo 50% da gordura animal da amostra 1, ou seja, 8% de gordura animal. A amostra 3 foi preparada com a substituição de 50% da gordura animal por uma pré-emulsão composta de 0,5% de concentrado proteico de leite, 0,5% de alginato de sódio, 30% de material lipídico (50% de óleo de canola, 30% de azeite de oliva e 20% de óleo de peixe) e 69% de água. A amostra 4 também foi preparada com a substituição do 50% da gordura animal por uma pré-emulsão composta por 1% de concentrado proteico de leite 0,75% de alginato de sódio, 30% de material lipídico (50% de óleo de canola, 30% de azeite de oliva e 20% de óleo de peixe) e 68,25% de água. Também foi considerada uma amostra comercial, disponível no mercado brasileiro, da marca sadia, com 11% de conteúdo lipídico (descrita no capítulo 4). As amostras foram armazenadas sob temperatura de refrigeração ($4 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$) até um dia antes da avaliação.

5.2.2 Análises microbiológicas

Antes da avaliação sensorial foi realizada a análise microbiológica das amostras, com o objetivo de comprovar a qualidade microbiológica das mesmas, de acordo com os limites estabelecidos pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). As análises microbiológicas foram as seguintes: Clostrídios sulfito redutores (expressos em Unidades Formadoras de Colônias – UFC / grama – g) (LABBE, 2001), Coliformes termotolerantes (expressos em Número Mais Provável – NMP / grama – g) (ISO 7251, 2005), Estafilococos Coagulase Positiva expressos em Unidades Formadoras de Colônias – UFC / grama – g) (BENNETT et al., 2001) e Salmonela spp. (expressos como presença ou ausência em 25 g de amostra) (ISO, 6579, 2007). Todas as análises foram realizadas no CTC – ITAL, sob a certificação da ISO:9001.

5.2.3 Análise Sensorial

As Análises sensoriais foram realizadas na Unidade Laboratorial de Referência de Análises Físicas, Sensoriais e Estatística (LAFISE) no Centro de Ciência e Qualidade de Alimentos (CCQA) do ITAL, em cabines individuais, com iluminação de lâmpadas fluorescentes do tipo luz de dia, com temperatura e ventilação controlada (ISO 8589, 1988), equipadas com o sistema computadorizado *Compusense Five versão 5.4* (Compusense Inc., Guelph, Ont., Canada) para coleta e análise dos dados. Antes da avaliação, tanto a equipe de provadores treinados como a equipe de consumidores, leram e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido. Para os testes sensoriais e do consumidor as amostras foram apresentadas usando números aleatórios de três dígitos, de forma monádica, seguindo um delineamento de blocos completos balanceados (WALKELING; MACFIE, 1995). As amostras foram servidas em pratos, garfo e faca descartáveis brancos. Foi disponibilizada água para limpar o palato entre uma amostra e outra.

5.2.3.1 Análise Descritiva Quantitativa

As amostras de mortadela foram avaliadas por uma equipe treinada, seguindo a metodologia de Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) (STONE; SIDEL, 2004), composta das seguintes etapas:

Recrutamento e seleção dos candidatos

Os provadores foram recrutados segundo a base de dados do LAFISE/CCQA/ITAL. Os candidatos foram selecionados baseados no interesse em participar dos processos de treinamento e seleção associados à ADQ, bem como na disponibilidade de participar de no mínimo 80% das fases de trabalho, além de apreciarem o produto de interesse. A seleção dos avaliadores consistiu das seguintes etapas, realizadas em 4 sessões, de aproximadamente 1 hora:

- Verificação, por meio de questionário de auto-preenchimento, quanto à apresentação de boas condições de saúde de um modo geral, não existência de deficiências físicas ou fisiológicas que limitem sua percepção sensorial, habilidade em responder às questões verbais de forma adequada e clara e respostas corretas às questões de expressão de proporcionalidade, através de escalas não estruturadas;

- Demonstração de acuidade sensorial por meio de estímulos relativos a quatro gostos básicos: doce, amargo, ácido e salgado;
- Demonstração de habilidade em detectar e descrever as características sensoriais de uma série de amostras com características distintas (série de aromas), solicitando-se a descrição das percepções sensoriais presentes sob o aspecto qualitativo;
- Demonstração de habilidade em detectar e descrever diferenças de intensidade sob o aspecto quantitativo, em soluções com diferentes intensidades dos gostos doces e ácidos, através de escalas não estruturadas.

Desenvolvimento da terminologia descritiva

Visando obter a definição dos atributos sensoriais relevantes à realização da avaliação do “perfil descritivo sensorial” das amostras, o levantamento dos termos descritores foi realizado pelos provadores, utilizando-se o Método de Rede descrito por Kelly (1955) e citado por Moskowitz (MOSKOWITZ, 1983; MEILGAARD et al., 2007) para a avaliação das diferenças e similaridades entre as amostras, o qual constou de 3 sessões de aproximadamente 1 hora. Neste método, as amostras foram comparadas aos pares quanto às diferenças e similaridades, considerando-se os atributos de aparência, aroma, textura (sensação na boca) e sabor. Após a avaliação individual, foi conduzida uma sessão de discussão em grupo, sob a supervisão do líder da equipe, visando eliminar termos redundantes, sinônimos ou pouco citados, selecionando-se, de forma consensual, os termos que melhor descrevessem as similaridades e diferenças entre as amostras. Durante esta etapa, a equipe também sugeriu amostras de referência para cada atributo, os quais foram posteriormente utilizados na etapa de treinamento dos provadores. Assim, foi elaborada uma ficha de avaliação das amostras com os descritores gerados e adicionando-se ao lado de cada descritor uma escala linear não estruturada de 10 cm, ancorada nos extremos com referências de mínimo (esquerda) e máximo (direita) de intensidade de cada atributo.

Treinamento da equipe

O treinamento foi conduzido em 6 sessões, de aproximadamente 1 hora, para que os provadores desenvolvessem a mesma memória sensorial em relação às âncoras (mínimo e máximo) da escala de intensidade de cada atributo.

Foram conduzidas sessões de discussão em grupo com a equipe para validação dos termos sensoriais, verificação da compreensão do significado de cada um dos atributos, bem como a definição dos atributos que melhor caracterizassem as diferenças entre as amostras com diferente conteúdo lipídico. Nestas sessões procurou-se “calibrar” os avaliadores em relação ao uso consistente das escalas, buscando-se posicionar consensualmente as amostras e os produtos segundo a intensidade percebida de cada atributo sensorial validado para compor a avaliação do “**perfil sensorial descritivo**” das amostras em estudo.

Avaliação do comportamento e seleção final da equipe sensorial

Para a avaliação do comportamento e seleção final da equipe de provadores treinados, cada provador avaliou as 5 amostras, em triplicata, segundo os termos descritores desenvolvidos na etapa anterior.

Os dados obtidos foram submetidos à análise estatística, sendo os avaliadores selecionados de acordo discriminação, repetibilidade e consenso (STONE; SIDEL, 2004 e ARES; BRUZZONE; GIMÉNEZ, 2011).

Avaliação final das amostras

Foi realizada a avaliação final das amostras, conforme terminologia desenvolvida pela equipe treinada, em três repetições (3 amostras por sessão). A equipe foi composta por 12 provadores, os quais realizaram a avaliação dos 20 atributos relacionados com a **aparência**: Cor rosada, Fragmentos de tempero, Homogeneidade, Quantidade de furos, Tamanho dos furos, Brilho superficial; o **Aroma**: Aroma característico de mortadela, Aroma de condimentos, Aroma de pimenta, Aroma estranho (carne mecanicamente separada, miúdos, pena de galinha, óleo velho, etc.); a **textura oral ou sensação na boca**: Textura firme, Textura gelatinosa e Textura suculenta; e o **sabor**: Sabor característico de mortadela, Sabor de tempero (alho, cebola), Sabor de pimenta, Sabor salgado, Sabor de glutamato (adocicado), Sabor estranho (cereais, azedinho, cítrico, peixe, sabão, carne) e Sabor residual estranho (cereais, azedinho, cítrico, peixe, sabão, carne).

Tabela 5.1 - Definições e referências dos termos descritores

(continua)			
Parâmetro	Descritor	Definição	Referências
Aparência	Cor rosa	Intensidade da cor rosa característica de produtos embutidos cárneos.	Claro: Mortadela de frango light. Escuro: Mortadela Bologna light (Ceratti).
	Fragmentos de tempero	Mensuração da quantidade dos fragmentos de tempero pela observação visual da superfície da fatia aberta.	Nenhum: Mortadela de frango light. Muito: 0,002 g de pimenta do reino espalhada na fatia da amostra 1 com calibre de 10 cm.
	Homogeneidade	Percepção visual da homogeneidade superficial da massa numa fatia aberta.	Pouco: Foto da amostra 1. Muito: Aparência homogênea.
	Quantidade de furos	Mensuração da quantidade de furos, também percebidos como buracos, orifícios e bolhas pela observação visual da fatia aberta.	Pouco: Mortadela de frango light. Muito: 80% da área da fatia com furos.
	Tamanho dos furos	Percepção visual do tamanho dos furos. Variando de pequeno (menor que 1 mm) até grande (10 mm).	Pequeno: tamanho do furo de aproximadamente 1 mm. Grande: tamanho do furo de aproximadamente 10 mm.
	Brilho superficial	Percepção visual do brilho da superfície devido a oleosidade ou umidade pela reflexão da luz observada ao se movimentar a fatia.	Ausente: sem brilho. Muito: 0.2 g de glicerina por sobre a fatia.
Aroma	Aroma característico	Intensidade do aroma característico da mortadela, uma mistura de carne e condimentos como alho, cebola e pimenta.	Pouco: Mortadela de frango light. Muito: Mortadela Bologna tradicional (Ceratti).
	Aroma de condimento	Intensidade de aroma de condimentos, mistura de temperos como alho e cebola.	Pouco: Mortadela de frango light. Muito: tempero pronto de alho e cebola.
	Aroma de pimenta	Intensidade de aroma de pimenta do reino.	Pouco: Mortadela de frango light. Muito: Pimenta do reino.
	Aroma estranho	Intensidade de aromas não característicos de mortadela, como carne mecanicamente separada ou gordura oxidada.	Ausente: Mortadela Bologna tradicional (Ceratti). Forte: Carne mecanicamente separada.

Tabela 5.1 - Definições e referências dos termos descritores

(conclusão)			
Parâmetro	Descritor	Definição	Referências
Textura	Textura firme	Percepção oral da firmeza do	Pouco: Mortadela de frango light.

oral ou sensação na boca		produto. Um produto pouco firme não apresenta resistência ao mastigar, em contraposição a um produto muito firme.	Muito: Salame.
	Textura gelatinosa	Percepção oral ao cortar a amostra com os dentes. Um produto muito borrachento ou gelatinoso, faz barulho ao mastigar e parte em pequenos pedaços que não se juntam formando uma massa homogênea.	Pouco: Mortadela de frango light. Muito: Bala de algas marinhas.
	Textura suculenta	Sensação de umidade do produto. Sensação de muito suculento, libera muito líquido ao morder o produto ou pouco suculento, não libera líquido ao morder o produto, dando a sensação de produto seco.	Pouco: Mortadela Bologna light cortada no dia anterior (Ceratti). Muito: Mortadela Bologna tradicional (Ceratti).
Sabor	Sabor característico de mortadela	Intensidade de sabor característico da mortadela, uma mistura de carne e condimentos como alho, cebola e pimenta.	Pouco: Mortadela Bologna light (Ceratti). Muito: Mortadela Bologna tradicional (Ceratti).
	Sabor de tempero	Intensidade de sabor a condimentos, mistura de temperos como alho e cebola.	Pouco: Solução de 1% tempero de cebola e alho em água mineral a 40°C. Muito: Solução de 5% tempero de cebola e alho em água mineral a 40°C.
	Sabor de pimenta	Intensidade de sabor de pimenta do reino.	Pouco: Solução de 1% pimenta do reino em água mineral a 40°C. Muito: Solução de 5% pimenta do reino em água mineral a 40°C.
	Sabor salgado	Descreve o gosto primário produzido por solução aquosa de NaCl.	Pouco: Solução de 0.25% sal NaCl em água mineral a 40°C. Muito: Solução de 1.2% sal NaCl em água mineral a 40°C.
	Sabor a glutamato	Descreve o gosto primário produzido por soluções aquosas de umami.	Ausente: Água mineral. Muito: Solução de 1% de glutamato monossódico em água mineral a 40°C.
	Sabor estranho	Intensidade do sabor estranho e não característico de mortadela, como de cereais, azedinho, cítrico, peixe, sabão, azeitona.	Pouco: Mortadela Bologna tradicional (Ceratti). Forte: cereais, laranja, azeitona.
	Sabor residual estranho	Intensidade do sabor estranho que fica na boca, como de cereais, azedinho, cítrico, peixe, sabão, azeitona.	Pouco: Mortadela Bologna tradicional (Ceratti). Forte: cereais, laranja, azeitona.

