



MÁRIA HERMINIA FERRARI FELISBERTO

**“REDUÇÃO DE SAL E GORDURA EM EMULSÕES
CÁRNEAS: EFEITO DA ADIÇÃO DE INGREDIENTES
PREBIÓTICOS”**

**Campinas
2014**



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS

MÁRIA HERMINIA FERRARI FELISBERTO

**“REDUÇÃO DE SAL E GORDURA EM EMULSÕES
CÁRNEAS: EFEITO DA ADIÇÃO DE INGREDIENTES
PREBIÓTICOS”**

Dissertação de mestrado apresentada
à Faculdade de Engenharia de
Alimentos da UNICAMP como
parte dos requisitos exigidos para a
obtenção do título de Mestra em
Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Prof^ª. Dr^ª. Marise Aparecida Rodrigues Pollonio
Co-orientador: Prof^ª. Dr^ª. Rosiane Lopes da Cunha

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA DISSERTAÇÃO
DEFENDIDA PELA ALUNA MÁRIA HERMINIA FERRARI FELISBERTO E
ORIENTADA PELA PROF.^ª DR^ª. MARISE APARECIDA RODRIGUES POLLONIO

Campinas
2014

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Faculdade de Engenharia de Alimentos
Claudia Aparecida Romano de Souza - CRB 8/5816

F335r Felisberto, Mária Herminia Ferrari, 1986-
Redução de sal e gordura em emulsões cárneas : efeito da adição de ingredientes prebióticos / Mária Herminia Ferrari Felisberto. – Campinas, SP : [s.n.], 2014.

Orientador: Marise Aparecida Rodrigues Pollonio.
Coorientador: Rosiane Lopes da Cunha.
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos.

1. Emulsões. 2. Fibras. 3. Prebióticos. 4. Gelificação. 5. Propriedades reológicas. I. Pollonio, Marise Aparecida Rodrigues. II. Cunha, Rosiane Lopes da. III. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos. IV. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Reduction of salt and fat in meat emulsions : effect of added prebiotic fibers

Palavras-chave em inglês:

Emulsions

Fibers

Prebiotics

Gelling

Rheological properties

Área de concentração: Tecnologia de Alimentos

Titulação: Mestra em Tecnologia de Alimentos

Banca examinadora:

Marise Aparecida Rodrigues Pollonio [Orientador]

Ana Lúcia da Silva Correa Lemos

Carolina Siqueira Franco Picone

Data de defesa: 09-04-2014

Programa de Pós-Graduação: Tecnologia de Alimentos

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a. Dr.^a. Marise Aparecida Rodrigues Pollonio
(ORIENTADORA) – DTA/FEA/UNICAMP

Prof.^a. Dr.^a. Ana Lúcia da Silva Correa Lemos
(MEMBRO) – ITAL/CTC

Prof.^a. Dr.^a. Carolina Siqueira Franco Picone
(MEMBRO) – POS DOC – DEA/FEA/UNICAMP

Prof.^a. Dr.^a. Caroline Joy Steel
(SUPLENTE) – DTA/FEA/UNICAMP

Prof.^a. Dr.^a. Andrea Carla da Silva Barretto
(SUPLENTE) – IBILCE/UNESP

RESUMO GERAL

A correlação entre dieta e saúde tem levado muitos setores da indústria de alimentos a reformularem seus produtos, com apelos mais saudáveis que possam resultar em reais benefícios para o consumidor. A elevada ingestão de sódio e de gordura está diretamente correlacionada com elevada propensão à hipertensão e doenças cardiovasculares, e os produtos cárneos, especialmente os produtos emulsionados, caracterizam-se por apresentarem elevados teores destes ingredientes em sua composição. A redução do sal, gordura e incorporação de fibras, figuram como as principais reformulações estratégicas para que o segmento ganhe competitividade e conquiste o mercado consumidor. O presente trabalho teve por objetivo avaliar as propriedades físico-químicas, tecnológicas e reológicas de um produto cárneo emulsionado, com redução simultânea de 50 % dos teores de sal e gordura, utilizando-se quatro fibras prebióticas (inulina, fruto-oligossacarídeo - FOS, amido resistente e polidextrose) em dois níveis (3 e 6 %). Com relação às propriedades tecnológicas, a adição das fibras prebióticas promoveu a formação de um produto menos estável, com elevada perda de líquido após o cozimento, principalmente nas formulações adicionadas de inulina e polidextrose. A adição das fibras prebióticas também promoveu alterações significativas com relação aos parâmetros instrumentais de textura, com redução dos índices de dureza. Os parâmetros de coloração do *batter* apresentaram diferenças significativas com relação ao índice de luminosidade (L^*) e de vermelho (a^*). Com relação às propriedades reológicas, os ensaios oscilatórios caracterizaram o material como elástico, uma vez que os módulos de G' mantiveram-se superiores aos de G'' durante todo o ensaio de temperatura. Na avaliação da textura da emulsão crua (*batter*), as formulações adicionadas de FOS apresentaram os maiores valores para a força de penetração, devido provavelmente ao reduzido tamanho de cadeia desta molécula. Já nas mortadelas (produto cozido), os maiores valores para força de compressão foram observados para as formulações controle FC1, FC2 e FC3, pois a simultânea redução do sal e da gordura (F1) promoveu redução significativa na força de compressão. A avaliação das microestruturas confirma estes resultados evidenciando formulações controle com uma estrutura bastante compacta e densa, e as formulações adicionadas das fibras prebióticas apresentando uma rede bem menos densa e bastante porosa. Os resultados obtidos no presente estudo demonstram que a redução dos teores de gordura e de NaCl, com a simultânea adição de

fibras prebióticas pode ser viável, sob o ponto de vista tecnológico, desde que se utilize algum ingrediente capaz de amenizar os efeitos causados na matriz, como por exemplo, a menor capacidade de retenção de água, elevada exsudação de líquido e formação de uma estrutura bastante porosa.

Palavras-chave: Estabilidade de emulsão, Fibras prebióticas, Gelificação, Propriedades reológicas.

ABSTRACT

The correlation between diet and health has led many sectors of the food industry to reformulate their products with healthier appeals that could result in real benefits for the consumer. A high intake of sodium and fat is directly related to higher propensity to hypertension and cardiovascular disease, and the meat products, especially the emulsified products are characterized by high levels of these ingredients on its composition. The reduction of salt, fat and incorporation of fibers is considered as the major strategic reformulations for the segment becomes competitive and earn the consumer market. The aimed of this study was to evaluate the physicochemical, technological and rheological properties of meat emulsions with 50 % of reduction of salt and fat simultaneously, and the addition of four different prebiotic fibers (inulin, fructooligosaccharides - FOS, polydextrose and resistant starch) in two levels (3 and 6 %). Concerning to the technological properties, the addition of prebiotic fibers promoted the formation of a less stable product with a high fluid loss after cooking, especially in formulations added of inulin and polydextrose. The addition of prebiotic fibers also promoted significant changes on texture parameters, resulting in lower hardness values. The color parameters of batters showed significant differences from the luminosity (L^*) and redness (a^*) values. Concerning to the rheological properties, the oscillatory measurements characterized the material as elastic, due the modules G' remained higher than G'' for the whole test temperature. In respect to texture parameters on the batters (raw emulsion), formulations added of FOS presented the greatest values for the penetration force, probably due to the small size of this molecule chain. On the bologna (cooked emulsion) higher values for compressive strength were observed for the control formulations FC1, FC2 and FC3, despite simultaneous reduction of salt and fat (F1) have promoted significant reduction on the compressive strength. Evaluation of microstructures confirm these results showing control formulations with a very compact and dense structure, and added formulations of prebiotic fibers presenting a much less dense and highly porous network. The results from this study demonstrate that the reduction of fat and NaCl, with the simultaneous addition of prebiotic fibers is feasible under the technological point of view. But, it is necessary to use an ingredient able of mitigate the effects on the matrix, for example less water holding

capacity, high exsudation of liquid after cooking and the formation of highly porous network.

Keywords: Emulsion stability, Gelling, Prebiotic fibers, Rheological properties.

SUMÁRIO

RESUMO GERAL	vii
ABSTRACT	ix
SUMÁRIO.....	xi
LISTA DE FIGURAS	xvii
LISTA DE TABELAS	xix
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. Objetivos	4
2.1. Objetivos gerais.....	4
2.2. Objetivos específicos.....	4
3. Organização.....	5
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	5
- Capítulo 1 - FIBRAS PREBIÓTICAS E OS DESAFIOS TECNOLÓGICOS NA REFORMULAÇÃO DE PRODUTOS CÁRNEOS	9
1. Introdução.....	11
2. Redução de sal em produtos cárneos emulsionados.....	13
3. Redução de gordura em produtos cárneos emulsionados.....	15
4. Ingredientes funcionais como substitutos de gordura	17
4.1. Inulina e fruto-oligossacarídeo (FOS)	19
4.2. Polidextrose (PD)	23
4.3. Amido resistente.....	26
5. Propriedades reológicas de produtos cárneos.....	29
6. Referências Bibliográficas	32
- Capítulo 2 - AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DE EMULSÕES CÁRNEAS ADICIONADAS DE FIBRAS PREBIÓTICAS	41
RESUMO	43
1. INTRODUÇÃO.....	45
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	49
2.1. Descrição dos materiais:.....	49
2.2. Planejamento experimental	50
2.3. Processamento dos <i>batters</i> cárneos	50
2.4. Análises físico-químicas e físicas.....	52
2.4.1. Determinação do pH.....	52
2.4.2. Determinação da umidade	52
2.4.3. Determinação do teor de sódio	52

2.4.4.	Determinação do teor de gordura	53
2.4.5.	Teste de estabilidade da emulsão.....	53
2.4.6.	Análise do perfil de textura (TPA)	53
2.4.7.	Determinação da cor.....	55
2.5.	Análise estatística	55
3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	55
3.1.	pH, umidade, teor de sódio e de gordura.....	55
3.2.	Estabilidade da emulsão	57
3.3.	Perfil instrumental de textura (TPA)	61
3.4.	Cor instrumental	63
4.	CONCLUSÃO.....	69
5.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70
- Capítulo 3 -	PROPRIEDADES REOLÓGICAS DE EMULSÕES CÁRNEAS ADICIONADAS DE FIBRAS PREBIÓTICAS	75
	RESUMO	77
1.	INTRODUÇÃO.....	79
2.	MATERIAL E MÉTODOS.....	81
2.1.	Descrição dos materiais.....	81
2.2.	Planejamento experimental	82
2.3.	Processamento dos <i>batters</i> cárneos	82
2.4.	Análises físicas	84
2.4.1.	Propriedades reológicas.....	84
2.4.2.	Textura instrumental.....	85
2.4.3.	Capacidade de retenção de água do produto	86
2.4.4.	Microscopia eletrônica de varredura (mev).....	87
2.5.	Análise estatística	87
3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	87
3.1.	Propriedades reológicas das emulsões, antes do processamento térmico.	87
3.2.	Propriedades viscoelásticas em função da temperatura.	89
3.3.	Textura instrumental.....	97
3.4.	Capacidade de retenção de água (cra)	101
3.5.	Microscopia eletrônica de varredura (MEV).....	103
4.	CONCLUSÃO.....	109
5.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	110
	CONCLUSÃO GERAL	115

*O que me assusta
não é a violência de poucos,
mas a omissão de muitos.
Temos aprendido
a voar como os pássaros,
a nadar como os peixes,
mas não aprendemos a sensível arte
de viver como irmãos.*

Martin Luther King

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por ter me dado força de seguir sempre em frente e chegar até aqui. Obrigada por mais esta conquista!

À minha “pãe”, Vera Lúcia Ferrari, que é mãe e pai ao mesmo tempo, e de tudo fez para que eu seguisse sempre em frente na minha caminhada. Muito obrigada pelo apoio financeiro, pelas palavras de carinho e pela atenção de sempre! Ao meu amigo, anjo da guarda e irmão, Mario Antonio Ferrari Felisberto, que mesmo distante, sempre esteve tão perto e presente em todos os meus passos! Às minhas peruas lindas, Tia Zezé e Vovó Angélica, pela ajuda financeira, emocional e por todas as orações e palavras de conforto. Muito obrigada pelo carinho, dedicação e confiança que todos vocês depositaram em mim. Sem vocês, eu nada seria...!!!

Um agradecimento mais que merecido à professora Dr^a Marise Pollonio, por viabilizar a realização desta pesquisa, por compartilhar seus conhecimentos, incentivar e acreditar no meu trabalho. Muito obrigada pela orientação, disponibilidade, atenção e confiança.

Tenho muito para agradecer também à professora Dr^a Rosiane Lopes da Cunha pelo apoio, amizade, empenho, palavras sábias e por ter aguçado mais ainda meu interesse pela pesquisa.

Gostaria de agradecer à banca avaliadora, professoras Dr^a Caroline Joy Steel, Dr^a Carolina Picone, Dr^a Andrea Barretto e Dr^a Ana Lúcia Lemos, por todos os comentários e observações pertinentes que só acrescentaram ao trabalho e ao meu crescimento profissional.

Ao meu namorado, Moysés Naves de Moraes, por ter estado sempre ao meu lado durante todo esse tempo, nas horas boas e de trabalho, me incentivando a nunca deixar a peteca cair. Obrigada pela paciência, carinho e pelos momentos de descontração. Muito obrigada pelo apoio em todos os momentos Paixão!!!

Ao professor Pedro de Felício, pela oportunidade, confiança, pelos ensinamentos e pelo exemplo na academia brasileira. Muito obrigada por despertar e incentivar ainda mais meu caminho na carreira acadêmica, pelo prazer de compartilhar o pouco que sabemos.

Obrigada a todos os professores do DTA, pela disponibilidade e atenção de sempre. Aos secretários, Marlene, Tânia e Léo, pela atenção, disponibilidade e gentileza de sempre.

Muito obrigada aos colegas de laboratório, Teresa, Vanessa, Bibiana, Claudia, Leandro, Camila, Vitor e Thaísa, pelas risadas, descontração e pelos cafezinhos de sempre. Agradeço de coração ao técnico Zé Roberto pela paciência, zelo e disponibilidade. Por sempre me ensinar e explicar o uso dos equipamentos e a realização das análises. E por sempre conectar a tomada do cutter. Às estagiárias, Mariana Bueno, Mariane Pimenta e Fernanda Hayakawa, pelas várias horas trabalhadas sempre com um largo sorriso no rosto :) !

Um muito obrigado em especial à Teresinha, por sempre compartilhar seu conhecimento comigo, tanto nas disciplinas quanto nos projetos. Obrigada pela paciência, pelos conselhos e pela amizade sincera. Muito obrigada pelo apoio, pelas palavras de conforto e pela força de sempre!

Aos amigos que em Campinas fiz pelos maravilhosos momentos de descontração, e aos velhos amigos, que mesmo à distância sempre estiveram na torcida, Ana Carol Petrucci, Djalma Adão Barbosa, Tatiana Paiva, Sílvia Agibert, Gerson Luiz, Renata Caroline (baiana), Milhão, Robledinho,

À Kazumi e ao Sebastian não só pelo apoio, carinho e amizade, mas também pela mão na massa, e pelos cafezinhos, sempre que necessário!

À FAPESP, CNPQ E CAPES pelo apoio financeiro. À UNICAMP, em especial ao Departamento de Tecnologia de Alimentos/FEA e seus funcionários, por permitirem a realização desta pesquisa, e por me acolherem tão bem.

Muito Obrigada!!!

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Moléculas de Inulina (n = 2 - 60) e FOS (n = 2 - 20).	20
Figura 1.2 - Representação estrutural da polidextrose.....	23
Figura 2.1 – Curva típica da deformação obtida da análise por TPA em alimentos sólidos ou .semissólidos	54
Figura 2.2 – Ilustração comparativa do teor de líquido exsudado pelas formulações adicionadas das diferentes fibras prebióticas (*).	58
Figura 2.3 - Amostras comparativas dos <i>batters</i> contendo as diferentes fibras prebióticas em dois níveis de adição.	64
Figura 3.1 - Representação do ensaio de penetração.	85
Figura 3.2 - Representação do ensaio de compressão.	85
Figura 3.3 – Ilustração da metodologia utilizada para cálculo da CRA das formulações avaliadas.....	86
Figura 3.4 - Varredura de frequência para formulações avaliadas, à temperatura de 7 °C e deformação de 1 %.	88
Figura 3.5 - Variação do módulo elástico (G') das amostras.	90
Figura 3.6 – Variação do módulo de armazenamento (G) das amostras durante o resfriamento.	93
Figura 3.7 - Microscopia eletrônica de varredura, com aumento de 500X, dos <i>batters</i> formulados com redução dos teores de cloreto de sódio (NaCl) e/ou de gordura (gdr).	104
Figura 3.8 - Microscopia eletrônica de varredura, com aumento de 500X, dos <i>batters</i> formulados com redução dos teores de cloreto de sódio (NaCl), gordura (gdr) e adicionados de fibras prebióticas	106
Figura 3.9 - Microscopia eletrônica de varredura, com aumento de 500X, dos <i>batters</i> formulados com redução dos teores de cloreto de sódio (NaCl), gordura (gdr) e adicionados de fibras prebióticas.....	107

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Formulações dos <i>batters</i> cárneos adicionados de fibras prebióticas com redução de sal e gordura.	51
Tabela 2.2 – Características físico-químicas das formulações de mortadelas avaliadas.....	56
Tabela 2.3 - Porcentagem de líquido liberado após o cozimento dos <i>batters</i> elaborados com adição de fibras prebióticas e redução de NaCl e de gordura.	59
Tabela 2.4 - Perfil instrumental de textura das mortadelas (adesividade, Ades; elasticidade, Elas; dureza, Dur; coesividade, Coes; mastigabilidade, Mast).*	61
Tabela 2.5 - Efeito da redução dos teores de gordura e NaCl nas emulsões cárneas adicionadas de diferentes fibras prebióticas, sobre a cor do produto cru (<i>batter</i>).	65
Tabela 2.6 - Efeito da redução dos teores de gordura e NaCl nas emulsões cárneas adicionadas de diferentes fibras prebióticas, sobre a cor do produto cozido (mortadela).	66
Tabela 3.1 - Formulações dos <i>batters</i> cárneos adicionados de fibras prebióticas com redução de sal e gordura.	83
Tabela 3.2 - Valores dos módulos de armazenamento (G') e de perda (G'') das formulações avaliadas, após a estabilização da rede formada (ao final do resfriamento).	94
Tabela 3.3 - Temperaturas de gelificação das diferentes formulações, obtidas durante o aquecimento*.	96
Tabela 3.4 - Força de compressão das mortadelas e força de penetração dos <i>batters</i> , com reduzidos teores de sódio e de gordura, e adicionadas das fibras prebióticas.	97
Tabela 3.5 - Valores médios ($\pm$ desvio padrão) da capacidade de retenção de água (CRA) das mortadelas formuladas com redução dos teores de gordura e de NaCl, e adicionadas de fibras*.	102

1. INTRODUÇÃO GERAL

A carne e os produtos cárneos são geralmente reconhecidos como boas fontes de proteínas de alto valor biológico, vitaminas do grupo B, minerais e oligoelementos, bem como de alguns compostos bioativos. No entanto, sua imagem para os consumidores tem-se apresentado relativamente negativa, devido à elevada incidência de doenças prevalentes nas sociedades ocidentais, como doenças cardiovasculares, câncer e obesidade, que estão associadas com o consumo elevado de sódio e de gordura, presentes em elevados teores, nos produtos cárneos de modo geral (TOLDRA e REIG, 2011).

Como qualquer outro alimento, a carne e os produtos cárneos contêm ingredientes que em determinadas circunstâncias ou em proporções inadequadas podem apresentar um efeito negativo sobre a saúde humana. Alguns destes são constituintes presentes no animal vivo, como por exemplo, a gordura, o colesterol ou resíduos de poluição ambiental. Outros são adicionados ao produto durante o processamento por razões tecnológicas, microbiológicas ou sensoriais (sal, nitrito, fosfato, etc.). Há ainda um terceiro grupo, que pode ser produzido durante o processamento, que inclui os contaminantes de desinfetantes ou detergentes e compostos tóxicos, formados durante o cozimento. Existem também aqueles que se desenvolvem no armazenamento, como algumas bactérias patogênicas e os produtos da oxidação de lipídios (JIMENEZ-COLMENERO, CARBALLO e COFRADES, 2001).

As recentes inovações na indústria da carne são dirigidas para a produção de produtos cárneos mais saudáveis, e as estratégias são baseadas na redução de qualquer teor das substâncias prejudiciais, ou na melhora do teor das substâncias benéficas, como antioxidantes naturais, substâncias prebióticas, entre outros. A população tem estado cada vez mais consciente da saúde em suas escolhas alimentares, e por isso há interesse na redução da ingestão dos teores de sódio e de gordura.

O consumo de sódio na dieta tem sido associado à hipertensão e, consequentemente, a um maior risco da ocorrência de doenças cardiovasculares. Os níveis de ingestão de sódio diários estão cerca de três vezes maiores do que o recomendado e, portanto, os órgãos de saúde pública e as autoridades reguladoras estão recomendando a ingestão de apenas 2,4 g por dia, o que corresponde a 5,0 g de sal diários (RUUSUNEN e PUOLANNE, 2005; DESMOND, 2006; WHO, 2006).

Há muito interesse na redução dos teores de sódio e de gordura na dieta humana, devido à elevada tendência à hipertensão e doenças cardiovasculares, cujo risco é aumentado pelo seu consumo em excesso (JIMENEZ-COLMENERO, CARBALLO e COFRADES, 2001). A categoria dos embutidos cárneos emulsionados é destacada por apresentar um dos maiores teores de gordura (de 12 % nos apesuntados até 30 – 35 % nos embutido, como linguiças, salsichas e mortadelas) e de sódio (de 700mg/100g em hambúrguer bovino até 1300mg/100g em mortadelas) (BRASIL, 2012a) dentre todos os tipos de produtos cárneos, fazendo-se necessária sua redução para permitir a inserção de apelos mais saudáveis de consumo e com isso contribuírem para a evolução da indústria cárnea, já que os embutidos permitem uma significativa agregação de valor à matéria-prima.

Todavia, a redução tanto de gordura quanto de sódio é difícil de ser realizada devido à influência que exercem sobre a qualidade tecnológica e sensorial dos produtos cárneos. A gordura é necessária para o desenvolvimento satisfatório das propriedades relacionadas à textura, suculência e ao sabor (TOBIN et al., 2012). Já o sal, na forma de cloreto de sódio, é considerado essencial para uma agradável percepção sensorial, além de exercer influência sobre a textura do produto devido à extração das proteínas miofibrilares (MATULIS, MCKEITH e BREWER, 1994; RUUSUNEN e PUOLANNE, 2005). Como alternativa para a redução do nível de sal utilizado nos produtos cárneos, há uma série de abordagens para reduzir o teor de sódio adicionado nos alimentos processados, incluindo a utilização de sais substitutos, em particular o cloreto de potássio (KCl), realçadores de sabor, e também a otimização da forma física do cristal de sal utilizado (DESMOND, 2006).

Apesar de a gordura ser um importante ingrediente para promover a textura, sabor e a suculência nos produtos cárneos, ela é um ingrediente altamente calórico (YOUSSEF e BARBUT, 2011). Um dos maiores problemas em reduzir seu teor nas formulações de produtos finamente cominuados é, por exemplo, o aumento na dureza, e consequentemente a redução na aceitação pelos consumidores. Quando as formulações substituem a gordura por água, em teores iguais, a textura torna-se mais macia (RUUSUNEN et al., 2003). Alguns ingredientes capazes de reter água podem ser adicionados para evitar a perda de água durante o cozimento, bem como o encolhimento do produto.

Uma grande variedade de ingredientes não cárneos, como os hidrocolóides e as fibras, está sendo utilizada como extensores em produtos cárneos emulsionados, melhorando as propriedades tecnológicas dos produtos e os custos da formulação, além de contribuir também com a aparência, palatabilidade e a textura do produto final (MITTAL e USBORNE, 1986). A indústria cárnea tem introduzido algumas mudanças para melhorar o perfil nutricional dos produtos (TOLDRA e REIG, 2011). A adição de alguns ingredientes funcionais tem-se demonstrado uma alternativa estratégica recentemente, como por exemplo, a adição de óleo de peixe, fonte de ômega-3 (CÁCERES, GARCÍA e SELGAS, 2008), adição de óleos vegetais (BLOUKAS e PANERAS, 1993; CHOI, Y. S. et al., 2009; ALVAREZ et al., 2012; NOVELLO e POLLONIO, 2013), bem como a adição de fibras de diferentes fontes (VURAL, JAVIDIPOUR e OZBAS, 2004; SANTOS et al., 2012; CAMPAGNOL et al., 2013). A adição de fibras em produtos cárneos promove a incorporação de fibras alimentares, que são resistentes à digestão e absorção pelo intestino delgado, sem que agreguem no produto efeitos adversos perceptíveis que degradem a qualidade sensorial.

Por definição, um alimento pode ser classificado como funcional quando ele contiver um componente que traga benefícios a um determinado número de funções no organismo, de maneira seletiva, mas relevante para o bem-estar, para a saúde e para a redução do risco de doenças. Este ingrediente funcional pode ser um macronutriente, caso apresente efeitos fisiológicos específicos (amido resistente, por exemplo), ou um micronutriente essencial. Pode ser também um componente, que embora tenha valor nutritivo, não é essencial, como alguns oligossacarídeos, ou até mesmo que não tenha valor nutricional. O importante é que forneça ao consumidor uma dieta capaz de modular as funções do corpo, reduzindo o risco de algumas doenças (ROBERFROID, MARCEL B., 2000).

Algumas fibras insolúveis, como os farelos, têm sido utilizados em produtos de panificação, cereais matinais e massas, mas sua palatabilidade é limitada pelo nível de adição nos diferentes sistemas. As fibras solúveis têm sido de maior interesse na formulação de produtos “mais saudáveis” por serem mais palatáveis. Além disso, algumas podem ser utilizadas para aumentar a viscosidade de soluções (MURPHY, 2001). As fibras solúveis não são digeríveis pela α -amilase nem pelas enzimas hidrolíticas, e assim, seus

componentes não são absorvidos pelo organismo, e acabam fornecendo substrato para as bactérias intestinais (SAAD, 2006).

A utilização de fibras solúveis permite o aumento do valor nutricional do produto, não só pelo aumento do teor de fibras, mas também pela redução calórica e não alteração das características tradicionais do produto. A inulina, por exemplo, apresenta gosto neutro, é incolor. Os fruto-oligossacarídeos (FOS) também não interferem nas propriedades organolépticas dos produtos, e como sua solubilidade é próxima a da sacarose, ele pode ser usado em bebidas lácteas, balas, doces, sobremesas e gelatinas. A polidextrose também é inodora, de coloração branca e praticamente não possui poder adoçante. Sua elevada solubilidade em água (80 % a 20 °C) permite a formação de soluções com viscosidade significativa, de modo que ela fornece melhores qualidades de textura em substituição ao açúcar ou a gordura. E o amido resistente também pode ser facilmente incorporado em produtos alimentícios devido sua estrutura em micropartículas, de modo que não altera a textura, nem a aparência do produto final. (BURDOCK e FLAMM, 1999; NINESS, 1999; MURPHY, 2001; SAJILATA, SINGHAL e KULKARNI, 2006).

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVOS GERAIS

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da redução dos teores de gordura e de sódio (cloreto de sódio), bem como a adição de fibras prebióticas, sobre as propriedades reológicas e tecnológicas de em um sistema cárneo emulsionado, simulando mortadela.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar o efeito da adição de diferentes fibras prebióticas em produtos cárneos emulsionados com reduzidos teores de sódio e de gordura;
- Avaliar as propriedades tecnológicas dos *batters* cárneos com redução do teor de sódio e de gordura, e adicionados de fibras prebióticas, em função de suas propriedades físico-químicas;

- Avaliar os efeitos da adição de fibras prebióticas em *batters* cárneos com redução dos teores de sódio e gordura, sobre suas propriedades reológicas e estruturais.

3. ORGANIZAÇÃO

O presente trabalho está apresentado na forma de artigos, os quais estão sendo colocados nas normas de revistas científicas específicas da área, para submissão.

O primeiro capítulo apresenta uma breve revisão bibliográfica sobre as fibras selecionadas para o estudo: inulina, fruto-oligossacarídeos (FOS), amido resistente e a polidextrose, através da apresentação de suas características estruturais, funcionais e algumas aplicações. A popularidade destas fibras prebióticas tem aumentado nos últimos anos devido principalmente às suas características fisiológicas e funcionais.

O segundo capítulo abrange um estudo sobre o efeito da adição destas fibras prebióticas em uma matriz cárnea emulsionada, com reduzido teor de gordura e de sódio, sobre as propriedades tecnológicas, como a estabilidade da emulsão formada, perfil de textura e avaliação da cor.

O terceiro capítulo abordará as propriedades reológicas e a avaliação estrutural das matrizes destas emulsões cárneas com reduzido teor de sódio e de gordura, e adicionadas das diferentes fibras prebióticas.

O desenvolvimento de novos produtos adicionados destas fibras tem sido amplamente realizado, entretanto, o conhecimento do comportamento de um sistema quando submetido à reformulação e adição deste ingrediente, ainda não foi suficientemente explorado.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ, D.; XIONG, Y. L.; CASTILLO, M.; PAYNE, F. A.; GARRIDO, M. D. Textural and viscoelastic properties of pork frankfurters containing canola-olive oils, rice bran, and walnut. **Meat Science**, v. 92, n. 1, p. 8-15, 2012.

BLOUKAS, J. G.; PANERAS, E. D. Substituting olive oil for pork backfat affects quality of low-fat frankfurters. **Journal of Food Science**, v. 58, n. 4, p. 705-709, 1993.

BRASIL. **Teor de sódio dos alimentos processados. Informe técnico nº 50.** ANVISA, A. N. D. V. S.-. Brasil: 27 p. 2012a.

BURDOCK, G. A.; FLAMM, W. G. A review of the studies of the safety of polydextrose in food. **Food and Chemical Toxicology**, v. 37, n. 2-3, p. 233-264, 1999.

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

CAMPAGNOL, P. C. B.; DOS SANTOS, B. A.; WAGNER, R.; TERRA, N. N.; POLLONIO, M. A. R. The Effect of Soy Fiber Addition on the Quality of Fermented Sausages at Low-Fat Content. **Journal of Food Quality**, v. 36, n. 1, p. 41-50, 2013.

CHOI, Y. S.; CHOI, J.-H.; HAN, D.-J.; KIM, H.-Y.; LEE, M.-A.; KIM, H.-W.; JEONG, J.-Y.; KIM, C.-J. Characteristics of low-fat meat emulsion systems with pork fat replaced by vegetable oils and rice bran fiber. **Meat Science**, v. 82, n. 2, p. 266-271, 2009.

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

JIMENEZ-COLMENERO, F.; CARBALLO, J.; COFRADES, S. Healthier meat and meat products: their role as functional foods. **Meat Science**, v. 59, n. 1, p. 5-13, 2001.

MATULIS, R. J.; MCKEITH, F. K.; BREWER, M. S. Physical and sensory characteristics of commercially available frankfurters. **Journal of Food Quality**, v. 17, n. 4, p. 263-271, 1994.

MITTAL, G. S.; USBORNE, W. R. Meat emulsion functionality related to fat-protein ratio and selected dairy and cereal products. **Meat Science**, v. 18, n. 1, p. 1-21, 1986.

MURPHY, O. Non-polyol low-digestible carbohydrates: food applications and functional benefits. **British Journal of Nutrition**, v. 85, p. S47-S53, 2001.

NINESS, K. R. Inulin and oligofructose: What are they? **Journal of Nutrition**, v. 129, n. 7, p. 1402s-1406s, 1999.

NOVELLO, D.; POLLONIO, M. A. R. Teores de colesterol e oxidação lipídica em hambúrguer bovino com adição de linhaça dourada e derivados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, p. 805-808, 2013.

ROBERFROID, M. B. Concepts and strategy of functional food science: the European perspective. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 71, p. 1660S - 1664S, 2000.

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

RUUSUNEN, M.; VAINIONPÄÄ, J.; PUOLANNE, E.; LYLÄ, M.; LÄHTEENMÄKI, L.; NIEMISTÖ, M.; AHVENAINEN, R. Effect of sodium citrate, carboxymethyl cellulose and

carrageenan levels on quality characteristics of low-salt and low-fat bologna type sausages. **Meat Science**, v. 64, n. 4, p. 371-381, 2003.

SAAD, S. M. I. Probióticos e prebióticos: o estado da arte. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 42, n. 1, p. 1-16, 2006.

SAJILATA, M. G.; SINGHAL, R. S.; KULKARNI, P. R. Resistant Starch—A Review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 5, n. 1, p. 1-17, 2006.

SANTOS, B. A. D.; CAMPAGNOL, P. C. B.; PACHECO, M. T. B.; POLLONIO, M. A. R. Fructooligosaccharides as a fat replacer in fermented cooked sausages. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 47, n. 6, p. 1183-1192, 2012.

TOBIN, B. D.; O'SULLIVAN, M. G.; HAMILL, R. M.; KERRY, J. P. Effect of varying salt and fat levels on the sensory quality of beef patties. **Meat Science**, v. 91, n. 4, p. 460-465, 2012.

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

VURAL, H.; JAVIDIPOUR, I.; OZBAS, O. O. Effects of interesterified vegetable oils and sugarbeet fiber on the quality of frankfurters. **Meat Science**, v. 67, n. 1, p. 65-72, 2004.

WHO, W. H. O.-. **Reducing salt intake in populations. Report of a WHO Forum and technical meeting**. Paris, France: World Health Organization: 5-7 p. 2006.

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

- CAPÍTULO 1 -

***FIBRAS PREBIÓTICAS E OS DESAFIOS TECNOLÓGICOS NA
REFORMULAÇÃO DE PRODUTOS CÁRNEOS***

1. INTRODUÇÃO

O aumento da relação entre dieta e saúde despertou nos consumidores maior atenção na escolha dos alimentos, acarretando em mudanças nos hábitos alimentares. Existe muito interesse na redução dos teores de sódio na dieta humana, devido à elevada propensão à hipertensão e doenças cardiovasculares, acarretados pelo seu consumo em excesso (MCGOUGH et al., 2012). Em alguns países mais desenvolvidos, onde as condições socioeconômicas são favoráveis, os consumidores demandam por produtos com reduzidos teores de gordura, sódio, cafeína ou colesterol (COLMENERO et al., 1996).

A carne e os produtos cárneos são boa fonte de proteínas de alto valor biológico (contendo aminoácidos essenciais), vitaminas do grupo B, minerais e alguns compostos bioativos. Entretanto, os consumidores têm uma imagem negativa deste tipo de produto, devido a seu elevado conteúdo de gorduras, ácidos graxos saturados, colesterol, sódio, entre outras substâncias que estejam envolvidas no desenvolvimento de doenças cardiovasculares, diabetes e câncer. Pesquisas têm relacionado seu consumo como uma das causas que aumentam os riscos de doenças crônicas como obesidade, câncer e acidente vascular cerebral. Por isso, a indústria cárnea tem adotado várias estratégias nos últimos anos, com o objetivo de melhorar as propriedades nutricionais através da redução do teor das substâncias indesejáveis, promovendo a presença de outras, que sejam mais saudáveis (WEISS et al., 2010; TOLDRA e REIG, 2011).

O Ministério da Saúde assinou um acordo para a redução do teor de sódio nos alimentos industrializados que prevê a redução deste ingrediente nos laticínios, embutidos e refeições prontas. A meta é de reduzir o teor de sódio em até 68% nos próximos quatro anos (BRASIL, 2012b). Assim, expandiu-se no mercado uma nova categoria de produtos, com reduzido teor de sódio e de gordura, e que são adicionados de valor nutricional. Entretanto, suas características sensoriais e de textura continuam sendo de grande interesse do consumidor e na sua satisfação com o produto, e por isso devem ser o mais próximo possível do produto tradicional (TUORILA e MONTELEONE, 2009).

O desenvolvimento de produtos com reduzido teor de gordura e de sódio requer modificações na composição e natureza dos ingredientes adicionados, afetando assim os atributos de qualidade, cor, sabor, textura e propriedades de ligação das proteínas. Uma vez que a gordura é uma parte crítica para o desenvolvimento do sabor e das propriedades de

textura (VENTANAS, PUOLANNE e TUORILA, 2010), sua redução não é apenas uma questão de diminuir a quantidade de gordura utilizada na formulação, pois depende de fatores como: teor de gordura desejado no produto final, natureza do produto a ser reformulado e o tipo de processamento ao qual será submetido (COLMENERO et al., 1996). Por isso, bastante atenção deve ser dada a este ingrediente. Com relação ao sal, uma vez que ele também desempenha funções muito importantes nos produtos cárneos processados, contribuindo com a qualidade e a segurança alimentar, sua redução acarreta em um efeito adverso sobre a ligação da água com a gordura, prejudicando a textura e aumentando a perda por cozimento (GIRARD et al., 1990).

Algumas estratégias devem ser adotadas para a obtenção de produtos cárneos mais saudáveis, dentre elas, a incorporação de ingredientes funcionais têm recebido destaque atualmente. Ela pode ser utilizada através da incorporação de substâncias funcionais na alimentação do animal, para que se acumulem na carne do animal, como ômega – 3, ácidos graxos insaturados, selênio ou vitamina E. Ou então, aditivos não cárneos podem ser adicionados na formulação, reduzindo os custos e aumentando a funcionalidade dos produtos. Dentre eles, encontram-se as proteínas vegetais, fibras alimentícias, ervas e especiarias, além dos probióticos, que além de aumentarem o valor nutricional promovem benefícios à saúde humana (ZHANG et al., 2010; TOLDRA e REIG, 2011).

A classe de alimentos chamados “alimentos funcionais”, começou a se desenvolver na década de 90, no Japão (TUNGLAND e MEYER, 2002). Tais alimentos contêm compostos com efeitos fisiológicos benéficos ou que são desprovidos de componentes que, dependendo do teor de ingestão, podem ter impacto negativo sobre a saúde do consumidor. Há três requisitos básicos para que um alimento seja considerado funcional. Ele deve ser derivado de um ingrediente de ocorrência natural, que possa ser consumido como uma parte da dieta diária, e que depois de ingerido regule algum processo específico no organismo humano, como o retardo do envelhecimento, a redução do risco de algumas doenças e o reforço no mecanismo de defesa biológica (JIMENEZ-COLMENERO, CARBALLO e COFRADES, 2001).

2. REDUÇÃO DE SAL EM PRODUTOS CÁRNEOS EMULSIONADOS

Produtos cárneos emulsionados são muito populares e consumidos tanto em nível doméstico como no mercado de alimentação rápida, representando um segmento de carnes industrializadas relevante na economia nacional. Apesar de serem fontes de proteínas, vitaminas e minerais, possuem elevados teores de sódio e de gordura, incluindo ácidos graxos saturados e colesterol (BETANHO, SHIMOKOMAKI e OLIVO, 1994; JIMENEZ-COLMENERO, CARBALLO e COFRADES, 2001).

O sódio adicionado em produtos cárneos é proveniente principalmente do cloreto de sódio e de outros ingredientes como os conservantes químicos que são adicionados às formulações dos produtos devido à sua importância tecnológica (NASCIMENTO, 2010).

O sal tem sido utilizado desde os tempos antigos para preservação de produtos cárneos e constitui-se num excelente realçador de sabor e aroma, além de ser o responsável pela textura característica dos produtos emulsionados, devido à extração das proteínas miofibrilares, que contribuem efetivamente para o aumento da capacidade de retenção de água, formação de gel e emulsão, bem como ligação de gordura na matriz cominuída e estabilizada após o cozimento. Assim, quanto maior a extração das proteínas miofibrilares, mais fácil é a incorporação de gordura nas massas, formando uma emulsão mais estável (TERRELL, 1983).