5.2.3.2 Testes com consumidores

Teste de aceitação

Para a avaliação foram recrutados 84 consumidores de mortadela, sendo 21 homens e 63 mulheres, dentre funcionários e estagiários do ITAL, sem restrições quanto ao sexo, idade e frequência de consumo, das classes sociais A/B/C, segundo o Critério Padrão de Classificação Econômica Brasil 2015 (ABEP, 2015).

As amostras foram avaliadas quanto à aceitabilidade do produto de modo global, por meio de escala hedônica de nove pontos (STONE; SIDEL, 2004) (9=gostei muitíssimo, e 1= desgostei muitíssimo). Além da aceitação das amostras, os consumidores responderam a questões sobre hábitos e frequência de consumo de mortadela, cujos resultados serviram para delinear o perfil dos consumidores que participaram do estudo.

Perguntas “Marque tudo que se aplique (CATA)”

Foi solicitado aos consumidores que respondessem à pergunta CATA, composta por 41 termos descritores, relacionados às características sensoriais da mortadela (apresentados por categoria: aparência, aroma, sabor e textura), através da seleção das palavras que eles considerassem apropriadas para descrever cada uma das amostras. Logo, foi solicitado que os consumidores pensassem numa mortadela ideal e marcassem as características que eles considerassem apropriadas para descrever esse ideal, tal como recomendado por Worch et al. (2010a).

A seleção dos atributos descritores foi realizada baseada em trabalhos anteriores (JORGE et al., 2015), em estudos prévios (método de Rede com consumidores e ADQ) e na experiência dos pesquisadores envolvidos nesta pesquisa. Finalmente os atributos sensoriais relacionados com a **superfície da mortadela** foram: cor escura, cor clara, superfície lisa, superfície com pedaços de gordura, cor homogênea, presença de condimentos, superfície com manchas, superfície com poucos buracos, superfície com muitos buracos, superfície pouco brilhante. Os atributos relacionados com o **aroma** foram: aroma característico de mortadela, aroma estranho, aroma de condimento, aroma de pimenta, aroma de gordura, aroma pouco característico, aroma de defumado, aroma de ranço. Os atributos relacionados com o **sabor** foram: sabor característico de mortadela, sabor residual estranho, pouco sabor de condimento, pouco sabor de pimenta, pouco sabor característico de mortadela, sabor estranho, sabor salgado, pouco sabor salgado, sabor de condimento, sabor de pimenta, sabor de glutamato, sabor de gordura, sabor de defumado, sabor de ranço. Os atributos relacionados com a

textura foram: firme, suave, borrachento, gelatinoso, seco, suculento, pouco suculento, arenoso.

Segundo o recomendado por Ares e Jaeguer (2013), a ordem de apresentação dos atributos descritores foi aleatorizada entre as amostras e entre os consumidores.

5.2.5 Análise estatística

5.2.5.1 Amostras

O desenvolvimento das amostras foi realizado em blocos completos, considerando três blocos, onde cada bloco foi correspondente a um processamento de mortadela independente, assegurando assim que as amostras estudadas representassem o tratamento e não apenas o processamento.

5.2.5.2 Análise Descritiva Quantitativa

Os dados da ADQ foram analisados através de Análise mista da Variância (ANOVA) para os 20 atributos sensoriais, levando em consideração as 5 amostras em estudo, 3 repetições, 12 provadores e suas interações duplas como fonte de variação. A fonte de variação “amostra” foi considerada como efeito fixo, enquanto que os outros efeitos foram considerados como aleatórios, já que o interesse do estudo está focado nas amostras (NÆS; BROCKHOFF; TOMIC, 2010). Considerou-se adequado o comportamento da equipe treinada quando as interações “Amostra * Sessão” e “Amostra * Provador” não foram significativas (LATREILLE et al., 2006). Considerou-se que os resíduos de cada modelo da ANOVA estavam distribuídos com média zero e variância constante (LÊ; WORCH, 2015a). Quando foi detectada diferença significativa ($P < 0,05$) entre amostras para um atributo sensorial, aplicou-se o teste de médias de Tukey para avaliar o nível de diferença entre as amostras, a 5% de significância.

Foi realizada uma Análise de Componentes Principais (ACP) sob a matriz de correlação (MEULLENET; XIONG; FINDLAY, 2007) dos escores médios dos atributos sensoriais que apresentaram diferenças significativas entre amostras. Também foram construídas elipses de confiança utilizando a técnica de bootstrap, considerando 500 provadores virtuais, caracterizando a estabilidade das amostras no sistema de coordenadas bidimensional (HUSSON; LE DIEN; PAGES, 2005).

5.2.5.3 Teste de Aceitação

Os dados provenientes do teste de aceitação foram analisados através da ANOVA, considerando amostra e consumidor como fontes de variação. Quando a diferença foi significativa ($P < 0,05$) foi realizado o teste de médias de Tukey, a 5% de significância.

As respostas individuais de aceitação dos consumidores para cada amostra foram analisadas através de um Mapa Interno de Preferência, utilizando-se uma ACP sobre a matriz de correlação de Pearson (Amostras nas linhas e consumidores nas colunas) (MACFIE, 2007).

Foi realizada uma correlação entre os dados da ADQ e do teste de aceitação através da análise de Regressão por Mínimos Quadrados Parciais (PLS) (TENENHAUS et al., 2005), considerando a aceitação global como variável dependente e os termos descritores da ADQ como variáveis independentes.

5.2.5.4 Perguntas “Marque tudo que se aplique (CATA)”

Foi calculada a frequência de menção dos termos, contando o número de consumidores que utilizaram cada termo para descrever as amostras (MEYNER; CASTURA; CARR, 2013). Logo, foi realizado o teste não paramétrico Q de Cochran (MANOUKIAN, 1986) para identificar diferenças significativas entre amostras para cada termo descritor.

A análise de correspondência (AC) foi realizada sobre a matriz de frequência de menção dos termos que apresentaram diferenças significativa entre amostras, considerando as distâncias qui-quadrado, como recomendado por Vidal et al., 2015. A frequência de menção da amostra ideal foi considerada como variável suplementar na AC.

Foi realizada a análise de penalização sob a resposta dos consumidores para determinar a queda da aceitação associada ao desvio do ideal para cada termo da pergunta CATA. Para cada amostra, foi determinada a porcentagem de consumidores que utilizaram um atributo diferente para descrever o produto ideal, assim como a variação média na aceitação associada a esse desvio.

Segundo a recomendação de Ares et al. (2014), foram consideradas duas variáveis fictícias de tipo binário identificadas como Z^+ e Z^- , onde Z é o atributo analisado. Assim, foi atribuído um valor de 1 a Z^+ e 0 a Z^- quando o atributo estava presente no ideal e ausente na amostra. Por outro lado, foi atribuído um valor de 0 a

Z+ e 1 a Z- quando o atributo estava ausente no ideal e presente na amostra. No caso do atributo estar presente tanto no ideal quanto na amostra, considerou-se 0, tanto para Z+ quanto para Z-. Sobre estas variáveis fictícias foi realizada uma Regressão PLS para modelar a relação entre a aceitação e as variáveis fictícias geradas para cada termo, através de uma abordagem semelhante à realizada por Xiong and Meullenet (2006). A aceitação foi considerada como a variável dependente e as variáveis fictícias como variáveis independentes. Foram considerados diferentes do ideal os termos mencionados por mais de 20% dos consumidores, conforme recomendado por Popper (2014).

5.2.5.5 Software

Todas as análises estatísticas foram executadas usando XLSTAT 2015 (Addinsoft, New York, EEUU) e a linguagem R (R CORE TEAM, 2013). Os pacotes usados na linguagem R foram: agricolae (DE MENDIBURU, 2014), SensoMineR (LÊ; HUSSON, 2008) e FactoMineR (LÊ; JOSSE; HUSSON, 2008).

5.3 Resultados e Discussão

5.3.1 Qualidade microbiológica das mortadelas

As contagens microbiológicas de todos os tratamentos foram <10 UFC/g para os clostrídios sulfito redutores, <3 NMP/g para os coliformes termotolerantes, $<10^2$ UFC/g para os estafilococos coagulase positiva. Em nenhum dos tratamentos foi detectada a presença de salmonella em 25 g de amostra. Todos os tratamentos apresentaram contagens dentro do estabelecido pela RDC 12, da ANVISA, a qual apresenta os seguintes limites: clostrídios sulfito redutores: 5×10^2 UFC/g, coliformes termotolerantes: 10^3 NMP/g, estafilococos coagulase positiva: 3×10^3 UFC/g, salmonela: ausência em 25 g amostra.

De acordo com as contagens microbianas, nas condições experimentais utilizadas neste estudo, as mortadelas desenvolvidas apresentaram-se seguras e próprias para o consumo do ponto de vista microbiológico.

5.3.2 Análise Descritiva Quantitativa

A Análise Descritiva Quantitativa (STONE; SIDEL, 1998) foi utilizada para caracterizar sensorialmente as amostras de mortadela desenvolvidas neste capítulo.

A seguir serão apresentadas cada uma das etapas desenvolvidas em 16 sessões, de aproximadamente 1 hora.

5.3.2.1 Terminologia Descritiva

A equipe sensorial desenvolveu vinte termos para descrever as similaridades e diferenças entre as amostras de mortadelas. Cada termo foi definido em consenso pela equipe treinada. As referências e as intensidades dos atributos também foram desenvolvidas e são apresentadas na Tabela 5.1. Para a elaboração das referências relacionadas à aparência, foram usadas imagens previamente preparadas, segundo apresentado na Tabela 5.1. As imagens foram capturadas e representaram as âncoras da escala. A aquisição das imagens foi realizada usando uma câmara Canon EOS T4i, sob iluminação de dia, do tipo D65.

5.3.2.2 Treinamento e seleção dos provadores

As sessões de treinamento realizaram-se mediante discussão e avaliação de amostras, onde a equipe mostrou-se capaz de evidenciar diferenças sensoriais entre as amostras por meio das escalas, permitindo calibrar a percepção de cada atributo.