Entretanto, a ingestão de sódio excede as recomendações nutricionais em diversos países industrializados, e este excesso tem sido associado à hipertensão arterial. Uma grande porcentagem da população já possui predisposição hereditária para a hipertensão arterial, tendo uma incidência maior ainda devido ao excesso de peso e à alta ingestão de sódio. E deste modo, a alta pressão arterial, por sua vez, pode aumentar o risco de acidente vascular cerebral e morte prematura (JIMENEZ-COLMENERO, CARBALLO e COFRADES, 2001; RUUSUNEN et al., 2005).

Produtos cárneos reformulados estão sendo uma das novas tendências da indústria cárnea, como uma exigência do mercado consumidor por produtos mais saudáveis, o que proporciona a busca por formulações com baixo teor de sódio, reduzido teor de gordura ou até mesmo enriquecidos com fibras (DANIEL, 2006). Dentre as estratégias utilizadas para substituição do cloreto de sódio, há a aplicação de sais substitutos como o cloreto de potássio (KCl), cloreto de cálcio (CaCl₂), cloreto de magnésio (MgCl₂) e fosfatos, com ou

sem o uso de realçadores e mascaradores de sabor, bem como a modificação do tamanho do cristal de NaCl (COLMENERO, AYO e CARBALLO, 2005; COFRADES et al., 2011; HORITA et al., 2011).

Outra estratégia utilizada é a simples redução do teor de NaCl combinado ao uso de ervas e especiarias, e com aplicação de ingredientes extensores, que sejam capazes de compensar a redução da força iônica. Tais extensores, entretanto, têm seu uso amplamente relatado na literatura unicamente como substitutos de gordura (DANIEL, 2006; DESMOND, 2006; IGNÁCIO, 2011). Segundo Horita et al. (2011), é possível a redução do cloreto de sódio em mortadelas, com substituição parcial por cloreto de potássio e cloreto de cálcio, que representa também uma fonte de cálcio na dieta. Entretanto, para ser viável economicamente, é necessária a utilização conjunta com outros ingredientes extensores, capazes de se ligar à água e à gordura, aumentando a estabilidade da emulsão.

Entretanto, há algumas barreiras na substituição do cloreto de sódio utilizado nas formulações de produtos cárneos, que é o custo. Ele é um dos ingredientes mais baratos. Além do mais, os consumidores se acostumaram com o sabor que este promove nos alimentos, e por isso a redução dos seus teores é dificultada. Assim, há três abordagens que devem ser levadas em consideração na redução do teor de sal dos alimentos processados. Primeiramente, seria a utilização de agentes mascaradores de sabor, devido ao sabor amargo proveniente do sal substituto mais utilizado, que é o cloreto de potássio (KCl). Em segundo lugar, deve-se utilizar realçadores de sabor, que em combinação com o sal melhoram a percepção do gosto salgado pelo consumidor, permitindo menor adição do NaCl. E em terceiro lugar seria a otimização da forma física do sal, de modo que ele se torne mais biodisponível (DESMOND, 2006).

O desenvolvimento de produtos e os estudos sobre a redução de sal devem abordar os efeitos científicos que a redução pode apresentar sobre as funções tecnológicas como capacidade de retenção de água, ligação de gordura, propriedades sensoriais e de textura, além da estabilidade e vida de prateleira do produto final (DESMOND, 2006).

Várias pesquisas têm avaliado a possibilidade da redução dos teores de sódio das formulações de diferentes produtos cárneos. Barbut e Mittal (1989), são os pioneiros na área e começaram os estudos em *batters* cárneos de diferentes fontes (bovina, suína e de aves). Posteriormente, os estudos começaram a avaliar o produto propriamente dito, como

Crehan, Troy e Buckley (2000), com a aplicação conjunta de alta pressão e redução do teor de sódio em salsichas, ou então pela adição de diferentes tipos de fibras e utilização de sais substitutos (ANJANEYULU, SHARMA e KONDAIAH, 1989; COLMENERO, AYO e CARBALLO, 2005; RUUSUNEN et al., 2005; TOTOSAUS e PEREZ-CHABELA, 2009; VERMA, SHARMA e BANERJEE, 2010; HORITA et al., 2011; CAMPAGNOL, DOS SANTOS, TERRA, et al., 2012; FERRINI et al., 2012; GROSSI et al., 2012).

3. REDUÇÃO DE GORDURA EM PRODUTOS CÁRNEOS EMULSIONADOS

A gordura é um dos principais constituintes dos alimentos, influenciando principalmente as características sensoriais dos produtos cárneos, e por isso, considerada a parte crítica da matriz. Ela influencia tanto o sabor quanto as propriedades de textura e, contribui assim com a palatabilidade global do produto. Atua como um carreador dos compostos responsáveis pelo aroma, estimulando alguns sentidos durante a ingestão do alimento. Além disso, a quantidade, composição e seu estado físico são fatores determinantes para que ocorra uma liberação dinâmica dos componentes de sabor, durante o consumo (HORT e COOK, 2007; CIERACH, MODZELEWSKA-KAPITUŁA e SZACIŁO, 2009).

Pesquisas observaram que com a redução do teor de gordura em queijos duros e molhos de salada, maior foi a intensidade de percepção pelos consumidores, das sensações gustativas básicas, exceto da salinidade. Tal fato pode ser explicado pelas propriedades físico-químicas dos agentes aromatizantes, particularmente pela volatilidade e hidrofobicidade, bem como pela sua disposição na emulsão (interface fase aquosa/fase lipídica), ressaltando a necessidade de um maior equilíbrio de tais compostos, na reformulação de produtos, com a redução dos teores de gordura (SHAMIL, WYETH e KILCAST, 1991).

De modo geral, a redução da gordura em produtos cárneos pode ser obtida através de uma adequada seleção de cortes magros, redução do teor de gordura do animal (dieta alimentar), adição de ingredientes não cárneos (proteínas da soja e do leite, gomas, hidrocolóides, fécula ou fibras) que contribuam com as propriedades tecnológicas e

agreguem propriedades funcionais aos produtos cárneos (COLMENERO, 1996; GIBSON e RASTALL, 2006; NASCIMENTO, 2010).

Para alterar a composição de ácidos graxos, duas estratégias podem ser utilizadas: alteração genética e da alimentação, bem como a substituição parcial da gordura presente no produto por outra mais adequada às necessidades humanas, com menor teor de ácidos graxos saturados e maior teor de mono e poli-insaturados, como os óleos de peixe, canola, oliva e linhaça (FERNANDEZ-MARTIN et al., 2009; DECKER e PARK, 2010; BERIAIN et al., 2011; ALVAREZ et al., 2012; DELGADO-PANDO et al., 2012).

Os produtos com reduzido teor de colesterol são obtidos pela substituição da gordura e da matéria-prima por outros materiais vegetais que não contenham colesterol. Vários produtos cárneos como salsichas, patês e mortadelas têm sido reformulados com a substituição parcial da gordura animal por óleos vegetais (amendoim, canola, girassol e azeite) e adição de proteínas vegetais (soja, milho e aveia) (JIMENEZ-COLMENERO, CARBALLO e COFRADES, 2001).

Salsichas com baixo teor de gordura (5 – 10 %) apresentam baixo rendimento de cozimento, formação de uma casca com textura borrachenta, excessiva perda de líquido na embalagem a vácuo, menor vida de prateleira e mudanças nas características sensoriais após o aquecimento e reaquecimento. No entanto, algumas combinações de substitutos de gordura que simulam o sabor e as características de textura da gordura têm potencial para o desenvolvimento de produtos cárneos reformulados (KEETON, 1994).

Existem no mercado diversos ingredientes específicos para substituir a gordura, como os amidos nativos e modificados, os hidrocolóides e principalmente as fibras, mais recentemente estudadas (COLMENERO, 1996; BARRETTO e POLLONIO, 2009; BREWER, 2012; CAMPAGNOL, DOS SANTOS, WAGNER, et al., 2012; CARRARO, 2012; SANTOS et al., 2012; CAMPAGNOL et al., 2013). Esses ingredientes tornaram mais viável à fabricação de produtos com menores teores de gorduras e muitos deles desempenham propriedades funcionais e extensoras nas formulações.

A substituição da gordura em salsichas, em níveis de 10 e 20%, por carragena acarretou uma redução na perda por cozimento e na perda de líquido durante o armazenamento, além de bons resultados para textura e boa aceitação sensorial (CIERACH, MODZELEWSKA-KAPITUŁA e SZACIŁO, 2009).

Jiménez-Colmenero e colaboradores (2010) adicionaram algas comestíveis e Konjac, como substitutos de gordura em salsichas e observaram que a estabilidade da emulsão ficou condicionada à proporção da substituição. Uma incorporação de ambos os substitutos aumentou a perda por cozimento e diminuiu a estabilidade da emulsão do sistema. Além do mais, diferenças morfológicas na microestrutura foram observadas com o aumento da concentração do gel, e a combinação de ambos os substitutos produziu uma estrutura mais heterogênea, devido à integração da alga na matriz proteica. O estudo demonstrou que uma substituição da gordura em até 15 % por Konjac não apresentou alterações visíveis na qualidade sensorial das salsichas.

Vários trabalhos têm sido realizados para modelar e compreender as alterações que ocorrem nas características físicas dos produtos com reduzido teor de gordura. De modo geral, a substituição da gordura ocorre com adição de água e de um substituto à base de proteína ou carboidrato, com o objetivo de reter a água adicionada. Entretanto, a utilização de substitutos de gordura pode reduzir as propriedades de ligação da partícula cárnea, alterar a coloração do produto, além de prejudicar o sabor do produto (KEETON, 1994; BREWER, 2012).

4. INGREDIENTES FUNCIONAIS COMO SUBSTITUTOS DE GORDURA

Os substitutos de gordura são ingredientes que apresentam um valor calórico inferior à gordura e que possuem a capacidade de mimetizar as funções que a gordura confere aos alimentos, sem alterar drasticamente as características sensoriais e funcionais do produto, e estando em concordância com a legislação vigente, além de apresentar baixo custo (AKOH, 1998).

Existe uma grande variedade de substitutos de gordura que estão comercialmente disponíveis, eles podem ser divididos em dois grupos: extensores proteicos (com elevado teor de proteínas) e extensores não proteicos (com elevado teor de carboidratos). Os extensores proteicos contribuem para maiores capacidades de retenção de água, gelificação e emulsificação de gorduras, enquanto que os extensores não proteicos, apesar de também contribuírem para uma maior capacidade de retenção de água, pouco participam na emulsificação de gorduras (KEETON, 1994; LUCCA e TEPPER, 1994; BREWER, 2012).

Dentre os substitutos de gordura mais utilizados atualmente, os extensores não proteicos são compostos formados basicamente por polímeros de unidades repetitivas de açúcar (glicose e galactose) e derivados de açúcar que podem se ligar a água e aumentar a viscosidade da solução ou formar gel.

Amidos processados e fibras de várias origens, incluindo os amidos de milho, arroz, batata e de mandioca, podem ser eficazmente utilizados em produtos cárneos. Os grânulos de amido incham quando hidratados e gelatinizam-se quando aquecidos, podendo aumentar a viscosidade da solução no resfriamento. Já as fibras, aumentam o volume e auxiliam na hidratação, contribuindo assim com o *mouthfeel*. A maioria destes substitutos de gordura atua na estabilização da água adicionada na matriz formada (BREWER, 2012).

As fibras têm recebido destaque, devido à sua resistência à digestão e absorção pelo intestino delgado, com fermentação completa ou parcial no intestino grosso, e sendo por isso, classificadas como um composto funcional, uma vez que promovem a redução do pH intraluminal e a proliferação de células epiteliais do cólon. Entretanto, há uma série de argumentos científicos provando a hipótese de que o maior efeito fisiológico das fibras solúveis são os efeitos sistêmicos mediados pelos ácidos graxos de cadeia curta, que chegam à circulação sanguínea. Ao atingir o fígado e/ou os tecidos periféricos, tais produtos de fermentação podem influenciar tanto a glicose, quanto o metabolismo da gordura, causando uma diminuição na glicemia pós-prandial, reduzindo a concentração dos ácidos graxos livres (TROWELL et al., 1976; ROBERFROID, 1993; PROSKY, 1999; AACC, 2001).

As fibras solúveis apresentam o mesmo efeito do trânsito no intestino delgado com o tempo, e como consequência, reduzem a velocidade da digestão e da absorção dos macro nutrientes. Estes efeitos promovem maior tolerância à glicose e aumentam o teor de amido disponível para fermentação no cólon. Devido à sua capacidade em sequestrar os sais biliares, as fibras indiretamente afetam a absorção de lipídeos pelo organismo (ROBERFROID, 1993).

Fibras alimentícias de aveia, arroz, beterraba, soja, cenoura, pera, maçã, laranja, ervilha, entre outras, foram incluídas na formulação de produtos cárneos como hambúrgueres e salsichas (CLAUS e HUNT, 1991; HUGHES, COFRADES e TROY, 1997; COFRADES, HUGHES e TROY, 2000; GARCIA et al., 2002; VURAL,

JAVIDIPOUR e OZBAS, 2004; ALVAREZ et al., 2012; GROSSI et al., 2012). Na maioria das aplicações, elas apresentaram não só efeito fisiológico benéfico, devido à sua resistência à hidrólise pelas enzimas digestivas, mas desempenharam também importantes propriedades tecnológicas, que compensaram o efeito de redução da gordura (JIMENEZ-COLMENERO, CARBALLO e COFRADES, 2001).

As fibras podem ser classificadas com base em suas propriedades fisiológicas, em oligossacarídeos digeríveis (OD) e oligossacarídeos não digeríveis (OND), de acordo com o átomo do carbono anomérico do monossacarídeo, cuja configuração faz com que seus limites estejam disponíveis, ou não, para a atividade hidrolítica das enzimas digestivas (ROBERFROID e SLAVIN, 2000). Grande atenção tem sido dada para os OND, uma vez que apresentam importantes propriedades físico-químicas e benefícios biológicos para a saúde do consumidor, incluindo a não-carcinogenicidade, baixo valor calórico e a habilidade em estimular o crescimento de bifidobactérias do colón (CARBALLO, BARRETO e COLMENERO, 1995; BURDOCK e FLAMM, 1999; DEVEREUX et al., 2003; CACERES et al., 2004; GARCÍA, CÁCERES e SELGAS, 2006; SAAD, 2006; MUSSATTO e MANCILHA, 2007; FINOCCHIARO, BIRKETT e OKONIEWSKA, 2009; MONSIVAIS et al., 2011; SANTOS et al., 2012). Alguns dos OND de maior importância para a tecnologia de produtos cárneos são a inulina, os fruto-oligossacarídeos (FOS), o amido resistente (AR) e a polidextrose.

4.1. Inulina e fruto-oligossacarídeo (FOS)

A inulina (IN) é uma fibra solúvel, formada por unidades de frutose unidas por ligações lineares com uma unidade de glicose terminal, podendo ser encontrada em várias plantas como reserva energética, especialmente na chicória (MEYER et al., 2011). O fruto-oligossacarídeo (FOS) pode ser produzido tanto por hidrólise enzimática da inulina, quanto por transfrutosilação da sacarose, constituindo-se basicamente por unidades lineares de frutose, com ou sem a unidade final de glicose (PASSOS e PARK, 2003). Do ponto de vista químico não há diferença entre a inulina e o FOS: ambos são oligômeros de frutose, cujos monômeros estão unidos por ligações glicosídicas $\beta - (2,1)$. Porém, enquanto que a inulina possui uma distribuição de moléculas com cadeias contendo de 2 ± 60 unidades, o

comprimento das cadeias do FOS varia de 2 a 10 unidades com grau de polimerização médio de 4 (NINESS, 1999). Ambas as estruturas das fibras estão ilustradas na Figura 1.1.

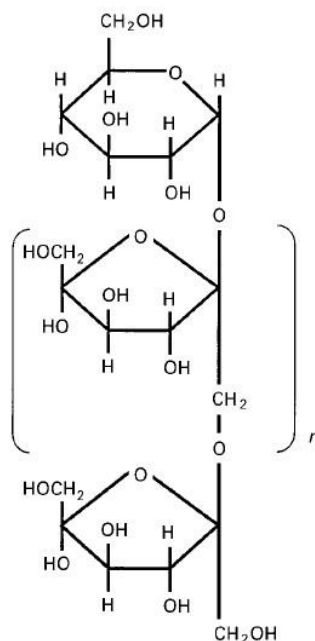


Figura 1.1 - Moléculas de Inulina ($n = 2 - 60$) e FOS ($n = 2 - 20$).
Fonte: Adaptado de MURPHY (2001).

Os efeitos fisiológicos da inulina e do FOS são idênticos. Ambas as fibras possuem grande resistência às enzimas salivares e digestivas (α – amilase, sacarase e maltase), pela sua configuração molecular, não sendo digeríveis pelo organismo humano. Transitam através do trato intestinal superior, sem serem absorvidas, chegando ao intestino grosso intactas. Desta forma, elas podem ser fermentadas no cólon e utilizadas seletivamente por certos tipos de bactérias benéficas, como *Bifidobacterium* e *Lactobacillus*, reduzindo a contagem das bactérias não desejáveis, como *Clostridium* e *Escherichia*. Por estes motivos, tanto a inulina quanto o FOS são considerados ingredientes prebióticos (GIBSON et al., 1995; TUNGLAND, 2002; TUNGLAND e MEYER, 2002).

Devido à acidificação do conteúdo do cólon, através da fermentação com produção de ácidos carboxílicos de cadeia curta, com formação de sais de cálcio e de magnésio, o FOS aumenta a absorção de cálcio pelo organismo. Eles são reconhecidos também por reduzir os níveis do colesterol total e os níveis de LDL, em pessoas diabéticas, mas que não

sejam insulino dependentes, contribuindo também com a redução do risco de doenças coronárias e com a redução do risco de câncer do cólon (CACERES et al., 2004).

Estudos prévios com seres humanos mostraram que a ingestão de FOS promove maior frequência de evacuações, reduzindo a constipação. Entretanto, essa maior frequência no número de evacuações persiste mesmo com a substituição do FOS por outro açúcar, sugerindo que este efeito não se deve somente à presença de um substrato fermentável no cólon, mas sim devido a outros fatores, como a mudança na composição da microflora do cólon. Todavia, Gibson et al. (1995) observaram melhoria no funcionamento intestinal (14 e 34 %) quando FOS e inulina foram introduzidos na dieta. Desta forma, tais fibras atuam como qualquer outro carboidrato não digerível, como polissacarídeos não-amiláceos e amidos resistentes, que produzem efeito laxativo através da fermentação.

Ambas as fibras têm sido amplamente utilizadas pela indústria de alimentos como substitutos de gordura e de açúcar, influenciando tanto o sabor, quanto as características de textura dos produtos (WANG e GIBSON, 1993; MENDOZA et al., 2001; TUNGLAND e MEYER, 2002; ROBERFROID, M. B., 2007). São altamente estáveis, suportando pH acima de 3 e temperaturas superiores a 140 °C (BORNET, 1994; BORNET, 2001). Entretanto, apesar de o FOS poder ser obtido através da inulina, ele apresenta propriedades físicas e aplicações bastante diferentes, como a maior solubilidade, em comparação à inulina, devido ao menor comprimento da cadeia. Já a inulina possui a capacidade de formação de cristais quando misturada com água ou leite, que não são perceptíveis, mas interagem formando uma textura suave e cremosa na boca, semelhante à presença da gordura (NINESS, 1999).

Algumas pesquisas avaliaram a adição de inulina em diferentes produtos alimentícios, e não observaram diferença significativa na análise sensorial, apesar de influenciar algumas propriedades de textura das amostras (DEVEREUX et al., 2003; GARCÍA, CÁCERES e SELGAS, 2006; HUANG, TSAI e CHEN, 2011).

Em recente estudo, Nowak e colaboradores (2007), observaram a redução de até 47,5 % no teor calórico de salsichas, com substituição parcial da gordura por inulina (12 %). Além da redução calórica, relatou-se menor fraturabilidade, maiores dureza e adesividade e coloração mais escura do produto. Os pesquisadores reforçaram a hipótese de

que os efeitos negativos da adição de inulina foram reduzidos devido à substituição do citrato por fosfato.

A adição de inulina, na forma de gel ou em pó, em *batters* cárneos com reduzido teor de gordura foi avaliada por Álvarez e Barbut (2013). Eles observaram que a adição de inulina na forma de pó promoveu melhor estabilidade da emulsão, quando comparado com a inulina na forma de gel, além de maior dureza e fraturabilidade. Todavia, os sistemas emulsionados que continham inulina adicionada sob a forma de gel, apresentaram-se com maior cremosidade e maior maciez.

A substituição de parte da gordura por inulina em formulações de salsichas promoveu perfil mais saudável no produto, com a inulina permanecendo estável durante o processamento e após o tratamento térmico. O aumento na concentração desta fibra adicionada promoveu menor perda por cozimento e melhorou a estabilidade do produto, além de promover melhor textura e qualidade sensorial, quando comparado com as formulações controle (KEENAN et al., 2014).

A redução de 40 % da gordura com adição de FOS em diferentes níveis (2 – 12 %) demonstrou resultados positivos em salsichas, com uma redução calórica de até 35 %. Suas propriedades sensoriais e de textura não foram afetadas, e os escores de aceitação global, relevantes positivamente (CACERES et al., 2004).

A utilização de FOS em produtos cárneos fermentados também apresentou resultados satisfatórios, com a substituição de 50 % da gordura animal e adição de diferentes níveis de FOS (0, 3, 6 ou 9 %). A simples redução do teor de gordura, sem adição do FOS, afetou as propriedades tecnológicas e sensoriais do produto final, enquanto que a adição do FOS suprimiu os defeitos causados pela redução da gordura. Com relação aos parâmetros de textura, a adição do FOS não promoveu diferença significativa quando comparado com as formulações controle, devido à sua habilidade em formar gel, promovendo maciez similar àquela promovida pela gordura, segundo Santos et al. (2012).

De modo geral, a adição de inulina e/ou FOS em produtos cárneos tem se mostrado bastante promissora e precisa ser estudada em todos os aspectos tecnológicos, sensoriais e reológicos, com o objetivo de agregar propriedades funcionais a estes produtos, sem alterar as características tradicionais de cada um deles.

4.2. Polidextrose (PD)

A polidextrose (PD) foi desenvolvida por Dr. Hans Rennhard nos Laboratórios de Pesquisa da Pfizer, EUA, em meados dos anos 1970 (MITCHELL, 1996). Ela é um composto formado pela policondensação de grandes quantidades de glicose e sorbitol, e um pouco de um ácido com grau alimentício, como o ácido cítrico ou o fosfórico. Sua estrutura está apresentada na Figura 1.2 (STOWELL, 2009b).

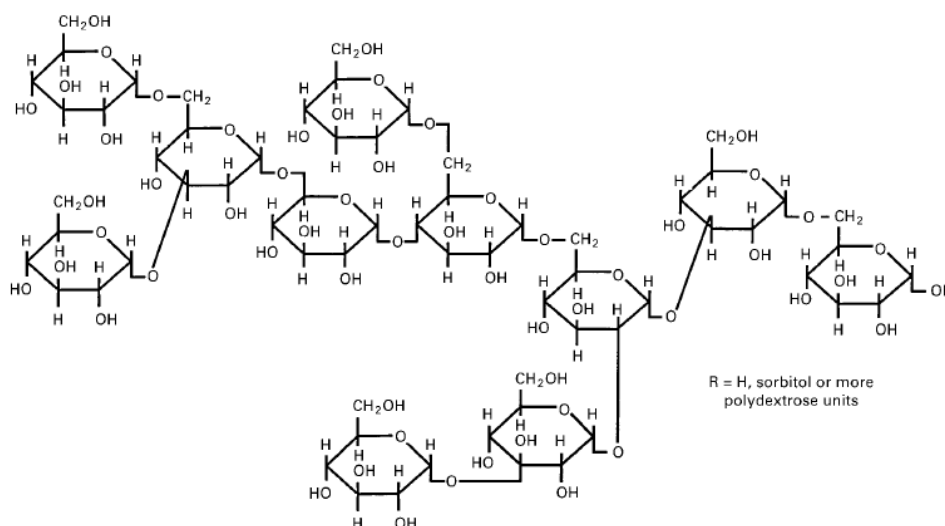


Figura 1.2 - Representação estrutural da polidextrose.
Fonte: STOWELL (2009b).

Apesar de alguns países ainda adotarem a definição de que a fibra deve ser um material de origem vegetal, em julho de 2008 foi divulgada pela ANVISA a permissão de utilização da polidextrose como ingrediente funcional na categoria de fibra alimentar (BRASIL, 2008). Todavia, o FDA já aprovava a polidextrose como um aditivo alimentício, para uso em formulações alimentícias, com o objetivo de suplementação nutricional, texturizante, estabilizante, espessante, e umectante (PFIZER, 1978; BURDOCK e FLAMM, 1999; STOWELL, 2009a).

Devido às suas ligações glicosídicas, a molécula possui uma estrutura complexa e compacta, que resiste à digestão enzimática no organismo, agregando ação prebiótica e garantindo uma microbiota intestinal saudável e equilibrada, que resulta em um desempenho normal das funções fisiológicas (SAAD, 2006; STOWELL, 2009a; b). Tais características conferem a ela propriedades tecnológicas favoráveis, como agente de

enchimento funcional, similar à sacarose, além do apelo com o consumidor, como ingrediente não-cariogênico e de baixo teor calórico, com apenas 25 % das calorias da sacarose (BURDOCK e FLAMM, 1999).

Ela é parcialmente fermentada pelo intestino grosso, aumentando a massa fecal e reduzindo o tempo de trânsito intestinal. Sua fermentação leva ao crescimento de uma microflora favorável, diminuindo o número de micro-organismos putrefativos, aumentando a produção de ácidos graxos de cadeia curta e ainda reduzindo a produção de metabólitos cancerígenos, como o indol e p-cresol (substâncias putrefativas e cancerígenas, produzidas pela fermentação bacteriana) (PFIZER, 1978; WANG e GIBSON, 1993).

Ao avaliar o efeito da ingestão de polidextrose, por uma determinada população (homens e mulheres com idade entre 24 e 32 anos), verificou-se que os indivíduos que ingeriram a fibra, após os 28 dias de administração, apresentaram maior facilidade nas evacuações, devido ao aumento do peristaltismo intestinal ocasionado pela excelente capacidade de retenção de água da polidextrose. Observou-se também redução no pH fecal devido à produção de ácidos graxos de cadeia curta. O estudo pôde verificar que a redução do pH intestinal e o aumento do número de evacuações impedem a produção de toxinas entéricas, prevenindo a constipação, diverticulose e risco de câncer de cólon (JIE et al., 2000), como descrito anteriormente.

Pode-se dizer que seu mecanismo de ação é semelhante ao de outras fibras solúveis como as pectinas, as β -glucanas da aveia e a inulina, uma vez que contribuem para diminuir os níveis de colesterol e de glicose no sangue (MONTENEGRO et al., 2008; STOWELL, 2009a). Apresenta ainda, baixo valor energético (1 kcal/g), baixo índice glicêmico, além de indícios de redução do risco de câncer do cólon (BURDOCK e FLAMM, 1999; SAAD, 2006).

A polidextrose pode ser utilizada no desenvolvimento de vários tipos de produtos, e suas propriedades facilitam a produção de produtos com perfil de sabor e textura similares aos produtos convencionais. Em produtos cárneos como nuggets, ela é utilizada para reter umidade no produto, deixando-o mais úmido e suculento e estendendo a crocância do produto mesmo após o cozimento, como citado por Stowell (2009a).

Vários estudos avaliam a adição da polidextrose em produtos alimentícios, sendo em sua maioria derivados lácteos e panificados (MONTENEGRO et al., 2008;

MONSIVAIS et al., 2011; MARTÍNEZ-CERVERA et al., 2012; SRISUVOR et al., 2013; AIDOO, AFOAKWA e DEWETTINCK, 2014). Todavia, algumas pesquisas avaliaram sua adição em produtos cárneos de modo geral, e resultados significativamente positivos foram obtidos. Nos produtos cárneos cominuídos e reestruturados, como hambúrgueres, ela pode ser utilizada em substituição de parte da gordura, sem comprometer o paladar e o sabor, na obtenção de produtos com reduzidos teores calóricos e de gorduras (STOWELL, 2009a). A adição da polidextrose em hambúrgueres de carne (5 e 10 % de gordura) resultou em menores perdas por cozimento e redução da firmeza. A coesividade foi similar à formulação controle (20 % de gordura), mesmo tendo sido adicionada em combinação com o amido de batata e açúcar de beterraba, fibras de aveia ou de ervilha (TROUTT et al., 1992).

Um dos estudos preliminares da utilização desta fibra avaliou seu efeito crioprotetor em minimizar alterações físico-químicas na actomiosina durante seu armazenamento congelado (- 28 °C). A actomiosina foi extraída do músculo de bovinos, ainda no estado pré-rigor. Durante o congelamento, verificou-se desestabilização proteica através da diminuição da solubilidade, aparecimento de agregados proteicos, alteração na viscosidade intrínseca e na atividade da ATPase, além de alterações no tamanho, forma ou na carga da proteína. Entretanto, em todos os casos avaliados, a adição da substância crioprotetora reduziu a gravidade da alteração, embora não tenha impedido sua ocorrência (PARK et al., 1987).

Efeito positivo também pode ser observado no efeito crioprotetor das proteínas miofibrilares em surimi de bacalhau, devido à elevada disponibilidade de grupos hidroxilas, que atuam nas ligações de hidrogênio com as cadeias proteicas do produto, promovendo maior hidratação das cadeias de proteínas e reduzindo sua agregação. Este efeito crioprotetor demonstrou-se tão eficaz quanto o efeito observado pela adição de sacarose/sorbitol (8 %) nas formulações controle (SYCH et al., 1990). Segundo Park, Lanier e Green (1988) a polidextrose poderia ser substituída ou substituir a sacarose ou sorbitol sem nenhuma perda do efeito crioprotetor em surimi à base de Alaska Pollack (mesma linhagem do bacalhau). Entretanto, quando combinado com o tripolifosfato de sódio, fornece efeito de proteção superior.

4.3. Amido resistente

O amido é um polímero de glicose, com as unidades arranjadas em cadeias lineares (amilose) e em cadeias ramificadas (amilopectina), sendo a amilopectina o componente principal da maioria dos amidos, e formada por várias cadeias pequenas unidas por ligações α - (1,6), enquanto que a amilose consiste em número reduzido de cadeias que formam uma molécula linear ou ligeiramente ramificada. O teor de amilose na maioria dos amidos varia de 20 a 30 %. Entretanto, algumas plantas podem apresentar ausência deste componente, e por isso são conhecidas como cerosas. O amido é um polímero altamente digerível, entretanto, alguns tipos de amido, denominados “amidos resistentes – AR” são capazes de resistir à digestão pelo intestino delgado, passando para o intestino grosso, onde atuam como uma fibra alimentícia (ANNISON e TOPPING, 1994; CHAMP, 2004; FINOCCHIARO, BIRKETT e OKONIEWSKA, 2009).

O amido resistente (AR) corresponde a uma porção do amido que não consegue ser digerida pelo sistema digestório humano e, muito menos, absorvida pelo intestino delgado. Assim, esta porção do amido passa através do cólon e é utilizado pela microflora como energia para seu crescimento e fermentação, produzindo ácidos graxos de cadeia curta, e por isso tem sido classificado como uma fibra alimentícia (CHAMP, 2004; HASJIM et al., 2010).

De acordo com sua razão de resistência, podem ser classificados em cinco tipos. O amido resistente tipo 1 (AR1) é um amido fisicamente inacessível, uma vez que ele fica retido nos tecidos vegetais, e não é susceptível à hidrólise enzimática, como os amidos dos grãos integrais; O amido tipo 2 (AR2) é o amido granular nativo, que ocorre no grão cru e que possui polimorfismo do tipo B, tais como os amidos de batata e ervilha, e os amidos com alto teor de amilose, que também são resistentes à hidrólise enzimática; O tipo 3 (AR3) é o amido retrogradado, ou seja, que foi cozido e resfriado. Todos estes tipos de amido podem ser encontrados na natureza ou podem ser produzidos durante o processamento, enquanto que o amido tipo 4 (AR4) não. Ele deve ser produzido por alguma modificação química, que introduza ligações não digeríveis pelas enzimas do sistema digestório, como o amido esterificado, por exemplo, (LI et al., 2008; ADAM-PERROT et al., 2009; FINOCCHIARO, BIRKETT e OKONIEWSKA, 2009). Já o amido resistente tipo 5 (AR5) foi desenvolvido mais recentemente. Ele é formado por um complexo amilose-

lipídeo, como por exemplo, a complexação do amido de milho com alto teor de amilose e lipídios (HASJIM et al., 2010).

Os vários tipos de amidos resistentes apresentam em comum a variedade de propriedades técnico-funcionais e fisiológicas que tendem a aumentar a sua incorporação em uma grande variedade de alimentos processados. Desta forma, eles passam a constituir no futuro uma parte significativa da ingestão diária de nossa dieta, contribuindo com o nível de ingestão diária de fibras para que se aproxime do recomendado (25 – 30 g/diárias) (CHAMP, 2004).

Os primeiros estudos com amidos resistentes foram publicados em meados dos anos 80, embora os amidos cerosos tenham sido estudados anteriormente, devido às suas propriedades funcionais sobre o teor de colesterol e o metabolismo dos ácidos biliares. Desde então, vários trabalhos têm sido desenvolvidos, tanto nos institutos privados quanto nos institutos públicos e universidades, com o objetivo de compreender a resistência dos amidos, e principalmente, avaliar seu potencial de aplicação em produtos alimentícios, que agreguem benefícios à saúde do consumidor (CHAMP, 2004).

A grande variedade de produtos alimentícios da indústria moderna tem proporcionado maior necessidade de diferentes tipos de amidos, uma vez que cada tipo de processamento e/ou condições de preparo podem ser empregados para determinado tipo de amido. Para atender a estas demandas, os amidos nativos podem ser submetidos a modificações químicas, físicas ou enzimáticas, podendo levar também, à formação de resíduos não digeríveis (SAJILATA, SINGHAL e KULKARNI, 2006). Tais amidos têm sido incorporados em vários produtos comerciais com o objetivo principal de aumentar a ingestão de fibras dietéticas. E, por isso, não só sua disponibilidade tem merecido especial atenção, mas também sua importância como ingrediente funcional.

Uma vez que o amido resistente é um polímero natural e fermentado no cólon, suas principais propriedades estão relacionadas com a sua taxa e perfil de fermentação. Alguns estudos, entretanto, demonstram efeitos sobre a redução dos níveis de glicose no sangue e absorção de nutrientes, como cálcio e magnésio, devido à maior solubilidade destes minerais no ceco e intestino grosso promovido pela acidificação do conteúdo induzida pela sua fermentação. A fermentação destes carboidratos resistentes por bactérias anaeróbicas acarreta na produção de acetatos, butiratos e propionatos, conhecidos como o combustível

preferido pelas células que revestem o cólon. A elevada produção de ácidos graxos de cadeia curta é acompanhada então pela redução do pH, aumentando o fluxo sanguíneo do cólon e reduzindo o desenvolvimento de células anormais. Por isso, eles têm sido utilizados em um elevado número de ensaios para avaliar seu potencial na redução do risco ou no tratamento de patologias do cólon, como câncer de cólon e doenças inflamatórias (CHAMP, 2004; MASON, 2009).

Os amidos resistentes apresentam baixo teor calórico e podem ser utilizados como agentes de volume em formulações com reduzido teor de açúcar ou de gordura. Seu poder em reter água é um pouco inferior ao das fibras tradicionais, e deste modo, ele não compete pela água com os outros ingredientes, permitindo maior facilidade no processamento, já que ele não contribui com a viscosidade do produto. Além do mais, na maioria das aplicações, ele não altera o sabor, a textura ou a aparência dos alimentos (YUE e WARING, 1998).

Os amidos resistente tipo 2 (AR2) foram introduzidos comercialmente em meados da década de 90, e incluem produtos com maiores teores de AR e partículas de menor tamanho. O Hi-Maize® 260 é um amido de milho resistente, com alto teor de amilose. Ele é produzido sem tratamento químico ou enzimático e contém pelo menos 60 % de fibras alimentares. Quando submetido a processos moderados, ele mantém seus grânulos resistentes, bem como suas características organolépticas intactas (FINOCCHIARO, BIRKETT e OKONIEWSKA, 2009).

Este tipo de AR já foi utilizado em vários produtos alimentícios, incluindo produtos de panificação (ALMEIDA, CHANG e STEEL, 2013b; a), cereais matinais, barras de cereais e em massas alimentícias, e desde então, tem sido comercializado com sucesso, devido às suas características de fibra dietética funcional e os benefícios que agrega para a saúde digestiva e índice glicêmico do consumidor. Apesar de Claus e Hunt (1991) terem observado que a utilização de amidos modificados melhorou as propriedades de textura e reduziu a perda de líquido em mortadelas com baixo teor de gordura, o potencial de aplicação dos AR em emulsões cárneas não foi suficientemente estudado até o momento (FINOCCHIARO, BIRKETT e OKONIEWSKA, 2009).

5. PROPRIEDADES REOLÓGICAS DE PRODUTOS CÁRNEOS

O primeiro uso da palavra “reologia” foi por Eugene C. Bingham em 1928. Esta palavra vem do grego “Panta Rhei” (Πάντα ῥεῖ) e significa “tudo escoa”. Atualmente é conhecida como a ciência da deformação e o escoamento da matéria, e estuda a maneira que os materiais respondem à aplicação de uma determinada força ou deformação. Todo material apresenta propriedades reológicas e esta área é relevante em vários campos de estudo, desde o processamento de plásticos, mecânica dos solos, bioengenharia, estrutura dos materiais, entre outros, até o desenvolvimento de novos produtos alimentícios (STEFFE, 1996).

As propriedades reológicas são parâmetros importantes no estudo de escoamento de um fluido e no controle da qualidade de um produto. São muito importantes para a indústria de alimentos, pois atuam como uma ferramenta na caracterização física da matéria-prima que será utilizada no processamento, dos produtos intermediários obtidos durante a fabricação e para a caracterização dos produtos acabados. A escolha das condições de armazenamento e de processamento bem como a predição da estabilidade e da textura de qualquer tipo de produto alimentício também pode ser previsto com base nestas propriedades (TABILO-MUNIZAGA e BARBOSA-CÁNOVAS, 2005; DOGAN e KOKINI, 2007).

Dentre as propriedades reológicas e estruturais encontram-se os parâmetros de textura, que são indicativos de qualidade do produto final. Alguns atributos de qualidade como o espessamento, espalhabilidade e cremosidade são extremamente importantes para a aceitação dos produtos pelos consumidores (DOGAN e KOKINI, 2007; VAN DEN BERG et al., 2007). O comportamento reológico está associado diretamente com a textura, o sabor e a sensação deixada pelo produto na boca. Segundo Bourne (2002), as propriedades de textura de um produto alimentício podem ser definidas através das características físicas dos elementos estruturais presentes no alimento. Elas também podem ser detectadas pela sensação do toque, e assim correlacionam-se com a deformação, desintegração, e com o fluxo do alimento ao ser submetido a uma força.

Assim, as propriedades reológicas influenciam as propriedades sensoriais dos produtos alimentícios e desempenham um papel importante na textura e nas interações desta com o gosto. Quaisquer alterações destas propriedades são fortes indicadores de

mudança na qualidade do alimento durante a sua vida útil, e por isso tais propriedades têm ganhado espaço para aplicações nos campos de aceitação de produtos, processamento de alimentos e produtos prontos para o consumo (BARBOSA-CÁNOVAS et al., 1996; WESTPHALEN, BRIGGS e LONERGAN, 2005; DOGAN e KOKINI, 2007).