O comportamento global da equipe foi avaliado usando uma ANOVA separadamente para cada atributo sensorial. Segundo a Tabela 5.2, existe uma elevada discriminação (efeito “amostra”) entre as amostras para a maioria dos atributos, onde apenas o atributo “*fragmentos de tempero*” não apresentou diferença significativa ($P > 0,05$), considerando todos os provadores. Assim, pode-se afirmar que a equipe tem elevada capacidade de discriminação entre amostras. Os efeitos “Provador”, “Sessão” e “Provador * Sessão” foram desconsiderados do estudo já que são efeitos de menor importância (LÊ; WORCH, 2015a). O efeito da interação “Amostra * Provador” foi considerado significativo para a maioria dos atributos, sendo apenas não significativo para o atributo “*Sabor residual estranho*”, o que indicou que não houve consenso da equipe, ou seja, para todas as amostras, os atributos foram avaliados de forma diferente pelos provadores. Assim, para entender melhor a interação, foram plotados os escores dos provadores para cada atributo (Figura 5.1), observando-se que a aparente falta de consenso deve-se à heterogeneidade própria da amostra comercial (amostra 5). Para efeitos explicativos, foram selecionados os atributos “Sabor salgado” e “Aroma de pimenta” onde verifica-se claramente que a

interação significativa da ANOVA é explicada pela variabilidade da amostra comercial, enquanto que as respostas dos provadores, quando avaliaram as amostras do laboratório, foi uniforme, ou seja, apresentavam consenso. Este comportamento é apresentado para todos os atributos. Assim, considera-se que a equipe teve consenso, indicando que os resultados são confiáveis quando refere-se a este efeito. Para o efeito da interação “Amostra * Sessão”, a maioria dos atributos foi considerada não significativa ($P > 0,05$), indicando que as amostras foram avaliadas da mesma forma entre as sessões, ou seja, a equipe apresentou uma boa repetibilidade.

Figura 5.1 - Representação gráfica dos escores médios atribuídos por todos os provadores aos atributos: “Sabor salgado” e “aroma de pimenta”. A amostra 5 é a amostra comercial

Tabela 5.2 - ANOVA usado para avaliação do comportamento global da equipe

Atributo	Amostra (A)	Provador (P)	Sessão (S)	A*P	A*S	P*S
Cor rosa	0.0000	0.1136	0.2525	0.0000	0.0189	0.7203
Fragmentos de tempero	0.3119	0.0315	0.4645	0.0000	0.1500	0.8635
Homogeneidade	0.0000	0.0000	0.6783	0.0000	0.2286	0.0526
Quantidade de furos	0.0000	0.0073	0.0616	0.0007	0.0201	0.4640
Tamanho dos furos	0.0000	0.0000	0.4213	0.0371	0.0291	0.0432
Brilho superficial	0.0035	0.0000	0.2307	0.0000	0.0052	0.8540
Aroma característico	0.0000	0.0000	0.1364	0.0000	0.7509	0.4901
Aroma de condimento	0.0000	0.0000	0.3795	0.0000	0.2718	0.4189
Aroma de pimenta	0.0000	0.0000	0.8154	0.0000	0.8672	0.5172
Aroma estranho	0.0000	0.0000	0.6922	0.0000	0.7817	0.1400
Textura firme	0.0012	0.0000	0.0417	0.0000	0.8682	0.9203
Textura gelatinosa	0.0000	0.0000	0.0236	0.0000	0.0003	0.7954
Textura succulenta	0.0404	0.0000	0.3072	0.0002	0.6763	0.2749
Sabor característico	0.0000	0.0000	0.1629	0.0000	0.5197	0.6925
Sabor de tempero	0.0000	0.0003	0.4145	0.0000	0.3353	0.2867
Sabor de pimenta	0.0000	0.0000	0.6148	0.0000	0.2702	0.9577
Sabor salgado	0.0000	0.0000	0.5641	0.0000	0.1572	0.8059
Sabor de glutamato	0.0000	0.0001	0.0086	0.0000	0.0000	0.1256
Sabor estranho	0.0002	0.0000	0.1299	0.0000	0.0849	0.7679
Sabor residual estranho	0.0000	0.1122	0.3055	0.3569	0.8985	0.5423

Valores em negrito indicam diferenças significativas ($P < 0,05$) entre amostras.

Baseado também na ANOVA, foram analisados individualmente todos os provadores (Tabela 5.3), através da avaliação da discriminação (efeito amostra), da repetibilidade (efeito da interação “Amostra * Provador”) e do consenso (efeito da interação “Amostra * Provador”). Levando-se em conta os 20 atributos para as 3 repetições, a pontuação máxima possível era 60. Assim, todos os provadores apresentaram pontuações acima de 30 (50% da pontuação), variando de 33 até 47, o que indicou que os 12 provadores foram treinados adequadamente, estando capacitados para avaliar as amostras, gerando resultados confiáveis tanto individualmente quanto globalmente (equipe). Além disso, os 12 provadores integrantes da equipe treinada estão acima do número de provadores recomendados (11 provadores) para as análises descritivas (SILVA et al., 2014), evidenciando assim um número adequado de provadores treinados. Desta forma, prosseguiu-se com seguinte etapa da ADQ.

Tabela 5.3 - Comportamento individual dos provadores integrantes do painel treinado

Provador	Discriminação	Repetibilidade	Consenso	Total
1	17	20	2	39
2	6	20	9	35
3	13	19	8	40
4	19	20	4	43
5	15	20	8	43
6	9	20	12	41
7	10	19	13	42
8	13	20	14	47
9	12	18	12	42
10	9	16	8	33
11	8	19	11	38
12	9	20	13	42

5.3.2.3 Avaliação final das amostras pela equipe treinada

Os 20 atributos das 5 amostras foram avaliados, em triplicata, pelos 12 provadores treinados. Após a avaliação final, foi realizada uma ANOVA. O efeito da amostra foi significativo ($P < 0,05$) para todos os atributos. Dessa forma, consideraram-se todos os atributos nas análises posteriores. Na Tabela 5.4 apresentam-se as médias e os desvios padrões por atributo e por amostra. Os escores médios de cada um dos atributos para todas as amostras foram representados pelo gráfico de aranha (Figura 5.1) com o intuito de criar um perfil

sensorial, também conhecido como “Impressão Digital” (CHAPMAN, LAWLESS; BOOR, 2001).

Segundo a Figura 5.1, sugere-se que as amostras desenvolvidas no laboratório apresentaram um perfil sensorial semelhante entre elas (amostras 1, 2, 3 e 4), enquanto que a amostra comercial (amostra 5) mostrou um perfil sensorial diferenciado.

Considerando os atributos relacionados à aparência, as amostras 1, 2, 3 e 4, apresentaram valor baixo do atributo “cor rosa”, já que não foi adicionado nenhum corante na massa. Para estas amostras foi observado também um valor baixo para “fragmentos de tempero”, provavelmente devido ao fato de que estas tinham menor quantidade de tempero que as amostras comerciais, refletindo em menor quantidade de fragmentos de tempero na superfície da fatia. As amostras preparadas no laboratório apresentaram pouca “Homogeneidade” na superfície (segundo a definição deste atributo, pode-se interpretar como pouca quantidade de manchas esbranquiçadas, de carne e de corante) quando comparadas com a amostra 5. Este resultado é devido ao fato de que, quando a gordura animal da mortadela é reduzida ou substituída, cria-se uma emulsão com muitos buracos. Dessa forma, quando uma fatia é avaliada superficialmente, estes buracos interferem na avaliação da homogeneidade, aumentando a intensidade da percepção deste atributo e fazendo com que a amostra avaliada seja pontuada como pouco homogênea.

As amostras desenvolvidas no laboratório apresentaram elevada “quantidade de furos”, no entanto o “tamanho dos furos” foi pequeno. Isto concorda com os resultados mostrados no capítulo 3, onde indicou-se que a mudança na textura das amostras quando a gordura animal é substituída por lipídios de origem não cárnea é explicada pela geração de espaços pequenos na estrutura da amostra, confirmando assim essa afirmação do ponto de vista sensorial. Como esperado, as amostras desenvolvidas no laboratório apresentaram valores baixos de “brilho superficial” quando comparados aos os valores apresentados pela amostra comercial, que mesmo sendo light, apresentava valores altos para este atributo.

Para os atributos relacionados ao aroma, as amostras 1 e 2 (16% e 8% de gordura animal, respectivamente) apresentaram escores elevados para o “aroma característico” e “aroma de condimento” quando comparadas com as amostras 3 e 4, as quais continham pré-emulsão na formulação. Estas amostras, ao mesmo tempo, apresentaram escores maiores que a amostra 5 (amostra comercial). Nesta

etapa da pesquisa é interessante ressaltar que as amostras 1, 2, 3 e 4 continham a mesma quantidade de condimento e a única diferença entre elas foi a quantidade e o tipo de lipídio utilizado. Assim, pode-se afirmar que as amostras com pre-emulsão diminuíram a percepção de aroma característico e de condimento. Para o atributo “aroma de pimenta” e “aroma estranho”, obviamente as amostras de laboratório apresentaram menores escores quando comparadas com a amostra comercial.

Para os atributos relacionados com a textura oral, as amostras produzidas no laboratório apresentaram-se mais “firmes” e “gelatinosas” além de ligeiramente mais “suculentas” que a amostra comercial, evidenciando-se assim, que são nestes atributos que acontecem as principais modificações, principalmente quanto à textura firme e gelatinosa. Este fato corrobora com as afirmações realizadas no capítulo 2 e 3, onde afirmou-se que a substituição ou redução da fração lipídica na mortadela traz com ela problemas de dureza. Assim, acredita-se que estes atributos influenciariam posteriormente na aceitação do consumidor.

Para os atributos relacionados ao sabor, as amostras 1 e 2 apresentaram maior intensidade de “sabor característico” e “sabor de tempero” que as amostras 3 e 4, e estas, ao mesmo tempo, apresentaram maior intensidade que a amostra 5. Estas diferenças são explicadas não tanto pela quantidade de lipídeos presente, mas sim pela diferença nas características da fração lipídica. Dessa forma, as amostras com adição de pré-emulsão apresentaram uma diminuição no sabor característico e de tempero, provavelmente porque foram gerados outros sabores, como o “sabor estranho”, que será discutido posteriormente. Era esperado que o “sabor de pimenta” e o “sabor salgado” fossem mais fortes na amostra comercial quando comparadas com as amostras do laboratório, já que a pimenta do reino e o sal são comumente adicionados em maior quantidade nos produtos comerciais com redução lipídica, com o intuito de diminuir a percepção do sabor estranho, claramente percebido neste estudo. O sabor de glutamato foi mais intenso nas amostras de laboratório quando comparada com a amostra comercial. Finalmente o “sabor estranho” e o “sabor residual estranho” não apresentaram diferenças gráficas (Figura 5.1) consideráveis entre as amostras.

Com os dados sensoriais provenientes da ADQ, foram geradas muitas variáveis dependentes (atributos sensoriais), as quais podem estar correlacionadas umas com as outras, contendo a mesma informação, e em muitos casos, as

informações contidas nas variáveis podem ser redundantes. Após a ANOVA, vários descritores sensoriais individuais podem discriminar as amostras, mas também vários descritores podem ter sido impulsados pelos mesmos motivos subjacentes (por exemplo, para o sabor e para o aroma característico, o motivo subjacente é: “que faz lembrar a mortadela”). Neste tipo de matriz de dados, recomenda-se utilizar a técnica multivariada chamada de ACP, que extrai a correlação entre as variáveis dependentes. No presente estudo, a análise extraiu a correlação entre os atributos sensoriais, substituindo as variáveis dependentes por novas variáveis não correlacionadas, chamadas de componentes principais, que nada mais são do que combinações lineares das variáveis dependentes (STONE; SIDEL, 1998), simplificando assim a estrutura dos dados e eliminando as redundâncias de alguns descritores.

Tabela 5.4 - Média e desvio padrão das amostras para todos os atributos avaliados

Atributo	Amostras				
	1	2	3	4	5
Cor rosa	4,8 ± 0,4 ^{bc}	5,0 ± 0,2 ^b	4,5 ± 0,6 ^c	3,9 ± 0,7 ^d	6,8 ± 0,8 ^a
Fragmentos de tempero	3,0 ± 0,3 ^b	3,0 ± 0,5 ^b	3,1 ± 0,5 ^{ab}	3,4 ± 0,6 ^a	2,9 ± 1,2 ^b
Homogeneidade	2,8 ± 0,5 ^c	3,1 ± 0,4 ^b	2,9 ± 0,7 ^{bc}	3,1 ± 0,7 ^b	5,1 ± 1,6 ^a
Quantidade de furos	5,5 ± 1,1 ^a	5,9 ± 0,4 ^a	5,6 ± 0,8 ^a	6,0 ± 0,7 ^a	2,5 ± 1,4 ^b
Tamanho dos furos	3,0 ± 0,8 ^{ab}	3,2 ± 0,9 ^a	2,8 ± 0,6 ^b	3,0 ± 0,8 ^{ab}	2,2 ± 1,3 ^c
Brilho superficial	3,0 ± 0,5 ^b	3,0 ± 0,3 ^b	2,9 ± 0,5 ^b	3,1 ± 0,6 ^b	3,9 ± 1,6 ^a
Aroma característico	6,6 ± 0,5 ^a	6,9 ± 0,3 ^a	6,4 ± 0,7 ^b	6,3 ± 0,5 ^b	5,2 ± 1,0 ^c
Aroma de condimento	5,8 ± 0,5 ^a	5,9 ± 0,2 ^a	5,4 ± 0,7 ^b	5,5 ± 0,5 ^b	4,2 ± 1,0 ^c
Aroma de pimenta	2,5 ± 0,3 ^b	2,5 ± 0,2 ^b	2,3 ± 0,3 ^b	2,4 ± 0,5 ^b	3,7 ± 1,6 ^a
Aroma estranho	1,6 ± 0,7 ^c	1,4 ± 0,3 ^c	1,8 ± 0,7 ^{bc}	2,0 ± 0,8 ^b	3,1 ± 1,5 ^a
Textura firme	6,0 ± 0,5 ^a	6,0 ± 0,3 ^a	6,1 ± 0,4 ^a	5,9 ± 0,5 ^a	5,1 ± 1,3 ^b
Textura gelatinosa	6,8 ± 0,5 ^a	7,0 ± 0,2 ^a	7,0 ± 0,4 ^a	7,0 ± 0,6 ^a	4,4 ± 1,7 ^b
Textura suculenta	4,7 ± 0,6 ^{ab}	5,0 ± 0,3 ^a	4,5 ± 0,7 ^{bc}	4,7 ± 0,7 ^{ab}	4,3 ± 1,2 ^c
Sabor característico	6,3 ± 0,4 ^a	6,4 ± 0,3 ^a	5,9 ± 0,7 ^b	5,8 ± 0,6 ^b	5,3 ± 0,9 ^c
Sabor de tempero	5,7 ± 0,5 ^{ab}	6,0 ± 0,3 ^a	5,4 ± 0,6 ^b	5,4 ± 0,6 ^b	4,3 ± 1,2 ^c
Sabor de pimenta	1,6 ± 0,4 ^b	1,5 ± 0,2 ^b	1,3 ± 0,4 ^b	1,4 ± 0,4 ^b	3,2 ± 1,8 ^a
Sabor salgado	3,1 ± 0,3 ^b	3,0 ± 0,2 ^{bc}	2,8 ± 0,4 ^{bc}	2,8 ± 0,4 ^c	4,6 ± 1,5 ^a
Sabor de glutamato	4,9 ± 0,3 ^a	4,9 ± 0,3 ^a	4,9 ± 0,6 ^a	4,9 ± 0,4 ^a	3,5 ± 1,4 ^b
Sabor estranho	1,4 ± 0,6 ^c	1,4 ± 0,3 ^c	2,2 ± 1,1 ^b	2,7 ± 1,3 ^{ab}	2,8 ± 1,3 ^a
Sabor residual estranho	0,1 ± 0,2 ^b	0,1 ± 0,1 ^b	0,3 ± 0,6 ^{ab}	0,5 ± 0,6 ^a	0,6 ± 0,8 ^a

Letras diferentes na mesma linha indicam médias estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Figura 5.2 - Gráfico de aranha representando o perfil sensorial das amostras de mortadela

Os resultados da ADQ foram analisados multidimensionalmente mediante ACP, e a representação gráfica desta análise é apresentada na Figura 5.3, onde os dois primeiros componentes principais explicaram 83,64% e 13,55% da variabilidade experimental dos dados respetivamente, explicando em conjunto 97,19% da variabilidade total dos dados.

Na Figura 5.3 (B), por um lado pode se observar que o primeiro componente principal está correlacionado positivamente com os atributos: quantidade de furos, textura gelatinosa, sabor de glutamato, textura firme, tamanho dos furos, aroma de condimento, sabor de tempero, aroma característico, textura suculenta e sabor característico, e negativamente com os atributos: sabor estranho, sabor residual estranho, aroma estranho, brilho superficial, homogeneidade, sabor de pimenta, aroma de pimenta, sabor salgado, cor rosada. Por outro lado a segunda componente principal esteve correlacionada positivamente com os atributos: fragmento de tempero, sabor estranho e sabor residual estranho. Pode-se destacar que os atributos representados como vetores tiveram um módulo de aproximadamente 1, o que sugere uma boa explicação de todos os atributos, nas duas componentes principais consideradas.

A representação das amostras nos dois primeiros componentes principais da ACP apresentam-se na Figura 5.3 (A) e indicam que a amostra 1 está próxima da 2 e a 3 está próxima da 4, mas todas estão marcadamente separadas da amostra 5.

Isso já era esperado já que a amostra 5 é a amostra comercial (formulação e preparo diferente) e segundo a Figura 5.2 o perfil sensorial dela foi totalmente diferente quando comparado com as amostras do laboratório. A amostra 5 apresentou a maior variabilidade nos atributos avaliados, o que pode ser observado na amplitude da elipse de confiança, mostrando ser maior quando comparada com as elipses das outras amostras, assim como no desvio padrão elevado dos atributos sensoriais (Tabela 5.4) e nas interações “amostra * provador” (Figura 5.1). Este comportamento deve-se, principalmente, à variabilidade própria da amostra (entre e dentro dos processamentos e lotes)

A amostra 5 esteve localizada no lado esquerdo do primeiro componente principal, indicando uma maior intensidade dos atributos correlacionados negativamente com esse componente. Dessa forma, a amostra 5 está caracterizada pelos seguintes atributos sensoriais: sabor estranho, sabor residual estranho, aroma estranho, brilho superficial, homogeneidade, sabor de pimenta, aroma de pimenta, sabor salgado e cor rosa. As amostras 3 e 4 estavam muito próximas entre si e suas as elipses de confiança estavam sobrepostas, o que também aconteceu com as amostras 1 e 2. Os tratamentos do laboratório (amostras 1, 2, 3 e 4) estavam localizados no lado direito do primeiro componente principal, sendo então caracterizados positivamente pelos seguintes atributos: fragmentos de tempero, quantidade de furos, textura gelatinosa, sabor a glutamato, textura firme, tamanho dos furos, aroma de condimento, sabor de tempero, aroma característico, textura succulenta e sabor característico; e correlacionadas negativamente com os atributos: sabor estranho, sabor residual estranho, aroma estranho, brilho superficial, homogeneidade, sabor de pimenta, aroma de pimenta, sabor salgado e cor rosa. A segunda componente principal separou as amostras do laboratório, localizando na parte positiva as amostras 3 e 4 (com pré-emulsões) e na parte negativa as amostras 1 e 2 (com 16% de gordura animal e 8% de gordura animal na formulação, respectivamente)

Assim, é claro que a primeira componente principal separa as amostras do laboratório da amostra comercial enquanto que a segunda componente principal diferencia as amostras do laboratório. Pode-se comprovar que com a redução dimensional dos atributos sensoriais através da ACP, conseguiu-se diferenciar as amostras segundo as características relacionadas ao material lipídico usado na formulação, preservando 97.19 % da variabilidade total dos dados. Este

comportamento já tinha sido percebido por Albert et al. (2011), os quais conseguiram diferenciar o método de cocção de nuggets de pescada nos atributos sensoriais relacionados à textura, utilizando a ADQ analisada mediante ACP.

Figura 5.3 - ACP sob a matriz de correlação das médias dos atributos: (A) Representação das amostras e (B) Representação dos atributos

6.3.3 Aceitação sensorial das mortadelas

O teste de aceitação demonstrou que os consumidores reagiram de forma diferente para as 5 amostras. A seguir serão descritos de forma estruturada e detalhada nossos resultados:

6.3.3.1 Perfil dos consumidores

Um grupo de 84 consumidores de mortadela, constituído de 21 homens e 63 mulheres, com diferentes características quanto à faixa etária e classe social, são apresentadas na Figura 5.4. A frequência de consumo de mortadela é apresentada na Figura 5.5.

Figura 5.4 - Perfil dos 84 consumidores: (a) Faixa etária e (b) classe social

O perfil dos 84 consumidores recrutados que participaram desta pesquisa reflete a grande diversidade existente no estado de São Paulo. Os questionários preenchidos pelos consumidores, revelaram grandes diferenças em relação à faixa

etária, classe social e frequência de consumo de mortadela. Desta forma, dos 84 consumidores que participaram do teste sensorial, 25% pertenciam ao sexo masculino e 75% ao sexo feminino. A maioria dos consumidores pertencia à faixa etária variando entre 21 e 30 anos, representando 32% do total dos consumidores (Figura 5.4 (a)). No que se refere à classe social, a maioria pertencia à classe B2, representando 41% (Figura 5.4 (b)). Quanto à frequência de consumo de mortadela, 11% dos entrevistados declararam consumir mortadela 1 vez por semana, 12% mais de uma vez por semana, 21% consumiam 1 vez cada 15 dias, 26% de vez em quando e 30% 1 vez por mês.

Figura 5.5 - Frequência de consumo de mortadela

Assim, é claro que as diferenças marcantes nas faixas etárias, classes sociais e frequência de consumo de mortadela, explicará indubitavelmente a variação na percepção da aceitação.

5.3.3.2 Aceitação das amostras

Como se mostra na Figura 5.6, foram encontradas diferenças significativas entre os escores médios de aceitação das 5 amostras ($F = 4,61$ e $P < 0,05$, para o efeito “amostra” da ANOVA). Estas diferenças indicam claramente que os consumidores reagiram de forma diferente para as características sensoriais das amostras de mortadela. Os escores de aceitação variaram de 5,7 até 6,5, numa escala hedônica de 9 pontos, indicando que as variações não foram muito grandes, mas o suficiente para serem significativamente diferentes. A amostra 5 apresentou uma média variando entre “gostei pouco” e “gostei moderadamente” e foi

significativamente mais aceita do que a amostra 3, que foi a menos aceita com média correspondente a “gostei pouco”. As amostras 1, 2 e 4 obtiveram médias que não diferiram entre si, nem das outras duas amostras. A maioria das amostras apresentavam uma boa aceitação seguindo a consideração de Muñoz, Civille e Carr (1992), que afirmaram que uma aceitação de 6, numa escala hedônica de 9 pontos, é o limite de qualidade comercial. Das amostras desenvolvidas nesta pesquisa, a única amostra que não apresentou uma boa qualidade sensorial é a amostra 3, com uma aceitação de 5,7.

Figura 5.6 - Médias dos escores de aceitação das 5 amostras avaliadas através de uma escala de hedônica de 9 pontos. Letras diferentes indicam diferenças significativas segundo o teste de Tukey ($P < 0,05$)

Foi realizada uma análise mais profunda da aceitação, uma vez que Varela (2014), recomenda não olhar apenas as médias da aceitação, já que a mesma pode estar segmentada, sendo necessário, nesses casos, identificar esses segmentos de consumidores, classificando-os segundo as similaridades ou diferenças em suas preferências.

6.3.3.3 Mapa Interno de Preferências

Uma ferramenta muito importante para verificar a possível segmentação da aceitação é o Mapa Interno de Preferências (MDPREF), onde são representados todos os consumidores como vetores em função da sua preferência (MACFIE, 2007). A Figura 5.7 apresenta o MDPREF baseado na aceitação dos consumidores

para as amostras avaliadas. Os dois primeiros componentes principais explicaram 65,55% da variabilidade dos dados experimentais, onde 35,79% representa a variabilidade explicada pelo primeiro componente principal e 29,76% representa a variabilidade explicada pelo segundo componente principal. Na Figura 5.7 (A), os consumidores estão representados como vetores indicando a direção da aceitação em relação às amostras representadas como pontos. Segundo a Figura 5.7 (B) o primeiro componente principal separou as amostras do laboratório (lado esquerdo) das amostras comerciais (lado direito) e o segundo componente principal separou as amostras com pré-emulsão das sem pré-emulsão.