Uma vez que os produtos alimentícios são misturas complexas de vários ingredientes, cada um deles individualmente, bem como suas interações, apresenta forte influência sobre as características do produto final. O comportamento de cada componente pode ser monitorado, simulando as condições de processamento, armazenamento e manuseio, às quais o produto será submetido (DOGAN e KOKINI, 2007).

Há várias abordagens para realizar a caracterização reológica de um produto ou ingrediente utilizado em determinada formulação, e a técnica selecionada dependerá do produto específico e das características funcionais que necessitam ser analisadas (TABILO-MUNIZAGA e BARBOSA-CÁNOVAS, 2005). Desta forma, os estudos reológicos tornam-se muito úteis na predição das propriedades que podem ser desenvolvidas nos alimentos ao submetê-los a alterações de formulação ou de processamento.

A redução dos teores de sal, açúcar, e principalmente de gordura em produtos alimentícios promove alterações das propriedades de textura e sensoriais deste produto. Embora exista uma gama considerável de ingredientes utilizados como substitutos de gordura, é inevitável que na maioria das aplicações ocorra aumento do teor de água do produto, com ligeira redução na capacidade de ligação das partículas. Em produtos cárneos pode ocorrer também alteração da coloração, redução do sabor de carne, além de redução na vida de prateleira do produto final, e isso leva a mudanças nas características sensoriais, físicas e químicas do produto (KEETON, 1994; JONES, 1996; BREWER, 2012).

No caso dos produtos cárneos, o estudo das propriedades reológicas merece especial atenção, uma vez que qualquer alteração em sua composição influencia diretamente nas características do produto final, devido às propriedades de gelificação de suas proteínas e do poder emulsificante da gordura. Para Westphalen, Brigs e Lonergan (2005), as características de gelificação das proteínas miofibrilares são indicativas das propriedades de textura do produto final, e dependendo do desempenho delas durante o processo de gelificação, podem ser benéficas para o desenvolvimento de determinadas características no produto final, bem como na manutenção, ou não, da qualidade dos produtos processados.

O arranjo espacial das fibras no tecido cárneo é de máxima importância sobre a textura dos produtos cárneos processados, uma vez que a fratura do material ocorre preferencialmente através da massa de proteínas miofibrilares extraídas, que mantem as fibras unidas no *batter*, mantendo a estrutura coesa (TORNBERG, 2005). A miosina é a proteína miofibrilar mais abundante, e possui uma estrutura única, formada por duas cabeças pesadas (200 kDa) e duas caudas leves, enquanto a actina é uma proteína globular, e responsável por 22 % das proteínas miofibrilares. A gelatinização das moléculas de miosina envolve desnaturação parcial seguida de agregação irreversível das cabeças da miosina através da formação de pontes dissulfeto e duplas hélices, resultando em uma rede tridimensional. O aquecimento não é essencial, uma vez que a formação desta rede pode ser induzida pela ação de ácidos e sais, capazes de romper a estrutura secundária e induzir a gelificação (KUHN, PICONE e CUNHA, 2012).

Várias pesquisas têm avaliado a influência da redução dos teores de gordura, sal ou açúcar sobre as propriedades de textura e aceitação sensorial, de determinados produtos alimentícios, como chocolates (AIDOO, AFOAKWA e DEWETTINCK, 2014), molho de salada (FRANCO, GUERRERO e GALLEGOS, 1995; FRANCO, BERJANO e GALLEGOS, 1997), nuggets (HSIA, SMITH e STEFFE, 1992), bolos (MARTÍNEZ-CERVERA et al., 2012), dentre outros.

Com relação aos produtos cárneos, observa-se que a redução do teor de gordura ou de sal, e a adição de fibras, promove alteração dos parâmetros de textura. A adição de fibras de arroz ou de castanhas (2,5 %) influenciou as propriedades de textura das salsichas, em função do tipo de óleo utilizado (canola ou oliva) e da natureza das interações entre os glóbulos de gordura-proteína e as fibras, durante a gelificação das proteínas, segundo Álvarez et al. (2012). Entretanto, com relação ao comportamento reológico das emulsões cárneas, poucos estudos foram realizados, principalmente no que diz respeito à estabilidade da emulsão formada ao longo do cozimento ou quando submetida a crescentes tensões ou variações de frequência.

Os problemas da reformulação dos produtos cárneos são agravados pelo fato de que, até hoje, não há disponível no mercado, dentre os ingredientes permitidos, nenhum que consiga substituir a gordura em todas as suas aplicações alimentícias. A alternativa mais viável tem sido a aplicação de uma estratégia global, onde um sistema de substituição da

gordura por exemplo, deve ser concebido em conjunto com alterações no processamento ou na tecnologia de produção, desde que sejam apropriadas para cada tipo de matriz de produtos (JONES, 1996).

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AACC. The definition of dietary fiber. **Cereal Foods World**, v. 46, n. 3, p. 112, 2001.

ADAM-PERROT, A.; GUTTON, L.; SANDERS, L.; BOUVIER, S.; COMBE, C.; ABBEELE, R. V. D.; POTTER, S.; EINERHAND, A. W. C. Resistant starch and starch-derived oligosaccharides as prebiotics. In: CHARALAMPOPOULOS, D. e RASTALL, R. A. (Ed.). **Prebiotics and Probiotics Science and Technology**. New York: Springer, v.1, 2009.

AIDOO, R. P.; AFOAKWA, E. O.; DEWETTINCK, K. Optimization of inulin and polydextrose mixtures as sucrose replacers during sugar-free chocolate manufacture – Rheological, microstructure and physical quality characteristics. **Journal of Food Engineering**, v. 126, p. 35-42, 2014.

AKOH, C. C. Fat replacers. **Food Technology**, v. 52, n. 3, p. 47-53, 1998.

ALMEIDA, E. L.; CHANG, Y. K.; STEEL, C. J. Dietary fibre sources in bread: Influence on technological quality. **LWT - Food Science and Technology**, v. 50, n. 2, p. 545-553, 2013a.

_____. Dietary fibre sources in frozen part-baked bread: Influence on technological quality. **LWT - Food Science and Technology**, v. 53, n. 1, p. 262-270, 2013b.

ÁLVAREZ, D.; BARBUT, S. Effect of inulin, β -Glucan and their mixtures on emulsion stability, color and textural parameters of cooked meat batters. **Meat Science**, v. 94, n. 3, p. 320-327, 2013.

ALVAREZ, D.; XIONG, Y. L.; CASTILLO, M.; PAYNE, F. A.; GARRIDO, M. D. Textural and viscoelastic properties of pork frankfurters containing canola-olive oils, rice bran, and walnut. **Meat Science**, v. 92, n. 1, p. 8-15, 2012.

ANJANEYULU, A. S. R.; SHARMA, N.; KONDAIAH, N. Evaluation of Salt, Polyphosphates and Their Blends at Different Levels on Physicochemical Properties of Buffalo Meat and Patties. **Meat Science**, v. 25, n. 4, p. 293-306, 1989.

ANNISON, G.; TOPPING, D. L. NUTRITIONAL ROLE OF RESISTANT STARCH: Chemical Structure vs Physiological Function. **Annual Review Nutrition**, v. 14, p. 297-320, 1994.

BARBOSA-CÁNOVAS, G. V.; KOKINI, J. L.; MA, L.; IBARZ, A. The Rheology of Semiliquid Foods. In: STEVE, L. T. (Ed.). **Advances in Food and Nutrition Research**: Academic Press, v. Volume 39, 1996. p.1-69.

BARBUT, S.; MITTAL, G. S. Effects of salt reduction on the rheological and gelation properties of beef, pork and poultry meat batters. **Meat Science**, v. 26, n. 3, p. 177-191, 1989.

BARRETTO, A. C. D. S.; POLLONIO, M. A. R. Aplicação de fibras como substituto de gordura em mortadela e influência sobre as propriedades sensoriais. **Revista Higiene Alimentar**, v. 23, n. 174/175, p. 181-188, 2009.

BERIAIN, M. J.; GOMEZ, I.; PETRI, E.; INSAUSTI, K.; SARRIES, M. V. The effects of olive oil emulsified alginate on the physico-chemical, sensory, microbial, and fatty acid profiles of low-salt, inulin-enriched sausages. **Meat Science**, v. 88, n. 1, p. 189-197, 2011.

BETANHO, C.; SHIMOKOMAKI, M.; OLIVO, R. **Estabilidade das emulsões cárneas**. Revista Nacional da Carne. 18 1994.

BORNET, F. R. J. Undigestible Sugars in Food-Products. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 59, n. 3, p. S763-S769, 1994.

BORNET, F. R. J. Fructo-oligosaccharides and other fructans: Chemistry, structure and nutritional effects. In: MCCLEARY, B. V. e PROSKY, L. (Ed.). **Advanced dietary fibre technology**: Blackwell Publishing, 2001. cap. 41,

BOURNE, M. C. Relationship between rheology and food texture. In: WELTI-CHANES, J.; BARBOSA-CÁNOVAS, G. V. e AGUILERA, J. M. (Ed.). **Engineering and Food for the 21st Century**. Boca Raton: CRC Press, 2002. cap. 18, (Food Preservation Technology).

BRASIL. Alimentos com Alegações de Propriedades Funcionais e ou de Saúde, Novos Alimentos/Ingredientes, Substâncias Bioativas e Probióticos. SANITÁRIA, A.-A. N. D. V. Brasil 2008.

_____. **Termo de Compromisso para a Redução do Sódio em Alimentos Processados e divulgação dos dados do Vigitel 2012 - hipertensão**. SAÚDE, M. D. Brasil: Governo Federal 2012b.

BREWER, M. S. Reducing the fat content in ground beef without sacrificing quality: a review. **Meat Science**, v. 91, n. 4, p. 385-395, 2012.

BURDOCK, G. A.; FLAMM, W. G. A review of the studies of the safety of polydextrose in food. **Food and Chemical Toxicology**, v. 37, n. 2-3, p. 233-264, 1999.

CACERES, E.; GARCIA, M. L.; TORO, J.; SELGAS, M. D. The effect of fructooligosaccharides on the sensory characteristics of cooked sausages. **Meat Science**, v. 68, n. 1, p. 87-96, 2004.

CAMPAGNOL, P. C. B.; DOS SANTOS, B. A.; TERRA, N. N.; POLLONIO, M. A. R. Lysine, disodium guanylate and disodium inosinate as flavor enhancers in low-sodium fermented sausages. **Meat Science**, v. 91, n. 3, p. 334-338, 2012.

CAMPAGNOL, P. C. B.; DOS SANTOS, B. A.; WAGNER, R.; TERRA, N. N.; POLLONIO, M. A. R. The Effect of Soy Fiber Addition on the Quality of Fermented Sausages at Low-Fat Content. **Journal of Food Quality**, v. 36, n. 1, p. 41-50, 2013.

CAMPAGNOL, P. C. B.; DOS SANTOS, B. A.; WAGNER, R.; TERRA, N. N.; RODRIGUES POLLONIO, M. A. Amorphous cellulose gel as a fat substitute in fermented sausages. **Meat Science**, v. 90, n. 1, p. 36-42, 2012.

CARBALLO, J.; BARRETO, G.; COLMENERO, F. J. Starch and Egg White Influence on Properties of Bologna Sausage as Related to Fat Content. **Journal of Food Science**, v. 60, n. 4, p. 673-677, 1995.

CARRARO, C. I. **Aplicação de amidos resistentes como ingredientes extensores substitutos de gordura em produto cárneo emulsionado**. 2012. (Mestre). Tecnologia de Alimentos, UNICAMP, Campinas.

CHAMP, M. Resistant starch. In: ELIASSON, A.-C. (Ed.). **Starch in food - structure, function and applications**. França: Woodhead Publishing Limited, 2004.

CIERACH, M.; MODZELEWSKA-KAPITUŁA, M.; SZACIŁO, K. The influence of carrageenan on the properties of low-fat frankfurters. **Meat Science**, v. 82, n. 3, p. 295-299, 2009.

CLAUS, J. R.; HUNT, M. C. Low-fat, High Added-water Bologna Formulated with Texture-modifying Ingredients. **Journal of Food Science**, v. 56, n. 3, p. 643-647, 1991.

COFRADES, S.; HUGHES, E.; TROY, D. J. Effects of oat fibre and carrageenan on the texture of frankfurters formulated with low and high fat. **European Food Research and Technology**, v. 211, n. 1, p. 19-26, 2000.

COFRADES, S.; LOPEZ-LOPEZ, I.; RUIZ-CAPILLAS, C.; TRIKI, M.; JIMENEZ-COLMENERO, F. Quality characteristics of low-salt restructured poultry with microbial transglutaminase and seaweed. **Meat Science**, v. 87, n. 4, p. 373-380, 2011.

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

COLMENERO, F. J.; AYO, M. J.; CARBALLO, J. Physicochemical properties of low sodium frankfurter with added walnut: effect of transglutaminase combined with caseinate, KCl and dietary fibre as salt replacers. **Meat Science**, v. 69, n. 4, p. 781-788, 2005.

COLMENERO, F. J.; BARRETO, G.; FERNÁNDEZ, P.; CARBALLO, J. Frozen storage of Bologna sausages as a function of fat content and of levels of added starch and egg white. **Meat Science**, v. 42, n. 3, p. 325-332, 1996.

CREHAN, C. M.; TROY, D. J.; BUCKLEY, D. J. Effects of salt level and high hydrostatic pressure processing on frankfurters formulated with 1.5 and 2.5% salt. **Meat Science**, v. 55, n. 1, p. 123-130, 2000.

DANIEL, A. P. **Emprego de fibras e amido de aveia (*Avena sativa* L.) modificado em produtos cárneos**. 2006. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos). Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

DECKER, E. A.; PARK, Y. Healthier meat products as functional foods. **Meat Science**, v. 86, n. 1, p. 49-55, 2010.

DELGADO-PANDO, G.; COFRADES, S.; RUIZ-CAPILLAS, C.; TRIKI, M.; JIMÉNEZ-COLMENERO, F. Low-fat pork liver pâtés enriched with n-3 PUFA/konjac gel: Dynamic rheological properties and technological behaviour during chill storage. **Meat Science**, v. 92, n. 1, p. 44-52, 2012.

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

DEVEREUX, H. M.; JONES, G. P.; MCCORMACK, L.; HUNTER, W. C. Consumer acceptability of low fat foods containing inulin and oligofructose. **Journal of Food Science**, v. 68, n. 5, p. 1850-1854, 2003.

DOGAN, H.; KOKINI, J. L. Rheological Properties of Foods. In: HELDMAN, D. R. e LUND, D. B. (Ed.). **Handbook of Food Eengineeringng**. Boca Raton: CRC Press, 2007. cap. 1,

FERNANDEZ-MARTIN, F.; LOPEZ-LOPEZ, I.; COFRADES, S.; COLMENERO, F. J. Influence of adding Sea Spaghetti seaweed and replacing the animal fat with olive oil or a konjac gel on pork meat batter gelation. Potential protein/alginate association. **Meat Science**, v. 83, n. 2, p. 209-217, 2009.

FERRINI, G.; COMAPOSADA, J.; ARNAU, J.; GOU, P. Colour modification in a cured meat model dried by Quick-Dry-Slice process (R) and high pressure processed as a function of NaCl, KCl, K-lactate and water contents. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 13, p. 69-74, 2012.

FINOCCHIARO, E. T.; BIRKETT, A.; OKONIEWSKA, M. Resistent Starch. In: CHO, S. S. e SAMUEL, P. (Ed.). **Fiber Ingredients: Food aplications and healthy benefits**. Boca Raton: CRC Press, 2009.

FRANCO, J.; GUERRERO, A.; GALLEGOS, C. Rheology and processing of salad dressing emulsions. **Rheologica Acta**, v. 34, n. 6, p. 513-524, 1995.

FRANCO, J. M.; BERJANO, M.; GALLEGOS, C. Linear Viscoelasticity of Salad Dressing Emulsions. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 45, n. 3, p. 713-719, 1997.

GARCÍA, M. L.; CÁCERES, E.; SELGAS, M. D. Effect of inulin on the textural and sensory properties of mortadella, a Spanish cooked meat product. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 41, n. 10, p. 1207-1215, 2006.

GARCIA, M. L.; DOMINGUEZ, R.; GALVEZ, M. D.; CASAS, C.; SELGAS, M. D. Utilization of cereal and fruit fibres in low fat dry fermented sausages. **Meat Science**, v. 60, n. 3, p. 227-236, 2002.

GIBSON, G. R.; BEATTY, E. R.; WANG, X.; CUMMINGS, J. H. Selective Stimulation of Bifidobacteria in the Human Colon by Oligofructose and Inulin. **Gastroenterology**, v. 108, n. 4, p. 975-982, 1995.

GIBSON, G. R.; RASTALL, R. A. **Prebiotics: Development & Application**. John Wiley & Sons, 2006.

GIRARD, J. P.; CULIOLI, J.; MAILLARD, T.; DENOYER, C.; TOURAILLE, C. Influence of technological parameters on the structure of the batter and the texture of frankfurter type sausages. **Meat Science**, v. 27, n. 1, p. 13-28, 1990.

GROSSI, A.; SOLTOFT-JENSEN, J.; KNUDSEN, J. C.; CHRISTENSEN, M.; ORLIEN, V. Reduction of salt in pork sausages by the addition of carrot fibre or potato starch and high pressure treatment. **Meat Science**, 2012.

HASJIM, J.; LEE, S.-O.; HENDRICH, S.; SETIAWAN, S.; AI, Y.; JANE, J.-L. Characterization of a Novel Resistant-Starch and Its Effects on Postprandial Plasma-Glucose and Insulin Responses. **Cereal Chemistry Journal**, v. 87, n. 4, p. 257-262, 2010.

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

HORT, J.; COOK, D. Formulating low-fat food: The challenge of retaining flavour quality. In: HORT, J. e TAYLOR, A. J. (Ed.). **Modifying flavour in food**. Cambridge: Boca Raton, 2007. p.283.

HSIA, H. Y.; SMITH, D. M.; STEFFE, J. F. Rheological properties and adhesion characteristics of flour-based batters for chicken nuggets as affected by their hydrocolloids. **Journal of Food Science**, v. 57, n. 1, p. 16-24, 1992.

HUANG, S. C.; TSAI, Y. F.; CHEN, C. M. Effects of wheat fiber, oat fiber, and inulin on sensory and physico-chemical properties of chinese-style sausages. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 24, n. 6, p. 875-880, 2011.

HUGHES, E.; COFRADES, S.; TROY, D. J. Effects of fat level, oat fibre and carrageenan on frankfurters formulated with 5, 12 and 30% fat. **Meat Science**, v. 45, n. 3, p. 273-281, 1997.

IGNÁCIO, A. K. F. **Reformulação do perfil lípido de produto cárneo emulsionado adicionado de óleo de linhaça e ervas e especiarias: avaliação das características físico-químicas e sensoriais**. 2011. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos). Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

JIE, Z.; BANG-YAO, L.; MING-JIE, X.; HAI-WEI, L.; ZU-KANG, Z.; TING-SONG, W.; CRAIG, S. A. Studies on the effects of polydextrose intake on physiologic functions in Chinese people. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 72, n. 6, p. 1503-1509, 2000.

JIMENEZ-COLMENERO, F.; CARBALLO, J.; COFRADES, S. Healthier meat and meat products: their role as functional foods. **Meat Science**, v. 59, n. 1, p. 5-13, 2001.

JIMENEZ-COLMENERO, F.; COFRADES, S.; LOPEZ-LOPEZ, I.; RUIZ-CAPILLAS, C.; PINTADO, T.; SOLAS, M. T. Technological and sensory characteristics of reduced/low-fat, low-salt frankfurters as affected by the addition of konjac and seaweed. **Meat Science**, v. 84, n. 3, p. 356-363, 2010.