Segundo a Figura 5.7 (A), observa-se que os consumidores não têm uma preferência clara por nenhum tratamento, mesmo com a amostra 5 apresentando maior aceitação que a amostra 3, considerando-se os escores médios da aceitação.

Os vetores estão distribuídos em todo o MDPREF (Figura 5.7 (A)) sugerindo que alguns consumidores preferem a amostra 3 e não a amostra 5. Como exemplo, têm-se os consumidores 59, 78 e 31, que tem uma marcada preferência pela amostra 3, enquanto que os consumidores 10, 24, 64 preferem a amostra 5. Assim, é claro que a preferência do consumidor está segmentada. Nesse sentido, Lê e Worch (2015b), indicam que, se os consumidores estão distribuídos por todo o círculo de correlação do MDPREF, então é necessário segmentar as respostas dos consumidores pelo fato dos mesmos apresentarem diferentes padrões de preferência. Assim, com o intuito de segmentar os grupos de consumidores, foi realizada uma Análise de Agrupamento Hierárquico (AAH), usando a distância euclidiana e o método de Ward como critério de aglomeração. Os resultados desta análise mostraram que existia uma clara segmentação da preferência, mas os consumidores integrantes de cada grupo e as amostras preferidas por cada grupo não estavam claramente definidas (Figura 5.8 e 5.9). Isto pode ser devido ao fato de que o número de consumidores por grupo era baixo, sendo recomendado então realizar a AAH com um número maior de consumidores. Dentro deste contexto, as seguintes etapas deste capítulo irão considerar a média dos escores de aceitação.

Figura 5.7 - Mapa interno de preferência: (A) consumidores e (B) amostras

Figura 5.8 – Análise de Agrupamento Hierárquico dos consumidores

Figura 5.9 – Representação dos consumidores no mapa amostral

6.3.3.4 Correlação da aceitação e os atributos sensoriais

Espaço amostral

O Mapa Externo de Preferência (PREFMAP) relaciona, através de uma análise de regressão, os dados de aceitação de cada consumidor com o espaço amostral descritivo, construído a partir dos dados resultantes da ADQ. Esta metodologia é útil, já que fornece um mapa com informação sobre as características sensoriais e hedônicas das amostras, facilitando assim sua otimização (VAN KLEEF; VAN TRIJP; LUNING, 2006). Uma das principais críticas do PREFMAP é que ele considera que o espaço amostral é igual para os dados sensoriais (ADQ) e hedônicos (aceitação), quando na realidade nem sempre é assim (LÊ; WORCH, 2015b). Dessa forma, neste estudo, antes de realizar o PREFMAP, realizou-se uma Análise Fatorial Múltipla (AFM) sobre os dados hedônicos e sensoriais, com o intuito de comprovar se o espaço amostral de ambos grupos de dados era comum. Na Figura 5.10 pode-se observar que a primeira dimensão da AFM está correlacionada com a primeira dimensão dos dados sensoriais e hedônicos e a segunda dimensão da AFM está correlacionada com a segunda dimensão dos dados sensoriais e hedônicos.

Figura 5.10 - Representação das dimensões resultantes da separação dos dados hedônicos e sensoriais, sobre a base das duas primeiras dimensões da AFM

A forte relação existente entre os dados sensoriais e hedônicos confirma a adequação do uso das duas primeiras dimensões dos dados sensoriais para modelar a aceitação dos consumidores. Para avaliar o espaço amostral comum entre ambos os grupos de dados, a Figura 5.11 mostra a representação dos pontos parciais da AFM, onde se observa que as amostras 2, 4 e 5 são as mais próximas entre os dois grupos de dados, enquanto que as amostras 1 e 3 são as menos próximas. Mesmo assim o espaço amostral para ambos os grupos de dados é muito próximo, sendo então, considerados comuns.

Figura 5.11 - Representação das amostras e seus pontos parciais nas duas primeiras dimensões da AFM

Regresão por Mínimos Quadrados Parciais (PLSR)

O método PLSR estabelece as relações lineares entre um conjunto de variáveis independentes (descritores sensoriais) e uma variável resposta (aceitação) (MORAIS et al., 2014). A correlação entre os dados sensoriais e hedônicos das amostras avaliadas foi realizada mediante PLSR, permitindo elucidar quais atributos contribuem positivamente e negativamente na aceitação das amostras de mortadela e verificar o grau de influência dos mesmos.

A Figura 5.12 foi criada para facilitar a visualização dos resultados provenientes da ADQ e do teste aceitação, através da representação, em um mesmo gráfico, das amostras, dos atributos sensoriais e da aceitação através da técnica de PREFMAP, baseado no modelo PLSR. Segundo Laureati, Giussani e Pagliarini, (2012), os atributos que estão localizados perto da aceitação, contribuem positivamente na sua estimação, mediante o modelo PLSR (contribuindo positivamente na aceitação do produto), enquanto as variáveis que estão localizadas longe, e mais ainda, opostas da aceitação, contribuem negativamente na estimativa da aceitação (contribuindo negativamente na aceitação do produto). Neste caso, os atributos que estão perto da aceitação são: cor rosa, sabor salgado, sabor de pimenta, aroma de pimenta, homogeneidade, brilho superficial, sabor característico, textura suculenta, sabor de tempero, aroma característico e aroma de condimento. A aceitação está localizada no quadrante superior direito, próxima das amostras 1, 2 e 5, indicando assim que elas são significativamente mais aceitas que as amostras 3 e 4. Pode-se observar que os atributos sabor estranho e sabor residual estranho estão próximos das amostras 3, 4 e 5. Este comportamento era esperado, já que as amostras 3 e 4 tem pré-emulsão na formulação e a amostra 5, era uma amostra light (segundo a informação do fabricante). Outro fato interessante é que nenhum tratamento está no mesmo quadrante que a aceitação. Assim, do ponto de vista hedônico, deve-se aprimorar os atributos sensoriais identificados em função dos seus coeficientes padronizados do modelo PLSR.

Figura 5.12 - Correlação entre as amostras, os atributos sensoriais e a aceitação dos consumidores nos dois primeiros componentes do PLSR

Com o intuito de encontrar os atributos sensoriais direcionadores da preferência, foram analisados os coeficientes padronizados dos atributos sensoriais provenientes do modelo PLSR.

Na Figura 5.13 são representados os coeficientes padronizados, onde no eixo Y, os termos descritores que estiverem na parte positiva são considerados positivos para a aceitação da mortadela, enquanto os termos que estiverem na faixa negativa do eixo Y representam atributos considerados como negativos para a aceitação.

O tamanho das colunas indica a influência do atributo na aceitação das amostras, tanto positivamente quanto negativamente. Desta forma, quanto maior a coluna, maior a influência do descritor na aceitação da amostra. Além disso, deve

ser observado o desvio padrão que, se estiver cruzando o eixo X, indica que a influência do atributo não pode ser considerada com intervalo de confiança de 95% (GOMES et al., 2014). Assim o único atributo identificado como direcionador negativo da preferência a 95% de confiança foi a textura gelatinosa e não foi possível encontrar um direcionador da preferência positivo. É claro que a modificação da textura pela redução lipídica se vê refletida no aumento da dureza da mortadela, que num primeiro momento foi solucionada tecnologicamente e instrumentalmente com a adição de hidrocolóides. No capítulo 4 apresentou-se uma otimização da dureza e elasticidade instrumental baseada na adição de hidrocolóides em forma de pré-emulsões. No entanto como era de se esperar, a diminuição da dureza não garante uma textura adequada do ponto de vista sensorial e neste capítulo observou-se que a diminuição da dureza através da adição de hidrocolóides gerou um novo atributo sensorial percebido pela equipe treinada, chamado de “textura gelatinosa” e identificado como o único direcionador negativo da preferência, através da técnica de PLSR. O atributo “textura gelatinosa” se encontra localizado na parte negativa da primeira dimensão da Figura 5.9 e está correlacionado com as amostras de laboratório, especificamente com as amostras 1 e 2, que não continham pré-emulsão na formulação. A amostra 4 estava mais longe deste atributo, o que sugere que este é o tratamento potencial para uma futura reformulação, além de ter apresentado o valor mais alto de aceitação para as amostras com pré-emulsão. Os resultados mostrados neste capítulo concordam com o trabalho desenvolvido por Santos et al. (2013), que concluíram que as mortadelas formuladas com reduzido conteúdo de gordura apresentaram os seguintes atributos: duro, mal sabor e sem sal. Por outro lado Caceres, Garcia e Selgas (2008) reportaram mudanças na textura da mortadela enriquecida com óleo de peixe. Desta forma, nesta pesquisa aprofundou-se o estudo das propriedades sensoriais e conseguiu-se diminuir a dureza do produto, mas, infelizmente, resultou no desenvolvimento de uma textura gelatinosa, que precisa ser reduzida.

Figura 5.13 - Coeficientes padronizados do modelo PLSR para amostras de mortadela

5.3.4. Caracterização sensorial usando as perguntas CATA

Foi realizado o teste não paramétrico Q de Cochran apresentado na Tabela 5.5, onde foram encontradas diferenças significativas para 18, dos 41 termos usados para caracterizar as amostras. Como o estudo esteve focado na caracterização sensorial, os termos incluídos na pergunta CATA se referiam a termos sensoriais.

O número elevado de termos sensoriais usados já foram reportados anteriormente para caracterizar milkshakes com hidrocolóides para aumentar a saciedade, usando 47 termos descritores sensoriais e não sensoriais (MORELL et al., 2014). Em outra pesquisa, Jaeguer et al. (2013) usaram 40 termos sensoriais para caracterizar sensorialmente amostras de chocolate ao leite. Neste capítulo a apresentação das perguntas CATA, contendo 41 termos sensoriais, foi realizada por categoria, incluindo 11 termos relacionados à aparência, 8 termos relacionados ao aroma, 14 termos relacionados ao sabor e 8 termos relacionados à textura. A lista de termos avaliados por categoria não foi maior que 14, e por este motivo não

influenciou na atenção visual (devido ao número de termos da pergunta CATA), conforme recomendado por Ares et al. (2015).

Dos 18 termos significativos, o termo arenoso foi eliminado como recomendado por Tarancón et al. (2015), já que a frequência de menção foi menor que 10. Assim, os termos considerados para a caracterização sensorial das amostras são descritos a seguir: cor escura, cor clara, cor homogênea, com manchas, poucos buracos, muitos buracos, odor característico, sabor característicos, pouco sabor de tempero, pouco sabor característico, sabor salgado, pouco sabor salgado, sabor de gordura, textura suave, textura borrachenta, textura seca e textura suculenta. Estes termos foram usados na Análise de correspondência, usando distâncias qui-quadrado conforme indicado por Vidal et al. (2015), já que a frequência de menção dos termos foi maior que 10, indicando que os mesmos não apresentavam baixa frequência de menção, conforme reportado por Meyners et al., (2013).