JONES, S. A. Physical, Chemical, and Sensory Aspects of Fat Replacement. In: ROLLER, S. e JONES, S. A. (Ed.). **Handbook of fat replacers**. Boca Raton: CRC Press, 1996. cap. 4,

KEENAN, D. F.; RESCONI, V. C.; KERRY, J. P.; HAMILL, R. M. Modelling the influence of inulin as a fat substitute in comminuted meat products on their physico-chemical characteristics and eating quality using a mixture design approach. **Meat Science**, v. 96, n. 3, p. 1384-1394, 2014.

KEETON, J. T. Low-Fat Meat-Products - Technological Problems with Processing. **Meat Science**, v. 36, n. 1-2, p. 261-276, 1994.

KUHN, K. R.; PICONE, C. S. F.; CUNHA, R. L. D. Food Gels. In: TELIS, V. R. N. (Ed.). **Biopolymer engineering in food processing**. Boca Raton: CRC Press, 2012. cap. 4,

LI, L.; JIANG, H.; CAMPBELL, M.; BLANCO, M.; JANE, J.-L. Characterization of maize amylose-extender (ae) mutant starches. Part I: Relationship between resistant starch contents and molecular structures. **Carbohydrate Polymers**, v. 74, n. 3, p. 396-404, 2008.

LUCCA, P. A.; TEPPER, B. J. Fat replacers and the functionality of fat in foods. **Trends in Food Science & Technology**, v. 5, n. 1, p. 12-19, 1994.

MARTÍNEZ-CERVERA, S.; SANZ, T.; SALVADOR, A.; FISZMAN, S. M. Rheological, textural and sensorial properties of low-sucrose muffins reformulated with sucralose/polydextrose. **LWT - Food Science and Technology**, v. 45, n. 2, p. 213-220, 2012.

MASON, W. R. Starch use in foods. In: BEMILLER, J. e WHISTLER, R. (Ed.). **Starch - Chemistry and Technology**. 3: Academic Press, 2009. cap. 20, (Food Science and Technology).

MCGOUGH, M. M.; SATO, T.; RANKIN, S. A.; SINDELAR, J. J. Reducing sodium levels in frankfurters using naturally brewed soy sauce. **Meat Science**, v. 91, n. 1, p. 69-78, 2012.

MENDOZA, E.; GARCIA, M. L.; CASAS, C.; SELGAS, M. D. Inulin as fat substitute in low fat, dry fermented sausages. **Meat Science**, v. 57, n. 4, p. 387-393, 2001.

MEYER, D.; BAYARRI, S.; TARREGA, A.; COSTELL, E. Inulin as texture modifier in dairy products. **Food Hydrocolloids**, v. 25, n. 8, p. 1881-1890, 2011.

MITCHELL, H. L. The Role of the Bulking Agent Polydextrose in Fat Replacement. In: ROLLER, S. e JONES, S. A. (Ed.). **Handbook of fat replacers**. Boca Raton: CRC Press, 1996. p.325.

MONSIVAIS, P.; CARTER, B. E.; CHRISTIANSEN, M.; PERRIGUE, M. M.; DREWNOWSKI, A. Soluble fiber dextrin enhances the satiating power of beverages. **Appetite**, v. 56, n. 1, p. 9-14, 2011.

MONTENEGRO, F. M.; GOMES-RUFFI, C. R.; VICENTE, C. A.; COLLARES-QUEIROZ, F. P.; STEEL, C. J. Biscoitos de polvilho azedo enriquecidos com fibras solúveis e insolúveis. **Food Science and Technology (Campinas)**, v. 28, p. 184-191, 2008.

MURPHY, O. Non-polyol low-digestible carbohydrates: food applications and functional benefits. **British Journal of Nutrition**, v. 85, p. S47-S53, 2001.

MUSSATTO, S. I.; MANCILHA, I. M. Non-digestible oligosaccharides: A review. **Carbohydrate Polymers**, v. 68, n. 3, p. 587-597, 2007.

NASCIMENTO, R. D. **Redução de cloreto de sódio e substituição de nitrito de sódio em produto cárneo embutido cozido: Características Físico-Químicas, microbiológicas e sensoriais**. 2010. 120 Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos). Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

NINESS, K. R. Inulin and oligofructose: What are they? **Journal of Nutrition**, v. 129, n. 7, p. 1402s-1406s, 1999.

NOWAK, B.; VON MUEFFLING, T.; GROTHEER, J.; KLEIN, G.; WATKINSON, B. M. Energy content, sensory properties, and microbiological shelf life of German bologna-type sausages produced with citrate or phosphate and with inulin as fat replacer. **Journal of Food Science**, v. 72, n. 9, p. S629-638, 2007.

PARK, J. W.; LANIER, T. C.; GREEN, D. P. Cryoprotective Effects of Sugar, Polyols, and/or Phosphates on Alaska Pollack Surimi. **Journal of Food Science**, v. 53, n. 1, p. 1-3, 1988.

PARK, J. W.; LANIER, T. C.; SWAISGOOD, H. E.; HAMANN, D. D.; KEETON, J. T. Effects of cryoprotectants in minimizing physicochemical changes of bovine natural actomyosin during frozen storage. **Journal of Food Biochemistry**, v. 11, n. 2, p. 143-161, 1987.

PASSOS, L. M. L.; PARK, Y. K. Frutooligossacarídeos: implicações na saúde humana e utilização em alimentos. **Ciência Rural**, v. 33, p. 385-390, 2003.

PFIZER. **Polydextrose food additive petition**. 9A3441. FDA. New York: Pfizer Inc. 1978.

PROSKY, L. What is fibre? Current controversies. **Trends in Food Science & Technology**, v. 10, n. 8, p. 271-275, 1999.

ROBERFROID, M. Dietary Fiber, Inulin, and Oligofructose - a Review Comparing Their Physiological-Effects. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 33, n. 2, p. 103-148, 1993.

ROBERFROID, M.; SLAVIN, J. Nondigestible oligosaccharides. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 40, n. 6, p. 461-480, 2000.

ROBERFROID, M. B. Inulin-type fructans: Functional food ingredients. **Journal of Nutrition**, v. 137, n. 11, p. 2493s-2502s, 2007.

RUUSUNEN, M.; VAINIONPAA, J.; LYLÄ, M.; LAHTENMAKI, L.; NIEMISTO, M.; AHVENAINEN, R.; PUOLANNE, E. Reducing the sodium content in meat products: The effect of the formulation in low-sodium ground meat patties. **Meat Science**, v. 69, n. 1, p. 53-60, 2005.

SAAD, S. M. I. Probióticos e prebióticos: o estado da arte. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 42, n. 1, p. 1-16, 2006.

SAJILATA, M. G.; SINGHAL, R. S.; KULKARNI, P. R. Resistant Starch—A Review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 5, n. 1, p. 1-17, 2006.

SANTOS, B. A. D.; CAMPAGNOL, P. C. B.; PACHECO, M. T. B.; POLLONIO, M. A. R. Fructooligosaccharides as a fat replacer in fermented cooked sausages. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 47, n. 6, p. 1183-1192, 2012.

SHAMIL, S.; WYETH, L. J.; KILCAST, D. Flavour release and perception in reduced-fat foods. **Food Quality and Preference**, v. 3, n. 1, p. 51-60, 1991.

SRISUVOR, N.; CHINPRAHAST, N.; PRAKITCHAIWATTANA, C.; SUBHIMAROS, S. Effects of inulin and polydextrose on physicochemical and sensory properties of low-fat set yoghurt with probiotic-cultured banana purée. **LWT - Food Science and Technology**, v. 51, n. 1, p. 30-36, 2013.

STEFFE, J. F. **Rheological methods in food process engineering**. 2. East Lansing, USA: Freeman Press, 1996. 418.

STOWELL, J. D. Polydextrose. In: CHO, S. S. e SAMUEL, P. (Ed.). **Fiber Ingredients: Food applications and healthy benefits**. Boca Raton: CRC Press, 2009a. p.499.

_____. Prebiotic Potential of polydextrose. In: CHARALAMPOPOULOS, D. e RASTALL, R. A. (Ed.). **Prebiotics and Probiotics Science and Technology**. New York: Springer Verlag, v.1, 2009b.

SYCH, J.; LACROIX, C.; ADAMBOUNOU, L. T.; CASTAIGNE, F. Cryoprotective Effects of Lactitol, Palatinit and Polydextrose® on Cod Surimi Proteins during Frozen Storage. **Journal of Food Science**, v. 55, n. 2, p. 356-360, 1990.

TABILO-MUNIZAGA, G.; BARBOSA-CÁNOVAS, G. V. Rheology for the food industry. **Journal of Food Engineering**, v. 67, n. 1-2, p. 147-156, 2005.

TERRELL, R. N. Reducing the Sodium Content of Processed Meats. **Food Technology**, v. 37, n. 7, p. 66-71, 1983.

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

TORNBERG, E. Effects of heat on meat proteins – Implications on structure and quality of meat products. **Meat Science**, v. 70, n. 3, p. 493-508, 2005.

TOTOSAUS, A.; PEREZ-CHABELA, M. L. Textural properties and microstructure of low-fat and sodium-reduced meat batters formulated with gellan gum and dicationic salts. **Lwt-Food Science and Technology**, v. 42, n. 2, p. 563-569, 2009.

TROUTT, E. S.; HUNT, M. C.; JOHNSON, D. E.; CLAUS, J. R.; KASTNER, C. L.; KROPF, D. H. Characteristics of Low-fat Ground Beef Containing Texture-modifying Ingredients. **Journal of Food Science**, v. 57, n. 1, p. 19-24, 1992.

TROWELL, H.; SOUTHGATE, D. T.; WOLEVER, T. S.; LEEDS, A.; GASSULL, M.; JENKINS, D. A. Dietary Fibre Redefined. **The Lancet**, v. 307, n. 7966, p. 967, 1976.

TUNGLAND, B. C. Fructo-oligosaccharides and other fructans: Structures and occurrences, production, regulatory aspects, food applications and nutritional health significance. **Abstracts of Papers of the American Chemical Society**, v. 223, p. U105-U105, 2002.

TUNGLAND, B. C.; MEYER, D. Nondigestible oligo- and polysaccharides (dietary fiber): Their physiology and role in human health and food. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 1, n. 3, p. 90-109, 2002.

TUORILA, H.; MONTELEONE, E. Sensory food science in the changing society: Opportunities, needs, and challenges. **Trends in Food Science & Technology**, v. 20, n. 2, p. 54-62, 2009.

VAN DEN BERG, L.; VAN VLIET, T.; VAN DER LINDEN, E.; VAN BOEKEL, M. A. J. S.; VAN DE VELDE, F. Breakdown properties and sensory perception of whey protein/polysaccharide mixed gels as a function of microstructure. **Food Hydrocolloids**, v. 21, p. 961-976, 2007.

VENTANAS, S.; PUOLANNE, E.; TUORILA, H. Temporal changes of flavour and texture in cooked bologna type sausages as affected by fat and salt content. **Meat Science**, v. 85, n. 3, p. 410-419, 2010.

VERMA, A. K.; SHARMA, B. D.; BANERJEE, R. Effect of sodium chloride replacement and apple pulp inclusion on the physico-chemical, textural and sensory properties of low fat chicken nuggets. **Lwt-Food Science and Technology**, v. 43, n. 4, p. 715-719, 2010.

VURAL, H.; JAVIDIPOUR, I.; OZBAS, O. O. Effects of interesterified vegetable oils and sugarbeet fiber on the quality of frankfurters. **Meat Science**, v. 67, n. 1, p. 65-72, 2004.

WANG, X.; GIBSON, G. R. Effects of the in-Vitro Fermentation of Oligofructose and Inulin by Bacteria Growing in the Human Large-Intestine. **Journal of Applied Bacteriology**, v. 75, n. 4, p. 373-380, 1993.

WEISS, J.; GIBIS, M.; SCHUH, V.; SALMINEN, H. Advances in ingredient and processing systems for meat and meat products. **Meat Science**, v. 86, n. 1, p. 196-213, 2010.

WESTPHALEN, A. D.; BRIGGS, J. L.; LONERGAN, S. M. Influence of pH on rheological properties of porcine myofibrillar protein during heat induced gelation. **Meat Science**, v. 70, n. 2, p. 293-299, 2005.

YUE, P.; WARING, S. Resistant starch in food applications. **Cereal Foods World**, v. 43, p. 690-695, 1998.

ZHANG, W.; XIAO, S.; SAMARAWEEERA, H.; LEE, E. J.; AHN, D. U. Improving functional value of meat products. **Meat Science**, v. 86, n. 1, p. 15-31, 2010.

- CAPÍTULO 2 -

***AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DE EMULSÕES
CÁRNEAS ADICIONADAS DE FIBRAS PREBIÓTICAS***

RESUMO

É crescente a demanda dos consumidores por produtos mais saudáveis, que contribuam com os aspectos de qualidade de vida, e apesar de a dieta não ser o único fator que afeta o bem-estar e a saúde, ela é um dos mais importantes. O objetivo dos consumidores é ter uma dieta balanceada e equilibrada, com alimentos mais saudáveis, porém sensorialmente agradáveis. Os produtos cárneos de modo geral são tidos como os vilões da alimentação atual, devido aos elevados teores de sódio e de gordura em sua composição. Entretanto, uma vez que os produtos cárneos são muito importantes na alimentação, faz-se necessário mover esforços para sua reformulação, a fim de atender a crescente demanda do público consumidor. Formulações de mortadelas com redução de 50 % dos teores de cloreto de sódio e da gordura animal foram processadas, e quatro diferentes tipos de fibras prebióticas (inulina, fruto-oligossacarídeo - FOS, amido resistente e polidextrose) foram adicionados em dois níveis (3 e 6 %). A adição das fibras inulina e polidextrose promoveu a formação de um produto com menor estabilidade. Observou-se que, principalmente, a redução dos teores de sódio, contribuiu com a menor CRA e força do gel formado. Com relação aos parâmetros de textura (TPA), as formulações adicionadas das fibras prebióticas apresentaram menores índices de dureza, gomosidade e mastigabilidade. Com relação aos parâmetros de coloração do *batter*, a adição das fibras produziu diferença significativa entre as formulações com relação ao índice de luminosidade (L^*) e de vermelho (a^*). Entretanto, após o cozimento das mesmas, nenhuma diferença significativa foi observada, devido provavelmente ao desenvolvimento da coloração pela reação de cura. Observa-se que a redução do teor de sódio e de gordura é possível, bem como a adição das diferentes fibras prebióticas, uma vez que após o cozimento seus parâmetros de coloração não são afetados. Entretanto, sugere-se a adição de algum ingrediente, como por exemplo, hidrocolóides e proteínas não cárneas, para melhorar a estabilidade da emulsão formada, favorecendo assim o desenvolvimento de um produto cárneo emulsionado, com reduzidos teores de sódio e gordura e acrescido de propriedades funcionais.

Palavras-chave: Estabilidade de emulsão, Produto funcional, Redução de sódio e de gordura.

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, as exigências dos consumidores mudaram consideravelmente no que diz respeito à demanda por produtos alimentícios. Cada vez mais, ocorre a associação direta entre o consumo de alimentos e a saúde, e desta forma, os alimentos têm sido produzidos não apenas para satisfazer a fome e prover os nutrientes essenciais, mas também contribuir na redução do risco de doenças crônicas relacionadas com a nutrição e na melhora do bem-estar físico e mental (BETORET et al., 2011).

A carne constitui uma excelente fonte de proteínas, ferro, zinco, niacina e vitaminas B6 e B12, entretanto, a carne bovina apresenta teor significativo de gordura, em comparação com a carne suína ou de peixes (BREWER, 2012). E, apesar dos cortes cárneos apresentarem-se mais magros, os produtos curados e embutidos, como linguiças e produtos de salsicharia de modo geral, apresentam não só elevados teores de gordura e de sódio, mas também elevado teor calórico, de gorduras saturadas e colesterol (KEETON, 1994; COLMENERO, 1996; DESMOND, 2006).

Nesse cenário, de todos os setores da indústria, o apresentado pela indústria cárnea tem sido o mais atingido pela publicidade negativa sobre a correlação entre os produtos cárneos e a incidência de algumas doenças. Várias organizações relacionadas com a saúde emitiram recomendações sobre o nível de ingestão de gordura e de colesterol, pressionando a indústria cárnea a reformular seus produtos a fim de modificar o teor de lipídeos e alterar sua composição em ácidos graxos (COLMENERO, 1996).

Assim, tem-se buscado a redução dos teores de gordura, sódio, nitrito, e outros aditivos, bem como a substituição e/ou incorporação de ingredientes funcionais, como fibras e hidrocolóides, com o objetivo de melhorar o perfil lipídico e introduzir certas características funcionais no produto.

O conceito de produtos mais saudáveis inclui os alimentos conhecidos como “funcionais”. Eles são definidos como aqueles utilizados na alimentação como uma forma de prevenção ou para o tratamento de certas desordens e doenças, além do seu valor nutritivo, por si só. De fato, este conceito não é novo, pois há um elevado número de evidências científicas sobre a relação entre a ingestão de alimentos e a prevenção de determinadas doenças (JIMENEZ-COLMENERO, CARBALLO e COFRADES, 2001).

De fato, uma grande variedade de produtos alimentícios tem sido caracterizada como um alimento funcional, uma vez que um de seus componentes acaba afetando uma variedade de funções relevantes do corpo, tanto para o bem-estar e saúde, quanto para a redução do risco de doenças. Assim, não existe nenhuma simples definição, universalmente aceita, para alimentos funcionais. Entretanto, ele deve apresentar três requisitos básicos: Ser um alimento derivado de ingredientes de ocorrência natural, ser consumido como parte da dieta diária e uma vez ingerido, ele deve regular processos específicos, como reforçar o mecanismo biológico de defesa, prevenção e tratamento de doenças específicas, controlar as condições físicas e mentais e retardar o processo de envelhecimento (ROBERFROID, M. B., 2000; JIMENEZ-COLMENERO, CARBALLO e COFRADES, 2001).

A carne e os produtos cárneos são um dos principais componentes da dieta atual, porém, seu consumo é afetado por vários fatores, como as características sensoriais e nutricionais, preço, conveniência de consumo, segurança alimentar e legislação. A consequência disto tudo é que nas sociedades mais ricas um dos aspectos que mais afeta a “imagem” e, portanto o consumo da carne é se ela é tida como saudável ou não. Obviamente, existem alguns aspectos que estão constantemente causando uma queda na confiança, como a implicação de certos constituintes da carne em algumas doenças prevalentes em nossa sociedade, como doenças cardiovasculares, câncer, hipertensão e obesidade (JIMENEZ-COLMENERO, CARBALLO e COFRADES, 2001). A este respeito, os alimentos funcionais têm desempenhado um papel de destaque, e observa-se um aumento em sua demanda. Tal fato pode ser explicado pelo aumento no custo dos cuidados com a saúde, o aumento na expectativa de vida e o desejo das pessoas mais velhas por melhorarem sua qualidade de vida nos seus últimos anos (ROBERFROID, MARCEL B., 2000; BETORET et al., 2011).

A inovação é hoje o mantra dos negócios, e os especialistas proclamam diariamente que a única esperança para a sobrevivência do mercado é a habilidade em inovar sempre. Neste contexto, o desenvolvimento de novos alimentos funcionais tornou-se cada vez mais desafiador, uma vez que tem que cumprir a expectativa do consumidor em ser simultaneamente prazeroso e saudável (SHAH, 2007; BETORET et al., 2011).

Entretanto, o desenvolvimento de alimentos funcionais é um processo que demanda custos, uma vez que requer conhecimento tecnológico detalhado do produto, do seu

processo de fabricação e das tecnologias envolvidas. O sucesso comercial dos alimentos funcionais dependerá basicamente do sabor, aparência, preço e do apelo de fazer bem à saúde dos consumidores (BETORET et al., 2011). E além do mais, tal substituição nem sempre pode ser facilmente realizada, já que os ingredientes desempenham funções específicas em cada tipo de produto adicionado.