Tabela 5.5 - Número de consumidores que utilizaram cada um dos termos da pergunta CATA para descrever as amostras reais e a amostra ideal

Termos	Valor p	(continua)					
		Amostras					
		1	2	3	4	5	Ideal
Cor escura ***	<0.0001	3	6	6	0	53	4
Cor clara ***	<0.0001	45	41	50	63	10	36
Lisa ^{ns}	0.079	31	32	28	32	42	47
Poucos pedaços de gordura ^{ns}	0.347	33	38	29	28	29	34
Cor homogênea ***	<0.0001	31	40	26	24	46	40
Presença de tempero ^{ns}	0.687	25	23	22	24	29	27
Com manchas ***	0.001	22	17	30	28	12	2
Superfície brilhante ^{ns}	0.843	14	15	11	12	15	5
Poucos buracos **	0.006	32	32	32	27	48	34
Muitos buracos ***	<0.0001	24	25	29	27	1	3
Superfície pouco brilhante ^{ns}	0.054	29	25	39	34	30	36
Odor característico de mortadela **	0.002	45	51	31	46	36	61
Odor estranho ^{ns}	0.067	9	12	14	11	21	1
Odor de tempero ^{ns}	0.963	26	26	27	24	24	30
Odor de pimenta ^{ns}	0.183	16	7	15	12	13	11
Odor de gordura ^{ns}	0.457	10	6	10	7	12	3
Odor pouco característico ^{ns}	0.089	28	20	35	30	29	7
Odor defumado ^{ns}	0.807	14	18	17	19	16	37
Odor ranço ^{ns}	0.539	5	7	10	7	5	1
Sabor característico **	0.001	44	45	28	29	42	58

Tabela 5.5 - Número de consumidores que utilizaram cada um dos termos da pergunta CATA para descrever as amostras reais e a amostra ideal

Termos	Valor p	(conclusão)					
		Amostras					
		1	2	3	4	5	Ideal
Sabor residual estranho ^{ns}	0.150	12	12	19	17	9	2
Pouco sabor de tempero *	0.037	32	32	25	27	17	18
Pouco sabor de pimenta ^{ns}	0.327	17	19	17	23	13	21
Pouco sabor característico ***	<0.0001	21	20	32	33	14	10
Sabor estranho ^{ns}	0.174	9	11	14	19	14	3
Sabor salgado ***	<0.0001	10	7	12	9	30	4
Pouco sabor salgado **	0.008	32	26	30	21	15	28
Sabor de condimento ^{ns}	0.136	19	16	23	24	28	26
Sabor de pimenta ^{ns}	0.247	9	5	13	9	11	6
Sabor de glutamato ^{ns}	0.467	7	6	4	8	10	6
Sabor de gordura **	0.006	4	3	8	6	14	3
Sabor defumado ^{ns}	0.388	21	19	19	13	18	34
Sabor a ranço ^{ns}	0.352	3	5	8	3	5	1
Textura firme ^{ns}	0.505	44	43	51	47	43	33
Textura suave ***	<0.0001	19	18	11	15	32	51
Textura borrachenta ***	<0.0001	37	40	41	41	10	8
Textura gelatinosa ^{ns}	0.068	11	12	11	17	6	7
Textura Seca *	0.043	15	10	5	9	15	8
Textura suculenta ***	<0.0001	21	14	11	14	32	38
Textura pouco suculenta ^{ns}	0.058	23	21	31	23	15	11
Textura arenosa**	0.002	1	3	3	0	9	1

*** indica diferenças significativas com $P < 0,001$; ** indica diferenças significativas com $P < 0,01$; * indica diferenças significativas com $P < 0,05$; ^{ns} indica que não existiram diferenças significativas ($P > 0,05$) segundo o teste Q de Cochran. A amostra ideal não foi incluída no teste Q de Cochran.

A Figura 5.14 mostra a representação das amostras e dos termos nas duas primeiras dimensões da análise de correspondência realizada sob a tabela de frequências, usando distâncias qui-quadrado. As duas primeiras dimensões explicaram 94,31% da variância dos dados experimentais. A distância entre os pontos correspondentes às amostras é uma medida da semelhança entre elas, porém as associações gerais entre as amostras e os termos, obtidas das dimensões da análise de correspondência, não são diretamente comparáveis e devem ser interpretadas com cuidado (GREENACRE, 2007).

Foram identificados três grupos de amostras com diferentes características sensoriais. As amostras 1, 2, 3 e 4 localizaram-se na parte negativa da primeira dimensão e estavam correlacionadas com os termos: com manchas, pouco sabor característicos, muitos buracos, borrachento, pouco sabor a condimento, cor clara,

pouco sabor salgado, odor característico, atributos estes que foram gerados pela redução ou substituição da gordura animal. A amostra 5 localizou-se na parte positiva da primeira dimensão e estava correlacionada com os termos: sabor salgado, sabor de gordura, textura seca, poucos buracos, cor homogênea. É interessante mencionar que o termo sabor de gordura gerado pelos consumidores não foi percebido pela equipe treinada no desenvolvimento da terminologia descritiva ou foi incluído em outro atributo, como sabor estranho. A amostra ideal estava localizada na parte negativa da segunda dimensão e estava caracterizada pelos seguintes termos: suave, suculento, sabor característico, odor característico e cor homogênea, já que estes atributos foram mencionados por mais do 20% dos consumidores. Este dado indica que estes são os atributos desejados neste tipo de produto, refletindo a importância da opinião dos consumidores no desenvolvimento de produtos.

Em geral, as amostras de laboratório, tanto com reduzido conteúdo de gordura quanto com substituição com pré-emulsões, estavam relacionadas com termos gerados devido ao processo de reformulação. Já na análise de PLSR, feita sobre os dados provenientes da ADQ, foi identificado o termo **textura gelatinosa** como principal direcionador negativo da preferência. Este direcionador é também gerado pelos consumidores como textura borrachenta. Portanto, a importância dos atributos relacionados à textura é evidenciada, tanto pelos consumidores como pela equipe treinada.. Percebeu-se, também, que a textura borrachenta estava relacionada ao termo “muitos buracos”, presente na superfície das amostras, o que já era de se esperar, já que quando gordura animal era reduzida ou substituída, começavam a ser formados muitos buracos, e, ao mesmo tempo verificava-se uma modificação na textura sensorial das amostras.

Figura 5.14 - Representação dos atributos e amostras nas duas primeiras dimensões da Análise de Correspondência de amostras de mortadela, usando as perguntas CATA.

Na Análise de Penalização (AP) consideraram-se os resultados da aceitação e da frequência de menção de termos provenientes das perguntas CATA para todas as amostras avaliadas e para a amostra ideal. AP é baseada na observação do desvio na proporção de seleção de cada termo para as amostras reais comparada com a amostra ideal, bem como o impacto deste desvio na aceitação (ARES; JAEGER, 2015).

Figura 5.15 - Queda da aceitação em função da porcentagem de consumidores que descreveram as amostras de forma diferente que a amostra ideal. (-) indica os atributos que não estavam presentes nas amostras e sim no ideal, e (+) indica os atributos que estavam presentes nas amostras mas não no ideal. Atributos destacados em negrito correspondem aos atributos selecionados por mais de 20% dos consumidores que consideraram um desvio do ideal, levando a uma queda na aceitação, segundo o teste de Kruskal-Wallis a 95% de confiança.

Quando os atributos da pergunta CATA são selecionados na amostra real e na amostra ideal (1,1) ou em nenhuma das duas (0,0), isto é considerado um comportamento **congruente**, ou seja, que não fornece nenhuma informação sob as possíveis diferenças entre a amostra real (em avaliação) e a ideal, bem como suas consequências na aceitação. No entanto, se o consumidor seleciona um atributo na amostra real, mas não na ideal (1,0) ou vice-versa (0,1), isto é considerado um

comportamento **incongruente** e fornece informação importante para entender melhor o que poderia “estar faltando” ou que “tem demais” de um atributo, bem como o efeito deste na aceitação (MEYNERS et al., 2013; AGUDELO et al., 2015).

Na Figura 5.15 é representada a queda da aceitação em função da porcentagem de consumidores que descreveram as amostras de forma diferente do ideal. Os gráficos onde as incongruências são representadas por sinais (-) indicam queda da aceitação devido ao desvio do ideal porque o atributo não esteve presente na amostra real e sim na amostra ideal (0,1), porém considera-se que “deveria apresentar ou ter” esse atributo; (+) indica a queda da aceitação devido ao desvio do ideal porque o atributo esteve presente na amostra real e não no ideal (1,0), porém considera-se que “não deveria apresentar ou ter” esse atributo (AGUDELO et al., 2015). Vale a pena ressaltar que houve termos onde a queda da aceitação foi negativa, os quais não foram considerados na AP por serem termos onde o desvio do ideal não foi penalizado. Para a PA foram considerados unicamente os atributos onde, no mínimo 20% dos consumidores, perceberam diferença entre a amostra e o ideal (XIONG; MEULLENET, 2006).

Todos atributos que apresentaram queda menor que 1 e a porcentagem de consumidores que a perceberam como diferente do ideal foi menor que 20%, foram desconsiderados da AP. Para a amostra 1, a incongruência foi representada pelo sinal (-) e pelos atributos suave e succulento. Destes dois atributos, o atributo succulento causou uma queda significativa ($P < 0,05$; segundo o teste de Kruskal–Wallis) na aceitação, o que indica que este é o principal atributo que deveria estar presente na amostra.

O gráfico de penalização para a amostra 2 indica que a incongruência também esteve representada pelo sinal (-) e pelos atributos succulento e suave. Neste caso, atributo suave apresentou uma queda significativa na aceitação, indicando que, para esta amostra, o atributo que deve estar presente é a textura suave, sugerindo que os consumidores perceberam a amostra 2 mais dura do que seu ideal. Para a amostra 3, a penalização foi representada pelo sinal (-), sendo necessária a presença dos atributos: cor homogênea, sabor característico, odor característico, suave e succulento, que não foram percebidos, provavelmente, devido à incorporação da pré-emulsão. A amostra 4 também foi formulada com pré-emulsão e a incongruência esteve representada pelo sinal (-) e pelos atributos sabor característico, odor característico e textura succulenta, causando a queda da

aceitação percebida por mais do 20% dos consumidores. Assim, estes atributos devem estar presentes nessa formulação para que a amostra seja mais aceita. Finalmente para a amostra 5, a incongruência esteve representada pelo sinal (-) e pelos atributos odor característico e sabor característico, assim como pelo sinal (+) e pelo atributo sabor salgado, indicando que os atributos com (-) devem estar presentes na amostra enquanto que os atributos com (+) devem estar ausentes na amostra. É interessante ressaltar que para esta amostra, os consumidores indicaram que a intensidade do sabor salgado deve ser diminuída quando comparada com seu ideal.

Na Figura 5.16 é apresentado o gráfico de barras dos coeficientes padronizados do modelo PLSR de cada uma das variáveis fictícias (Z), permitindo obter conclusões sobre os atributos que afetaram significativamente a aceitação das amostras. Assim, uma variável fictícia positiva (Z+) significativa indicaria que os consumidores perceberam como ausente esse atributo na amostra real quando comparada com a amostra ideal. Por outro lado uma variável fictícia negativa (Z-) significativa indica que os consumidores perceberam na amostra um atributo que não desejariam na amostra ideal (ARES; JAEGUER, 2015).

Segundo a Figura 5.16, para a amostra 1, as variáveis fictícias significativas foram: *cor escura+*, *cor clara+* e *textura suave-*, indicando que os atributos de cor e textura causaram um forte impacto na aceitação dos consumidores. O coeficiente padronizado foi positivo tanto para a *cor escura+* como para a *cor clara+*, indicando que a amostra foi percebida como muito escura e muito clara pelos consumidores. Este fato contraditório pode ter ocorrido pelo fato da percepção do consumidor estar segmentada, onde, provavelmente alguns deles perceberam a amostra 1 como muito clara e outros como muito escura. Em relação à *textura suave-*, o sinal (-) indica que este atributo esteve presente na amostra e afetou positivamente na aceitação.

Para a amostra 2, as variáveis fictícias com coeficiente padronizado positivo foram: *muitos buracos+*, *sabor característico-*, *pouco sabor salgado+*, *textura succulenta-*, e as variáveis com coeficientes padronizados negativos foram: *textura borrachenta-* e *textura succulenta+*. Segundo a percepção dos consumidores, o atributo *muitos buracos+* não esteve presente na amostra, o atributo *sabor característico-* esteve presente, o atributo *pouco sabor salgado+* não esteve

presente nesta amostra e o atributo *textura succulenta*- esteve presente na amostra. Assim estes atributos foram percebidos como positivos enquanto que os atributos: *textura borrachenta*- esteve presente na amostra e *textura succulenta*+ não esteve presente na amostra, influenciando negativamente na aceitação.