No caso de produtos cárneos emulsionados, o sal desempenha papel primordial na extração das proteínas miofibrilares, aumentando sua capacidade de hidratação e de retenção de água que irão propiciar uma textura desejável no produto final (DESMOND, 2006). A redução do teor de gordura também é restrita, uma vez que durante o processamento ela pode interagir de diferentes formas com os ingredientes da formulação, contribuindo com a intensidade do sabor, suculência e maciez do produto (BREWER, 2012). Assim, o sal e a gordura contribuem juntamente com várias propriedades sensoriais dos produtos cárneos processados.

Guàrdia e colaboradores (2006) avaliaram a atitude dos consumidores, bem como a aceitação, de produtos cárneos com reduzido teor de sódio. Eles perceberam que os consumidores, de modo geral, reagem positivamente para produtos cárneos com baixo teor de sal, principalmente as mulheres. Segundo Sofos (1983), os escores de aceitação sensorial para a coloração de salsichas com reduzido teor de sódio, só não foram aceitáveis para os produtos com apenas 1 % (m/m) de NaCl.

Mittal e Barbut (1994) verificaram que a redução do teor de gordura em salsichas promoveu a formação de produtos mais macios e menos suculentos, porém com boa aceitação global. Até o momento não foi descoberto um único ingrediente que fosse capaz de substituir a gordura por completo em suas funções, fazendo-se necessária a combinação de diferentes ingredientes associada a alterações tecnológicas do processamento, que sejam capazes de reproduzir as propriedades de textura no produto final (LUCCA e TEPPER, 1994).

Uma grande variedade de ingredientes não cárneos, como os hidrocolóides e as fibras, tem sido utilizada em produtos cárneos emulsionados com o objetivo de melhorar as propriedades tecnológicas e funcionais dos produtos, além de contribuir com a aparência, palatabilidade e com a textura do produto final (MITTAL e USBORNE, 1986; JIMENEZ-COLMENERO, CARBALLO e COFRADES, 2001; DESMOND, 2006; WEISS et al.,

2010). As fibras dietéticas têm sido estudadas como ingredientes substitutos de gordura em diversas aplicações na indústria cárnea, objetivando inclusive a redução de custos (COFRADES et al., 2008). No entanto, o potencial de aplicação dos diferentes tipos de fibras em produtos cárneos não foi suficientemente estudado até o momento.

Quando se pretende utilizar fibras alimentícias como substitutos de gordura em produtos cárneos, as etapas são especialmente críticas quanto à seleção e reformulação, de forma a manter as propriedades sensoriais, nutricionais e físico-químicas dos produtos finais semelhantes ou superiores aos produtos tradicionais. Essa promissora tendência na área de ingredientes funcionais e no desenvolvimento de produtos cárneos com propriedades funcionais é resultado das propriedades nutricionais e tecnológicas das fibras, como substitutos de gordura (POLLONIO, 2011).

Apesar de toda a controvérsia na definição de fibra alimentícia, segundo o *Codex Alimentarius* (2010) a fibra alimentar é composta de polímeros de carboidratos com 10 ou mais unidades monoméricas, não é digerida nem absorvida no intestino delgado e serve de substrato para a microbiota intestinal, exercendo inúmeros efeitos positivos para o organismo humano. Além do mais, ela não está presente só na parede celular, mas no alimento como um todo podendo pertencer a três categorias de polímeros de carboidratos: 1 - comestíveis, que ocorrem naturalmente nos alimentos na forma como são consumidos; 2 - obtidos de material cru por meio físico, químico ou enzimático; 3 - sintéticos; sendo que as duas últimas devem apresentar comprovado efeito fisiológico benéfico sobre a saúde humana.

As fibras desempenham funções tecnológicas e também funcionais nos produtos onde são adicionadas, cujo consumo regular tem sido reconhecido em função dos benefícios à saúde, como redução do tempo de trânsito intestinal, redução do risco de constipação e de doenças relacionadas ao trato intestinal (câncer de cólon retal). As fibras insolúveis promovem uma digestão e absorção mais lenta dos nutrientes, promovendo maior sensação de saciedade, enquanto que as fibras solúveis são quase totalmente fermentáveis pela microbiota bacteriana, produzindo ácidos graxos voláteis e por isso são consideradas prebióticos (ROBERFROID, M., 2007; WANG, 2009).

O uso de fibras prebióticas tem grande potencial de aplicação como ingredientes não cárneos devidos às suas funções de extensores, substitutos de gordura, introdução de apelo

à saúde, bem como na promoção da saúde (POLLONIO, 2011), justificando, desta forma, o elevado número de pesquisas com a aplicação de fibras prebióticas em produtos alimentícios. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar as propriedades tecnológicas de diferentes fibras prebióticas, inulina, fruto-oligossacarídeo (FOS), amido resistente e polidextrose, em produtos cárneos emulsionados com simultânea redução do cloreto de sódio (NaCl) e da gordura.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Descrição dos materiais:

A matéria-prima carne bovina (corte carne patinho - *M. quadriceps femoris*) e a gordura suína foram obtidas no comércio local de Campinas (SP), com garantia de qualidade assegurada, ambas embaladas a vácuo e resfriadas a 5 °C. Foi realizada uma limpeza prévia das peças cárneas, para retirada da gordura aparente. Em ambas as matérias-primas foram realizadas porcionamento e moagem em disco de 3 mm, para posterior congelamento e utilização.

A fibra fruto-oligossacarídeo (FOS) (Nutraflora® P95), foi fornecida pela Ingredion Brasil Ingredientes Industriais (São Paulo, Brasil). Ela é um polissacarídeo de cadeia curta, composto por 36,6 % de 1-kestose (GF2), 49,7 % nistose (GF3) e 9,5 % frutofuranosil nistose (GF4) em que as unidades de frutossil são ligadas na posição β (1-2) da sacarose, segundo laudo do fornecedor. O amido resistente, conhecido como Hi-Maize 260, também foi doado pela Ingredion Brasil (São Paulo, Brasil), com pH 5,6 e umidade 11,4%, segundo o fabricante.

A fibra inulina, comercializada como Orafiti® GR, foi fornecida pela Clariant S.A. (São Paulo, Brasil). É uma mistura de oligossacarídeo e polissacarídeo compostos por unidades de frutose unidas entre si por ligações β (2-1), com grau de polimerização maior que 10 unidades, segundo laudo do fabricante.

A fibra polidextrose, com nome comercial de Sta-Lite® III, com 90% de fibras em sua composição, em base seca, e foi doada pela Tovani Benzaquen Ingredientes (São Paulo, Brasil).

Os demais ingredientes utilizados nas formulações foram fornecidos pela empresa Kerry do Brasil (Campinas, São Paulo).

2.2. Planejamento experimental

Utilizou-se como planejamento experimental um delineamento inteiramente casualizado. Foram utilizadas 4 formulações controle, sendo assim: FC1 – Formulação controle total, contendo 20 % de gordura, 2 % de cloreto de sódio (NaCl) e 5 % de amido; FC2 – Formulação controle para gordura, contendo 20 % de gordura, 1 % de NaCl e 5 % de amido; FC3 – Formulação controle para o NaCl, contendo 10 % de gordura, 2 % de NaCl e 5 % de amido; F1 – Formulação controle para as fibras, contendo 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 0 % de amido. A adição das fibras foi avaliada em dois níveis, 3 e 6 %, sendo que as 4 diferentes fibras prebióticas utilizadas foram: inulina, fruto-oligossacarídeo (FOS), polidextrose e amido resistente. Todas as formulações adicionadas das diferentes fibras continham então 10 % de gordura e 1 % de NaCl, denominadas assim: F2 – com 3 % de FOS; F3 – 6 % de FOS; F4 – 3 % de inulina; F5 – 6 % de inulina; F6 – 3 % de polidextrose; F7 – 6 % de polidextrose; F8 – 3 % de amido resistente; F9 – 6 % de amido resistente; F10 – 1,5 % de FOS, 1,5 % de inulina, 1,5 % de polidextrose e 1,5 % de amido resistente, completando um total de 13 formulações.

2.3. Processamento dos *batters* cárneos

As formulações foram desenvolvidas com base na composição tradicional de um produto cárneo emulsionado (mortadela) com 60 % (m/m) de carne bovina, 0,25 % (m/m) de polifosfato de sódio, 0,05 % (m/m) de eritorbato de sódio e 150 ppm de nitrito de sódio. O amido de mandioca (5 % m/m) foi utilizado apenas nas formulações controle (FC1, FC2, FC3 e F1), conforme Tabela 2.1. O teor de água/gelo adicionada foi diferente entre as formulações, pois com a redução dos teores de gordura, cloreto de sódio e a adição das fibras, ele foi utilizado para completar 100 % das formulações. Foram dispensados os condimentos pelo fato de não ser o propósito de trabalho a avaliação das propriedades sensoriais. Apesar disso, o produto cozido assim elaborado será denominado mortadela, uma vez que a composição dos macro componentes corresponde ao PIQ (Padrão de Qualidade e Identidade) desse produto cárneo.

Tabela 2.1 - Formulações dos *batters* cárneos adicionados de fibras prebióticas com redução de sal e gordura.

INGREDIENTES	Composição (% m/m) dos tratamentos avaliados												
	FC1	FC2	FC3	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10
Toucinho Suíno	20,0	20,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Cloreto de Sódio	2,0	1,0	2,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Amido de mandioca	5,0	5,0	5,0	5,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FOS	-	-	-	-	3,0	6,0	-	-	-	-	-	-	1,5
Inulina (IN)	-	-	-	-	-	-	3,0	6,0	-	-	-	-	1,5
Amido Resistente (AR)	-	-	-	-	-	-	-	-	3,0	6,0	-	-	1,5
Polidextrose (PD)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,0	6,0	1,5
Gelo	12,7	13,7	22,7	23,7	25,7	22,7	25,7	22,7	25,7	22,7	25,7	22,7	22,7

FC1 = 20 % de gordura, 2 % de NaCl e 5 % de amido, FC2 = 20 % de gordura, 1 % de NaCl e 5 % de amido, FC3 = 10 % de gordura, 2 % de NaCl e 5 % de amido, F1 = 10 % de gordura, 1 % NaCl e 5 % de amido, F2 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 3 % de FOS, F3 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 6 % de FOS, F4 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 3 % de inulina, F5 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 6 % de inulina, F6 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 3 % de amido resistente, F7 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 6 % de amido resistente, F8 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 3 % de polidextrose, F9 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 6 % de polidextrose e F10 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl, 1,5 % de FOS, inulina, amido resistente e polidextrose.

O produto foi elaborado na planta piloto do Laboratório de Carnes do Departamento de Tecnologia de Alimentos (DTA), na Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). A carne bovina magra congelada (-1 °C) foi adicionada no *cutter* (Mado, MTK – 661, Germany) juntamente com o cloreto de sódio, e parte da água na forma de gelo, e iniciou-se o processo de cominuição por 1,5 minutos. Posteriormente, adicionou-se o polifosfato e misturou por mais 2 minutos. Em seguida adicionou-se o eritorbato e o nitrito e procedeu-se à cominuição por mais 1,5 minutos. Para finalizar, procedeu-se a adição do toucinho, amido e/ou fibras e o restante do gelo, e continuou-se a cominuição até que a temperatura final do *batter* atingisse 12 °C.

Parte da massa crua, denominada aqui neste trabalho de *batter*, foi acondicionada em embalagens plásticas (30 x 50 cm), sob vácuo, e mantida sob refrigeração (4 °C) para posteriores análises. Outra parte foi acondicionada em tripas impermeáveis (Clariant, 9 cm ø), utilizando embutideira hidráulica (Mainca, EC-12), contendo aproximadamente 0,5 kg de produto cada, e levadas ao cozimento em banho-maria, com aumento gradativo de temperatura, até que as peças de mortadela atingissem a temperatura interna de 72 – 74 °C. Após o cozimento, as amostras foram resfriadas e acondicionadas sob refrigeração, até o

momento de realização das análises. As amostras cozidas são denominadas de mortadela, uma vez que a formulação utilizada é à base dessa categoria de produtos.

Para cada formulação preparada foi de 3 kg, sendo que destes, 1 kg do *batter* foi acondicionado em embalagens plásticas, sob vácuo, e 4 bisnagas de mortadelas, de 0,5 kg cada, foram cozidas e armazenadas sob refrigeração (4 °C), para posteriores análises. Desta forma, têm-se duas unidades experimentais do *batter* e 4 da mortadela, para cada formulação. Como as formulações foram processadas em três repetições, perfaz-se um total de 39 unidades experimentais para cada tratamento, sendo 156 unidades experimentais de mortadelas e 78 unidades experimentais de *batter*, no total.

2.4. Análises físico-químicas e físicas

2.4.1. Determinação do pH

O pH foi medido utilizando um pH-metro MA 130 Metler, e sonda de penetração, no *batter* e nas mortadelas, cinco dias após o processamento, a temperatura de 4 °C. O valor obtido é uma média das leituras, que foram realizadas em pelo menos 3 pontos diferentes do produto.

2.4.2. Determinação da umidade

O teor de umidade foi determinado de acordo com AOAC (2006), método 39.102, por secagem da amostra, em estufa a 105 °C, em triplicata.

2.4.3. Determinação do teor de sódio

O conteúdo de sódio foi determinado, em triplicata para cada formulação. A digestão das amostras foi realizada com solução de ácido nítrico Merck (65 %), em forno micro-ondas modelo SW-4, Speed Wave (Berghof, Germany), com a seguinte rampa de aquecimento: 150 °C / 25 Pa / 10 min / 40 % power, seguido de 210 °C / 30 Pa / 3 min / 50 % power e finalizando com 250 °C / 35 Pa / 7 min / 20 % power, sendo que para atingir as temperaturas estabelecidas foram necessários 3, 3 e 2 min respectivamente. As leituras foram realizadas em fotômetro de chama, modelo DM – 62 Digimed, segundo recomendações do fabricante.

2.4.4. Determinação do teor de gordura

O teor de gordura foi determinado, em triplicata, para as formulações controle FC1, FC2, FC3 e F1, para confirmação da redução de 50 % do toucinho adicionado. Utilizou-se metodologia da AOAC (2006) (método 39.108) utilizando método intermitente de Soxhlet modificado, realizado em destilador e utilizando éter de petróleo como solvente orgânico.

2.4.5. Teste de estabilidade da emulsão

A estabilidade da emulsão foi realizada segundo metodologia descrita por Parks e Carpenter (1987), modificada. Três amostras do *batter* (cerca de 40 g) foram acondicionadas em embalagens plásticas flexíveis (cerca de 9 x 15 cm) previamente pesadas. As embalagens foram então hermeticamente seladas, novamente pesadas e submetidas ao cozimento escalonado sob 40 °C/30 min e 70 °C/30 min. em banho-maria (Marconi, MA 093). Para resfriar, as amostras foram imersas em banho de água e gelo por cerca de 10 min, e deixadas em repouso até atingirem a temperatura ambiente. Após, o líquido exsudado foi drenado, e o material novamente pesado, para quantificar o líquido liberado, como porcentagem do peso da amostra.

$$\% \text{ Líquido Exsudado} = (P \text{ exsudado} / P \text{ amostra}) * 100$$

Onde:

- P amostra (g) = Peso massa crua
- P exsudado (g) = Peso massa crua - Peso massa cozida

2.4.6. Análise do perfil de textura (TPA)

O perfil instrumental de textura das mortadelas com reduzidos teores de gordura e de NaCl e adicionadas das diferentes fibras prebióticas foi realizado utilizando um texturômetro TA-xT2i (Texture Technologies Corp., Scarsdale, NY), acoplado ao software Texture Expert V1.19 (Stable Micro Systems) e “probe” P-35. Todas as amostras foram comprimidas em 30 % de sua altura inicial. Seis amostras foram obtidas de uma mesma peça de mortadela, porém de locais diferentes, e foram cortadas com 20 mm de altura e 20 mm de diâmetro com o auxílio de um cilindro metálico. As medições foram realizadas com as amostras estabilizadas à temperatura ambiente. As amostras foram submetidas a dois

ciclos consecutivos de compressão uniaxial, em 30 % de sua altura inicial, a uma velocidade constante de 1 mm/s. Os parâmetros determinados foram a dureza, elasticidade, adesividade, coesividade e mastigabilidade.

A dureza é a força máxima registrada no primeiro ciclo de compressão e está relacionada com a força de ruptura do material (Figura 2.1). A elasticidade é a porcentagem de recuperação do material, definida como a razão entre duas deformações. A adesividade é o trabalho necessário para ultrapassar as forças de atração entre o material e a superfície do “probe”, e corresponde à área da força negativa entre os dois ciclos de compressão. A coesividade é a razão entre o trabalho realizado no segundo ciclo de compressão pelo trabalho realizado no primeiro ciclo, calculada como a razão entre as áreas dos picos. A mastigabilidade, como o próprio nome diz, é a energia requerida para mastigar um alimento sólido até o ponto de ser engolido, obtida pela multiplicação entre dureza, elasticidade e coesividade (BOURNE, 1978).

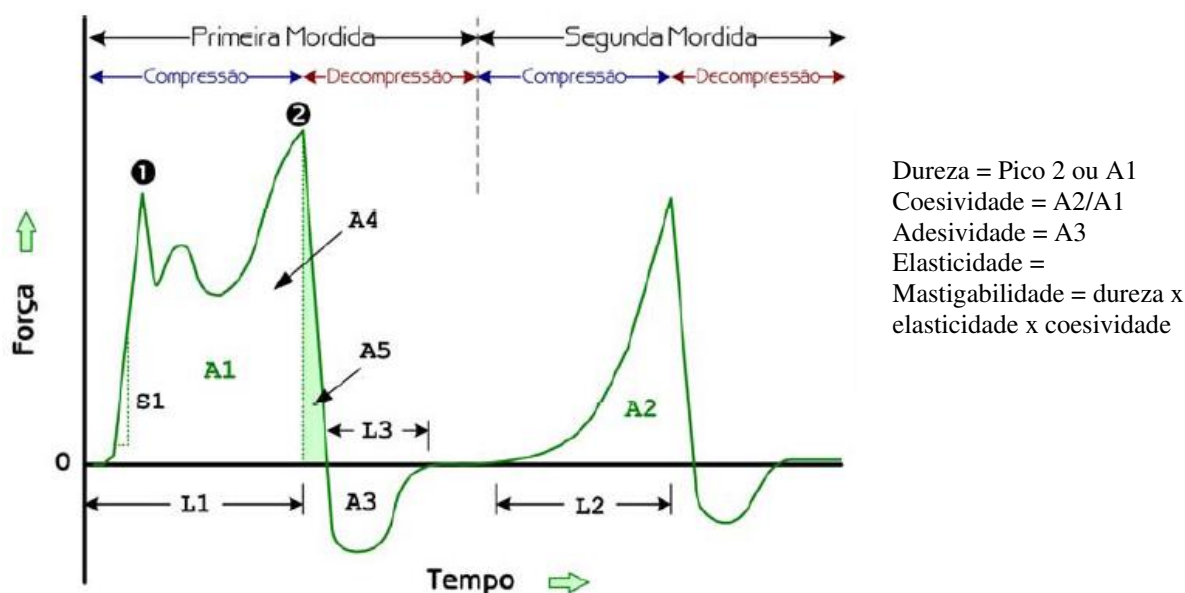


Figura 2.1 – Curva típica da deformação obtida da análise por TPA em alimentos sólidos ou semissólidos

A1 = Área total da primeira mordida (A4 + A5); A2 = Área total da segunda mordida; A3 = Área negativa da primeira mordida, representando o trabalho necessário para se retirar, completamente, a sonda da amostra; A4 = Área da primeira compressão; A5 = Área da primeira decompressão; L1 = Distância para detectar o pico de deformação na primeira mordida; L2 = Distância para detectar o pico de deformação na segunda mordida. Fonte: RAMOS e GOMIDE (2007).