A amostra 3 apresentou duas variáveis fictícias, onde a ausência de alguns atributos afetou positivamente a aceitação. Estes atributos foram: *muitos buracos*+ e *textura seca*+, indicando que os consumidores preferem as amostras sem buracos e com textura succulenta. As variáveis fictícias que influenciaram negativamente na aceitação foram as seguintes: presença do atributo *com manchas*- e *muitos buracos*- assim como a ausência do atributo odor característico, indicando que os consumidores preferem as amostras sem manchas, sem muitos buracos e com aroma característico.

A amostra 4 também apresentou duas variáveis fictícias (presença de cor homogênea- e a ausência da textura suave), as quais influenciaram positivamente na aceitação, indicando que os consumidores preferem as amostras homogêneas e não muito suaves, o que provavelmente está relacionado com o termo borrachento, ocasionado pela adição de hidrocolóides na pré-emulsão. As variáveis fictícias que influenciaram negativamente na aceitação foram: a *ausência de sabor característico*+, a presença de *pouco sabor característico*- e a presença de uma *textura borrachenta*-, indicando que os consumidores preferem as amostras com sabor característico e sem textura borrachenta.

Para a amostra comercial, as variáveis fictícias que afetaram positivamente a aceitação foram a presença de *cor homogênea*-, *sabor salgado*-, *textura suave* e a ausência de uma *textura seca*+, indicando que os consumidores preferem uma mortadela de superfície homogênea, com sabor salgado, de textura suave, sem uma textura seca. As variáveis fictícias que influenciaram negativamente na aceitação foram: a presença de *poucos buracos*-, a ausência de *odor característico*+, a *ausência de pouco sabor de tempero*+, a presença de *pouco sabor característico* e a *ausência de uma textura succulenta*, sugerindo que os consumidores preferem as amostras com poucos buracos, com odor característico, sem odor excessivo de tempero nem de mortadela e com uma textura succulenta. Assim, verifica-se claramente mais uma vez, que a preferência do consumidor está segmentada, já que um grupo de consumidores preferiram um odor característico e um odor de

mortadela, enquanto que outro grupo de consumidores preferiam suas amostras sem odor de mortadela.

Figure 5.16 - Coeficientes padronizados do modelo PLSR realizado sobre os dados das perguntas CATA para todas as amostras

Ao combinar o resultado da análise de penalização e do modelamento das variáveis fictícias mediante PLSR, foi possível identificar as recomendações necessárias para cada uma das amostras de mortadela. Um resumo das recomendações para melhorar cada amostra em função de sua aceitação é apresentado na Tabela 5.6. De maneira geral, os atributos de textura relacionados com a dureza devem que ser aprimorados em todas as amostras de mortadela, até mesmo na amostra comercial. Assim é clara a vantagem de se realizar ADQ, perguntas CATA e testes de aceitação em conjunto, visando a compreensão dos atributos sensoriais das amostras e suas possíveis estratégias de reformulação. Segundo Van Trijp et al. 2007, as metodologias baseadas na identificação dos atributos de um produto ideal fornecem informação mais realista do que os métodos baseados em regressão (MEP).

Ambas as metodologias de caracterização sensorial, ou seja, tanto a ADQ quanto as perguntas CATA, apresentaram um espaço amostral similar, onde as amostras 1 e 2 estavam juntas, assim como as amostras 3 e 4, e para ambas metodologias a amostra 5 esteve longe das outras amostras. Esta similaridade no espaço amostral concorda com os resultados obtidos por Husson et al. (2001), Worch et al. (2010b), Ares et al. (2011) e Albert et al. (2011), Bruzzone et al. (2012).

Tabela 5.6 - Resumo das recomendações para a reformulação das 5 amostras de mortadela baseada na Análise de Penalização, modelamento PLSR e nas respostas dos consumidores às perguntas CATA.

Amostra	Principais recomendações para reformulação	
	Aumentar	Diminuir
1	Suculência.	Dureza.
2	Suavidade e suculência.	Dureza.
3	A homogeneidade da cor, o sabor e odor característico, suculência e suavidade.	Quantidade de buracos, quantidade de manchas e aroma estranho.
4	Sabor e odor característico e suculência.	O sabor estranho e a textura borrachenta.
5	O odor e sabor característico, o sabor salgado e a homogeneidade da cor.	O sabor salgado, a quantidade de buracos, o odor estranho e de tempero e a textura borrachenta.

Segundo os resultados, pode-se afirmar que as perguntas CATA representam uma boa alternativa para estudar as características sensoriais de produtos alimentares quando não se conta com tempo e recursos para desenvolver análises descritivas, como a ADQ. No entanto deve-se levar em consideração que as perguntas CATA, mesmo sendo mais fáceis e rápidas de executar pelos consumidores (ARES et al., 2013), apresentam a desvantagem de não permitirem obter informação das intensidades dos atributos.

As perguntas CATA considerando uma amostra ideal, conhecida como “Perfil Ideal CATA” permitiram identificar as características sensoriais da mortadela ideal segundo a percepção dos consumidores, que com ajuda da Análise de penalização e do modelo PLSR utilizando variáveis fictícias, representam uma ferramenta muito útil para identificar os principais atributos a serem modificados para melhorar a aceitação das amostras.

5.4 Conclusões

A caracterização sensorial através da Análise Descritiva Quantitativa, juntamente com as perguntas CATA, representam uma alternativa potencial para identificar os principais atributos a serem modificados, com o intuito de melhorar a aceitação das mortadelas, considerando a resposta de uma equipe treinada e dos consumidores.

A Análise Descritiva Quantitativa realizada sobre as mortadelas reformuladas mostrou um perfil sensorial diferenciado para as amostras elaboradas no laboratório quando comparadas com a amostra comercial. Dentro das amostras elaboradas no laboratório, as amostras com adição de pré-emulsão foram diferenciadas das sem pré-emulsão. A mortadela comercial foi preferida pelos consumidores, mas o estudo deve ser aprofundado com um número maior de consumidores, já que foi verificada uma clara segmentação da preferência.

O atributo direcionador da preferência, segundo a correlação entre as respostas da ADQ e do teste de aceitação, foi a textura borrachenta, confirmando-se assim que, mesmo adicionando um hidrocolóide para diminuir a dureza (atributo apresentado em estudos anteriores, ver capítulo 2 e 3), esta diminuição gerou este novo atributo negativo. As perguntas CATA unidas à Análise de Penalização e a PLSR de variáveis fictícias com a aceitação ajudaram a identificar o "sabor estranho", "sabor característico", "textura gelatinosa" e "textura firme" como os principais atributos a serem modificados numa reformulação posterior.

Referências

ABEP. Associação Brasileira de Empresas de Pesquisa. **Critério de Classificação Econômica Brasil**, 2015. 3 p.

ADAMS, J.; WILLIAMS, A.; LANCASTER, B.; FOLEY, M. Advantages and uses of check-all-that-apply response compared to traditional scaling of attributes for salty snacks. In: PANGBORN SENSORY SCIENCE SYMPOSIUM, 7., 2007. Hyatt Regency, Minneapolis. **Proceedings...** Minneapolis: Elsevier, 2007. 1 CD-ROM.

AGUDELO, A.; VARELA, P.; FISZMAN, S. Methods for a deeper understanding of the sensory perception of fruit fillings. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 46, n. 0, p. 160-171, 2015.

ALBERT, A.; VARELA, P.; SALVADOR, A.; HOUGH, G.; FISZMAN, S. Overcoming the issues in the sensory description of hot served food with a complex texture. Application of QDA®, flash profiling and projective mapping using panels with

different degrees of training. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 22, n. 5, p. 463-473, 2011.

ARES, G.; BRUZZONE, F.; GIMÉNEZ, A. Is a consumer panel able to reliably evaluate the texture of dairy desserts using unstructured intensity scales? Evaluation of global and individual performance. **Journal of Sensory Studies**, Westport, v. 26, n. 5, p. 363-370, 2011.

ARES, G.; DAUBER, C.; FERNÁNDEZ, E.; GIMÉNEZ, A.; VARELA, P. Penalty analysis based on CATA questions to identify drivers of liking and directions for product reformulation. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 32, Part A, n. 0, p. 65-76, 2014.

ARES, G.; DELIZA, R.; BARREIRO, C.; GIMÉNEZ, A.; GÁMBARO, A. Comparison of two sensory profiling techniques based on consumer perception. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 21, n. 4, p. 417–426, 2010.

ARES, G.; JAEGER, S.R. Check-all-that-apply questions: Influence of attribute order on sensory product characterization. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 28, n. 1, p. 141-153, 2013.

ARES, G.; JAEGER, S. Check-all-that-apply (CATA) questions with consumers in practice: experimental considerations and impact on outcome. In: DELARUE, J.; LAWLOR, J.; ROGEAUX, M. (Ed.). **Rapid Sensory Profiling Techniques Applications in New Product Development and Consumer Research**. Cambridge: Woodhead Publishing. 2015. chapter 11, p. 227-245.

ARES, G.; VARELA, P.; RADO, G.; GIMÉNEZ, A. Identifying ideal products using three different consumer profiling methodologies. Comparison with external preference mapping. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 22, n. 6, p. 581–591, 2011.

BENNETT, R.; HAIT, J.; TALLENT, S. Staphylococcus aureus and Staphylococcal Enterotoxins. In: DOORES S.; SALFINGER Y.; TORTORELLO M. (Ed.). **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. Washington DC: American Public Health Association, 2001. chapter 39, p. 387-400.

BRUZZONE, F.; ARES, G.; GIMÉNEZ, A. Consumers' texture perception of milk desserts. II - comparison with trained assessors' data. **Journal of Texture Studies**, Westport, v. 43, n. 3, n. 214-226, 2012.

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

CHAPMAN, K.W.; LAWLESS, H.T.; BOOR, K.J. Quantitative Descriptive Analysis and Principal Component Analysis for Sensory Characterization of Ultrapasteurized Milk. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 84, n. 1, p. 12-20, 2001.

DEHLHOLM, C.; BROCKHOFF, P. B.; MEINERT, L.; AASLYNG, M.D.; BREDIE, W. L.P. Rapid descriptive sensory methods – Comparison of Free Multiple Sorting, Partial Napping, Napping, Flash Profiling and conventional profiling. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 26, n. 2, p. 267-277, 2012.

DE MENDIBURU. **Agricolae: Statistical Procedures for Agricultural Research**. 2014. 153 p.

DOOLEY, L.; LEE, Y.S.; MEULLENET, J.F. The application of check-all-that-apply (CATA) consumer profiling to preference mapping of vanilla ice cream and its comparison to classical external preference mapping. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 21, n. 4, p. 394-401, 2010.

DOS SANTOS, B. A; BASTIANELLO CAMPAGNOL, P. C.; DA CRUZ, A. G.; GALVÃO, M. T. E. L.; MONTEIRO, R. A.; WAGNER, R.; POLLONIO, M. A. R. Check all that apply and free listing to describe the sensory characteristics of low sodium dry fermented sausages: Comparison with trained panel. **Food Research International**, Barking, InPress, 2015.

GALVÃO, M.T.E.L.; MOURA, D.B.; BARRETTO, A.C.S.; POLLONIO, M.A.R. Effects of micronized sodium chloride on the sensory profile and consumer acceptance of turkey ham with reduced sodium content. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 34, n. 1, p. 189-194, 2014.

GOMES, C.; PFLANZER, S.; CRUZ, A.; DE FELÍCIO, P.; BOLINI, H. Sensory descriptive profiling and consumer preferences of beef strip loin steaks. **Food Research International**, Barking, v. 59, n. 0, p. 76-84, 2014.

GREENACRE, M. **Correspondence Analysis in Practice**. Boca Raton: Chapman and Hall/ CRC, 2007. 296 p.

HUSSON, F.; LE DIEN, S.; PAGÉS, J. Which value can be granted to sensory profiles given by consumers? Methodology and results. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 12, n. 5-7, p. 291-296, 2001.

HUSSON F.; LE DIEN S.; PAGÈS J. Confidence ellipse for the sensory profiles obtained by Principal Component Analysis. **Food Quality and Preference**, Barking, V. 16, n. 3, p. 245-250, 2005.

ISO 7251. Microbiology of food and animal feeding stuffs - **Horizontal method for the detection and enumeration of presumptive Escherichia coli - Most probable number technique**, 2005. 13 p.

ISO 6579. **Microbiology of food and animal feeding stuffs - Horizontal method for the detection of Salmonella spp.**, 2007. 27 p.

ISO 8589. **Sensory analysis. General guidance for design of test rooms. Standard no. 8589**. Geneva, Switzerland, 1988. 16 p.

JAEGER, S.; CHHEANG, S.; YIN, J.; BAVA, C.; GIMENEZ, A.; VIDAL, L.; ARES, G. Check-all-that-apply (CATA) responses elicited by consumers: Within-assessor reproducibility and stability of sensory product characterizations. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 30, n. 1, p. 56-67, 2013.

JORGE, É.D.C.; MENDES, A.C.G.; AURIEMA, B.E.; CAZEDEY, H.P.; FONTES, P.R.; RAMOS, A.D.L.S.; RAMOS, E.M. Application of a check-all-that-apply question for evaluating and characterizing meat products. **Meat Science**, Barking, v. 100, n. 0, p. 124-133, 2015.

KELLY, G.A. **The psychology of personal constructs**. New York: Norton, 1995. 539 p.

LABBE, R. Clostridium Perfringens. In. DOORES S.;SALFINGER, Y. ;TORTORELLO M. (Ed.). **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. Washington DC: American Public Health Association, 2001. chapter 344, p. 325-329.

LATREILLE, J.; MAUGER, E.; AMBROISINE, L.; TENENHAUS, M.; VINCENT, M.; NAVARRO, S.; GUINOT, C. Measurement of the reliability of sensory panel performances. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 17, n. 5, p. 369-375, 2006.

LAUREATI, M.; GIUSSANI, B.; PAGLIARINI, E. Sensory and hedonic perception of gluten-free bread: Comparison between celiac and non-celiac subjects. **Food Research International**, Barking, v. 46, n. 1, p. 326-333, 2012.

LÊ, S.; HUSSON, F. SensoMineR: A package for sensory data analysis. **Journal of Sensory Studies**, Westport, v. 23, n. 1, p. 14-25, 2008.

LÊ, S.; JOSSE, J.; HUSSON, F. FactoMineR: An R package for multivariate analysis. **Journal of Statistical Software**, cidade, v. 25, n. 1, p. 1–18, 2008.

LÊ, S.; WORCH, T. When panelists rate products according to a single list of attributes. In: **Analyzing Sensory Data with R**. Boca Raton: CRC Press Taylor & Francis Group, 2015a. chapt. 1, p. 5-32.

LÊ, S.; WORCH, T. When products are solely assessed by liking. In: **Analyzing Sensory Data with R**. Boca Raton: CRC Press Taylor & Francis Group, 2015b. chap. 8, p. 5-32.

MACFIE, H. Preference mapping and food product development. In: **Consumer-Led Food Product Development**. Cambridge: Woodhead Publishing, 2007. p. 407–433.

MANOUKIAN, E.B. **Mathematical nonparametric statistics**. New York: Gordon & Breach, 1986. 326 p.

MEILGAARD, M.C.; CIVILLE, G.V.; CARR, B.T. **Sensory evaluation techniques**. 4th edition Boca Raton: CRC Press, 2007. 464p.

MEULLENET, J.; XIONG, R.; FINDLAY, C. Panelist and Panel Performance: A Multivariate Experience. In: _____ **Multivariate and Probabilistic Analyses of Sensory Science Problems**. Iowa: Blackwell Publishing, 2007. p.27-47.

MEYNERS, M.; CASTURA J.C. Check-All-That-Apply Questions. In. VARELA; ARES (Ed.). **Novel Techniques in Sensory Characterization and Consumer Profiling**. Boca Raton: CRC Press Taylor & Francis Group, 2014. chapter 11, p. 271-306.

MEYNERS, M.; CASTURA, J.C.; CARR, B.T. Existing and new approaches for the analysis of CATA data. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 30, n. 2, p. 309-319, 2013.

MORAIS, E.C.; CRUZ, A.G.; FARIA, J.A.F.; BOLINI, H.M.A. Prebiotic gluten-free bread: Sensory profiling and drivers of liking. **LWT - Food Science and Technology**, Ottawa, v. 55, n. 1, p. 248-254, 2014.

MORELL, P.; FISZMAN, S.M.; VARELA, P.; HERNANDO, I. Hydrocolloids for enhancing satiety: Relating oral digestion to rheology, structure and sensory perception. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 41, n. 0, p. 343-353, 2014.

MOSKOWITZ, H.R. **Product testing and sensory evaluation of foods**. Westport: Foods & Nutrition Press, 1983. 605p.

MUÑOZ, A.M.; CIVILLE, V.G.; CARR, B.T. **Sensory evaluation in quality control**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1992. 548-584 p.

NÆS, T.; BROCKHOFF, P.B.; TOMIC, O. ANOVA for Sensory and Consumer Data. In. **Statistics for Sensory and Consumer Science**. West Sussex: John Wiley 2010. p. 193-207.

PARENTE, M.E.; MANZONI, A.V.; ARES, G. External preference mapping of commercial antiaging creams based on consumers' responses to a check-all-that-apply question. **Journal of Sensory Studies**, Westport, v. 26, n. 2, p. 158-166, 2011.

PLAEHN, D. CATA penalty/reward. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 24, n. 1, p. 141-152, 2012.

POPPER, R. Use of Just-About-Right Scales in Consumer Research. In: VARELA, P; ARES G. (Ed.). **Novel Techniques in Sensory Characterization and Consumer Profiling**. Boca Raton: Ed. CRC Press; Taylor & Francis, 2014. p. 137-155.

R Core Team. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna, Austria: R foundation for statistical computing, 2013.

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

STONE, H.; SIDEL, J. **Sensory evaluation practices**. 3rd ed. New York: Academic Press, 2004. 408p.

STONE, H.; SIDEL, J.L. Quantitative descriptive analysis: Developments, applications, and the future. **Food Technology**, Chicago, v. 52, n. 8, p. 48-52, 1998.

SILVA, R.; MINIM, V.; SILVA, MINIM, L. Number of judges necessary for descriptive sensory tests. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 31, n. 0, p. 22-27, 2014.

TARANCÓN, P.; SALVADOR, A.; SANZ, T.; FISZMAN, S.; TÁRREGA, A. Use of healthier fats in biscuits (olive and sunflower oil): changing sensory features and their relation with consumers' liking. **Food Research International**, Barking, v. 69, n. 0, p. 91-96, 2015.

TEN KLEIJ, F.; MUSTERS, P.A.D. Text analysis of open-ended survey responses: A complementary method to preference mapping. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 14, n. 1, p. 43–52, 2003.

TENENHAUS, M.; PAGÈS, J.; AMBROISINE, L.; GUINOT, C. PLS methodology to study relationships between hedonic judgements and product characteristics. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 16, n. 4, p. 315-325, 2005.

VALENTIN, D.; CHOLLET, S.; LELIÈVRE, M.; ABDI, H. Quick and dirty but still pretty good: a review of new descriptive methods in food science. **International Journal of Food Science & Technology**, Oxford, v. 47, n. 8, p. 1563-1578, 2012.

VAN KLEEF, E.; VAN TRIJP, H.; LUNING, P. Internal versus external preference analysis: An exploratory study on end-user evaluation. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 17, n. 5, p. 387-399, 2006.

VARELA, P. Application of multivariate statistical methods during new product development – Case study: Application of principal component analysis and hierarchical cluster analysis on consumer liking data of orange juices. In: GRANATO D.; ARES, G. **Mathematical and Statistical Methods in Food Science and Technology**. Chichester: John Wiley, 2014. chapter 11, p. 187-200.

VARELA, P.; ARES, G. Sensory profiling, the blurred line between sensory and consumer science. A review of novel methods for product characterization. **Food Research International**, Barking, v. 48, n. 2, p. 893-908, 2012.

VARELA, P.; ARES, G. **Novel techniques in sensory characterization and consumer profiling**. Boca Raton: CRC Press, 2014. 408 p.

VIDAL, L.; TÁRREGA, A.; ANTÚNEZ, L.; ARES, G.; JAEGER, S. 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**, Barking, v. 43, n. 0, p. 106-112, 2015.

WALKELING, I. N., MACFIE, J. H. Designing consumer trials balanced for first and higher orders of carry-over effect when only a subset of k samples from τ may be tested. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 6, n. 299–308, 1995.

WORCH, T.; DOOLEY, L.; MEULLENET, J.-F.; PUNTER, P. H. Comparison of PLS dummy variables and Fishbone method to determine optimal product characteristics from ideal profiles. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 21, n. 8, p. 1077-1087, 2010a.

WORCH, T.; LÊ, S.; PUNTER, P. How reliable are the consumers? Comparison of sensory profiles from consumers and experts. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 21, n. 3, p. 309-318, 2010b.

WORCH, T.; PIQUERAS-FISZMAN, B. Contributions to assess the reproducibility and the agreement of respondents in CATA tasks. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 40, n. 0, p. 137-146, 2015.

XIONG, R.; MEULLENET, J.-F. A PLS dummy variable approach to assess the impact of jar attributes on liking. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 17, n. 3/4, p. 188-198, 2006.

6 CONCLUSÕES GERAIS

O desenvolvimento de produtos cárneos com níveis reduzidos de gordura, que sejam similares aos produtos tradicionais, apresentando boa aceitabilidade pelos consumidores, é essencial para a melhoria da saúde humana. Nesse sentido no capítulo 2 verificou-se que o uso da gordura vegetal hidrogenada não é adequado como substituto da gordura vegetal devido à piora da qualidade nutricional, especificamente do perfil lipídico, e da qualidade sensorial, especificamente a dureza.

No terceiro capítulo, os resultados mostraram que a redução do teor de gordura provocou mudanças na microestrutura da mortadela, gerando produtos com uma estrutura mais desorganizada, em consequência, um produto com uma textura mais dura quando comparada com uma amostra com conteúdo lipídico maior (tradicional).

Já no quarto capítulo se otimizou o perfil lipídico obtendo as proporções adequadas de óleos vegetais em pré-emulsões de alginato de sódio, goma guar e isolado proteico de leite, encontrando-se que a proporção otimizada da fração lipídica foi 20% de óleo de peixe, 30% de óleo de oliva e 50% de óleo de canola e que a composição otimizada dos componentes da pré-emulsão foram: 0,5% de alginato de sódio, 0,5% de concentrado proteico de leite e 30% de fração lipídica.

Finalmente, no capítulo 5 se caracterizou sensorialmente as mortadelas com um perfil lipídico otimizado. A Análise Descritiva Quantitativa mostrou um perfil sensorial diferenciado para as amostras elaboradas no laboratório quando comparadas com a amostra comercial. O atributo direcionador da preferência, segundo a correlação entre as respostas da ADQ e do teste de aceitação, foi a textura borrachenta, confirmando-se assim, que mesmo adicionando um hidrocolóide para diminuir a dureza, esta diminuição gerou um atributo negativo. As perguntas CATA unidas à Análise de Penalização e a PLSR de variáveis fictícias com a aceitação ajudaram a identificar o "sabor estranho", "sabor característico", "textura gelatinosa" e "textura firme" como os principais atributos a serem modificados numa reformulação posterior.

Conclui-se que através da estratégia de reformulação apresentada, pode-se elaborar uma mortadela com um perfil lipídico mais em consonância com as recomendações de uma dieta saudável.