2.4.7. Determinação da cor

Amostras tanto dos *batters*, quanto das mortadelas, nos diferentes tratamentos, foram avaliadas quanto aos parâmetros de cor, 72 horas após o processamento. Um espectrofotômetro CM-5 (Konica Minolta) foi utilizado para as leituras, operando com iluminante D65, ângulo do observador 10°, no modo SCI (desconsiderando o brilho da amostra) e no sistema de cor CIELab, para avaliação dos parâmetros L*, a* e b*. As mortadelas foram fatiadas com espessura de 0,5 cm, e a leitura realizada à temperatura ambiente, enquanto os *batters* foram acondicionados na cubeta de leitura com pelo menos 0,5 cm de altura, e a leitura realizada sob temperatura de refrigeração. Para todas as amostras foram realizadas cinco leituras, sendo que a média de cada leitura foi dada por cinco *flashes*, e o procedimento repetido em triplicata.

2.5. Análise estatística

Os dados foram avaliados por meio da análise de variância (ANOVA) ao nível de significância de 5 %, e a diferença entre as médias dos resultados foi avaliada pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$), utilizando o programa estatístico SAS, versão 9.1, licenciado pela UNICAMP.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. pH, umidade, teor de sódio e de gordura

Os dados de pH (mortadela e *batter*), teor de umidade, teor de sódio e de gordura das formulações avaliadas, estão apresentados na Tabela 2.2. Nenhuma das formulações do *batter* (produto cru) avaliadas apresentou diferença significativa quanto ao valor de pH. Para o produto cozido (mortadela) houve diferença significativa apenas entre a formulação controle com redução do teor de gordura e as formulações adicionadas de 3 % de FOS (F2) e 6 % de polidextrose (F9). Ao comparar as formulações controle com as formulações adicionadas das diferentes fibras prebióticas não houve diferença significativa.

Tabela 2.2 – Características físico-químicas das formulações de mortadelas avaliadas.

Tratamentos	pH <i>Batter</i>	pH Mortadela	Umidade	Na (mg/100g)	% gordura
FC1	5,84 ± 0,09 ^a	5,97 ± 0,10 ^{ab}	62,17 ± 1,0 ^c	1014 ± 6 ^a	16,47 ± 0,5 ^a
FC2	5,87 ± 0,03 ^a	6,04 ± 0,03 ^{ab}	62,89 ± 0,6 ^{bc}	582 ± 12 ^{bc}	16,64 ± 0,6 ^a
FC3	5,78 ± 0,03 ^a	5,89 ± 0,05 ^b	70,37 ± 0,4 ^a	1006 ± 10 ^a	8,54 ± 0,2 ^b
F1	5,84 ± 0,06 ^a	6,09 ± 0,10 ^{ab}	70,93 ± 0,2 ^a	562 ± 8 ^{bcd}	9,10 ± 0,1 ^b
F2	5,93 ± 0,09 ^a	6,16 ± 0,04 ^a	70,19 ± 1,1 ^a	nd	nd
F3	5,85 ± 0,07 ^a	6,09 ± 0,09 ^{ab}	68,86 ± 0,3 ^a	nd	nd
F4	5,94 ± 0,01 ^a	6,05 ± 0,02 ^{ab}	68,26 ± 1,3 ^{ab}	nd	nd
F5	5,93 ± 0,01 ^a	6,04 ± 0,02 ^{ab}	67,12 ± 0,2 ^{abc}	nd	nd
F6	5,87 ± 0,06 ^a	6,08 ± 0,06 ^{ab}	70,85 ± 0,8 ^a	nd	nd
F7	5,89 ± 0,03 ^a	6,06 ± 0,10 ^{ab}	69,40 ± 0,9 ^a	nd	nd
F8	5,88 ± 0,07 ^a	6,13 ± 0,06 ^{ab}	69,44 ± 1,6 ^a	nd	nd
F9	5,86 ± 0,03 ^a	6,21 ± 0,07 ^a	68,03 ± 3,9 ^{ab}	nd	nd
F10	5,79 ± 0,03 ^a	6,03 ± 0,07 ^{ab}	67,16 ± 1,3 ^{abc}	nd	nd

* Letras minúsculas diferentes na mesma coluna são estatisticamente diferentes ($p < 0,05$), pelo teste de Tukey. nd = não determinado. FC1 = 20 % de gordura, 2 % de NaCl e 5 % de amido, FC2 = 20 % de gordura, 1 % de NaCl e 5 % de amido, FC3 = 10 % de gordura, 2 % de NaCl e 5 % de amido, F1 = 10 % de gordura, 1 % NaCl e 5 % de amido, F2 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 3 % de FOS, F3 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 6 % de FOS, F4 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 3 % de inulina, F5 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 6 % de inulina, F6 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 3 % de amido resistente, F7 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 6 % de amido resistente, F8 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 3 % de polidextrose, F9 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 6 % de polidextrose e F10 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl, 1,5 % de FOS, inulina, amido resistente e polidextrose.

Com relação à umidade do produto final, verifica-se que há diferença significativa entre as formulações adicionadas de fibras prebióticas e as formulações controle, exceto com os controles FC3 e F1, o que era esperado devido o teor de água adicionado. Verifica-se também, que entre as formulações controle, a redução da gordura influenciou significativamente ($p < 0,05$) o teor de umidade final do produto, enquanto a redução apenas do teor de NaCl não foi significativa.

Entre as formulações adicionadas das diferentes fibras não houve diferença significativa, como era esperado, já que a única diferença entre as mesmas foi o teor (3 ou 6 %) e o tipo de fibra adicionada. A utilização de carragena e fibra de aveia apresentou diferença significativa ao reduzir o teor de gordura de 30 para 12 e 5 %, comparando as fibras entre si. Porém, ao avaliar apenas a redução do teor de gordura, observou-se que as formulações contendo menores teores de gordura apresentaram maior teor de umidade (HUGHES, COFRADES e TROY, 1997). Já Claus e Hunt (1991) não observaram

diferença significativa no teor de umidade, ao reduzirem o teor de gordura de mortadelas e adicionarem fibras de beterraba, aveia, ervilha ou amido de trigo.

Quanto ao teor de sódio, nenhuma diferença significativa foi observada entre as formulações controle FC1 (20 % de gordura e 2 % de NaCl) e FC3 (10 % de gordura e 2 % de NaCl), e as formulações FC2 (20 % de gordura e 1 % de NaCl) e F1 (10 % de gordura e 1 % de NaCl). Verifica-se que todos os teores de sódio estão compatíveis com os níveis de NaCl adicionados, considerando que as outras fontes de sódio (nitrito, tripolifosfato e eritorbato) foram mantidas constantes em todas as formulações (Tabela 2.1).

O teor de gordura final foi ao redor de 16 % para as formulações controle FC1 (20 % de gordura e 2 % de NaCl) e FC2 (20 % de gordura e 1 % de NaCl), e em torno de 8- 9 % para as formulações controle FC3 (10 % de gordura e 2 % de NaCl) e F1 (10 % de gordura e 1 % NaCl), confirmando a redução 50 % do teor de gordura animal (toucinho) adicionada. E da mesma forma que foi para o sódio, a base da formulação F1 foi a mesma utilizada para as formulações adicionadas das diferentes fibras prebióticas (F2 – F9), não havendo a necessidade de serem analisadas as demais formulações.

3.2. Estabilidade da emulsão

A estabilidade da emulsão das diferentes formulações, expressa pelo teor de líquido liberado, foi afetada pela redução dos teores de NaCl e de gordura e incorporação das diferentes fibras prebióticas (frutooligossacarídeo - FOS, inulina, amido resistente e polidextrose). A Figura 2.2 ilustra o conteúdo de líquido que foi perdido, após o cozimento, pelas formulações adicionadas das diferentes fibras.

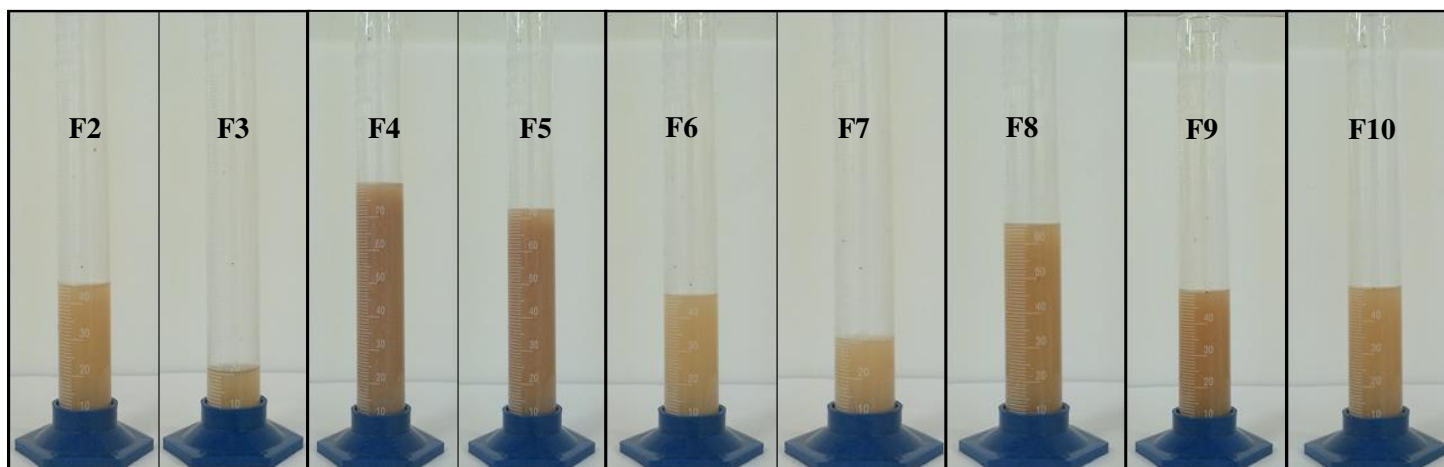


Figura 2.2 – Ilustração comparativa do teor de líquido exsudado pelas formulações adicionadas das diferentes fibras prebióticas (*).

F2 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 3 % de FOS, F3 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 6 % de FOS, F4 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 3 % de inulina, F5 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 6 % de inulina, F6 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 3 % de amido resistente, F7 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 6 % de amido resistente, F8 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 3 % de polidextrose, F9 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 6 % de polidextrose e F10 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl, 1,5 % de FOS, inulina, amido resistente e polidextrose. (*) Não houve liberação de líquido pelas formulações FC1, FC2, FC3 e F1.

As maiores perdas de líquido foram observadas nas formulações adicionadas de inulina (IN) (F4 e F5) e polidextrose (PD) (F8 e F9), sendo estatisticamente diferente das outras formulações (Tabela 2.3).

As menores perdas de líquido foram observadas para as formulações controle (FC1, FC2, FC3), inclusive com a redução de NaCl e de gordura, como também para a redução simultânea destes componentes (F1). Para as formulações controle (FC1, FC2, FC3, F1), a perda de líquido variou de 0,20 a 1,97 %, enquanto que para as formulações adicionadas de fibras prebióticas (F2 – F9) variou de 8,86 a 29,84 %. Verifica-se também que a mistura de todas as fibras contribuiu significativamente com a estabilidade da emulsão formada, quando comparado com as fibras inulina (F4) e polidextrose (F8 e F9), uma vez que a porcentagem de líquido perdido pelas formulações após o cozimento foi significativamente inferior.

Ao comparar as formulações adicionadas das diferentes fibras entre si, observou-se que as formulações adicionadas de FOS, em ambos os níveis (3 e 6 %) (F2 e F3), foi a que apresentou os melhores resultados, com maior estabilidade do produto formado.

Tabela 2.3 - Porcentagem de líquido liberado após o cozimento dos batters elaborados com adição de fibras prebióticas e redução de NaCl e de gordura.

Tratamentos	% Líquido Exsudado
FC1	0,50 ± 0,03 ^e
FC2	0,20 ± 0,18 ^e
FC3	0,52 ± 0,49 ^e
F1	1,97 ± 0,42 ^e
F2	16,69 ± 0,40 ^c
F3	8,86 ± 1,61 ^d
F4	29,84 ± 1,91 ^a
F5	24,64 ± 1,48 ^{ab}
F6	20,04 ± 2,33 ^{bc}
F7	19,99 ± 3,94 ^{bc}
F8	27,26 ± 2,10 ^a
F9	27,79 ± 2,35 ^a
F10	20,74 ± 0,91 ^{bc}

* Letras minúsculas diferentes representam diferença estatística significativa ($p < 0,05$), pelo teste de Tukey. FC1 = 20 % de gordura, 2 % de NaCl e 5 % de amido, FC2 = 20 % de gordura, 1 % de NaCl e 5 % de amido, FC3 = 10 % de gordura, 2 % de NaCl e 5 % de amido, F1 = 10 % de gordura, 1 % NaCl e 5 % de amido, F2 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 3 % de FOS, F3 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 6 % de FOS, F4 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 3 % de inulina, F5 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 6 % de inulina, F6 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 3 % de amido resistente, F7 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 6 % de amido resistente, F8 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 3 % de polidextrose, F9 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 6 % de polidextrose e F10 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl, 1,5 % de FOS, inulina, amido resistente e polidextrose.

É sabido que as proteínas miofibrilares solubilizadas com sal formam um exsudado viscoso sobre a superfície das peças. Esta camada forma uma película proteica ao redor dos glóbulos de gordura que, durante o cozimento, gelifica retendo a gordura e mantendo a água aprisionada, contribuindo com a maciez do produto (DESMOND, 2006). A redução dos teores de gordura e de NaCl adicionados implicou na adição de maiores teores de água, que contribuíram para uma maior liberação de líquido após o cozimento. Este fato pode estar associado também com a redução do poder de ligação das partículas do *batter*, devido a adição das fibras (CREHAN et al., 2000). A retirada de 5 % de amido de mandioca (fécula) contribuiu também para explicar o fenômeno, uma vez que esse ingrediente extensor é reconhecido por sua excelente capacidade de gelatinização em *batters* cárneos, quando submetidos ao aquecimento.

Resultados similares foram observados por Hughes, Cofrades e Troy (1997), ao avaliarem a redução do teor de gordura em salsichas, com a adição de carragena (1 %) e fibra de aveia (2 %). Hughes, Mullen e Troy (1998) avaliaram a adição de amido de

mandioca (3 %) e proteínas do soro do leite (3 %), e observaram menores perdas de líquido pelo produto, ou seja, maior estabilidade da emulsão, enquanto a adição de maltodextrina (2 %), conjuntamente com a redução do teor de gordura (de 30 para 12 e 5 %) resultou em menor estabilidade da emulsão, segundo Crehan et al. (2000). A adição de óleos vegetais com fibra de farelo de arroz apresentou resultados significativamente positivos, com melhor estabilidade de emulsão para as formulações contendo óleos de canola e de soja (CHOI, Y. S. et al., 2009).

Nas condições utilizadas neste experimento, verificou-se que a redução do teor de gordura, principalmente, promoveu aumento na razão umidade/proteína, já que o teor de carne adicionada foi mantido constante (60 % m/m), e a formulação (100 % m/m) completada com água para a redução da gordura. Segundo Cavestany e colaboradores (1994), a redução do teor de gordura com o aumento do teor de água adicionada, apesar de manter o conteúdo proteico essencialmente constante, reduz as propriedades de ligação da emulsão e propicia textura mais macia ao produto, uma vez que uma matriz menos densa é formada. A composição da gordura presente nas matérias-primas cárneas e adicionada na forma de toucinho às formulações é caracterizada por apresentar elevado teor de ácidos graxos saturados com alto ponto de fusão, o que resulta em produtos finais com consistência firme após o cozimento e resfriamento.

Com relação à redução do teor de cloreto de sódio, alguns pesquisadores observaram que a redução dos seus níveis até 2,0 % não afeta significativamente a estabilidade da emulsão. Todavia, uma redução a níveis inferiores, como 1,5 ou 1,0 % propicia uma emulsão pouco estável (BARBUT, MAURER e LINDSAY, 1988). A substituição do NaCl por outros sais, como cloretos de potássio (KCl), cálcio (CaCl_2) e magnésio (MgCl_2) afetam significativamente a estabilidade da emulsão devido provavelmente à presença dos cátions bivalentes (Ca^{+2}), que contribuem para uma menor extração das proteínas miofibrilares, bem como a aceitação pelos consumidores devido ao sabor residual amargo do cloreto de potássio (KCl) (HORITA et al., 2011).

3.3. Perfil instrumental de textura (TPA)

Os efeitos de adição das diferentes fibras prebióticas e redução dos teores de sódio e de gordura sobre as propriedades de textura das formulações de mortadelas estão apresentados na Tabela 2.4.

Tabela 2.4 - Perfil instrumental de textura das mortadelas (adesividade, Ades; elasticidade, Elas; dureza, Dur; coesividade, Coes; mastigabilidade, Mast).*

Tratamentos	Ades	Elas	Dur (N)	Coes	Mast (N)
FC1	-0,30 ± 0,23 ^a	0,90 ± 0,05 ^a	15,13 ± 0,8 ^{ab}	0,85 ± 0,00 ^{ab}	11,46 ± 0,6 ^{ab}
FC2	-0,23 ± 0,14 ^a	0,88 ± 0,04 ^a	15,45 ± 0,8 ^a	0,84 ± 0,01 ^{abc}	11,38 ± 0,6 ^{ab}
FC3	-0,33 ± 0,26 ^a	0,91 ± 0,04 ^a	15,68 ± 1,0 ^a	0,84 ± 0,01 ^{ab}	12,08 ± 0,9 ^a
F1	-0,27 ± 0,28 ^a	0,89 ± 0,01 ^a	13,62 ± 0,4 ^{bc}	0,83 ± 0,01 ^{abc}	10,17 ± 0,3 ^{bcd}
F2	-0,089 ± 0,08 ^a	0,91 ± 0,01 ^a	09,71 ± 0,6 ^e	0,84 ± 0,01 ^{abc}	07,45 ± 0,5 ^f
F3	-0,022 ± 0,02 ^a	0,92 ± 0,03 ^a	11,04 ± 0,3 ^{de}	0,86 ± 0,01 ^a	08,70 ± 0,6 ^{def}
F4	-0,047 ± 0,01 ^a	0,91 ± 0,01 ^a	10,91 ± 0,7 ^{de}	0,82 ± 0,00 ^{bc}	08,11 ± 0,6 ^{ef}
F5	-0,19 ± 0,28 ^a	0,91 ± 0,00 ^a	11,79 ± 0,7 ^d	0,83 ± 0,01 ^{bc}	08,84 ± 0,5 ^{def}
F6	-0,035 ± 0,02 ^a	0,92 ± 0,00 ^a	11,82 ± 0,3 ^d	0,83 ± 0,00 ^{bc}	08,98 ± 0,3 ^{def}
F7	-0,18 ± 0,19 ^a	0,91 ± 0,02 ^a	14,22 ± 0,4 ^{ab}	0,83 ± 0,01 ^{bc}	10,67 ± 0,6 ^{abc}
F8	-0,07 ± 0,04 ^a	0,91 ± 0,01 ^a	12,32 ± 0,2 ^{cd}	0,82 ± 0,01 ^c	09,12 ± 0,1 ^{cde}
F9	-0,034 ± 0,03 ^a	0,91 ± 0,01 ^a	12,01 ± 0,1 ^{cd}	0,83 ± 0,02 ^{bc}	09,00 ± 0,3 ^{def}
F10	-0,058 ± 0,09 ^a	0,92 ± 0,03 ^a	12,25 ± 0,2 ^{cd}	0,83 ± 0,01 ^{abc}	09,41 ± 0,4 ^{cde}

* Letras minúsculas diferentes na mesma coluna são estatisticamente diferentes ($p < 0,05$), pelo teste de Tukey. FC1 = 20 % de gordura, 2 % de NaCl e 5 % de amido, FC2 = 20 % de gordura, 1 % de NaCl e 5 % de amido, FC3 = 10 % de gordura, 2 % de NaCl e 5 % de amido, F1 = 10 % de gordura, 1 % NaCl e 5 % de amido, F2 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 3 % de FOS, F3 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 6 % de FOS, F4 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 3 % de inulina, F5 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 6 % de inulina, F6 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 3 % de amido resistente, F7 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 6 % de amido resistente, F8 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 3 % de povidextrose, F9 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 6 % de povidextrose e F10 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl, 1,5 % de FOS, inulina, amido resistente e povidextrose.

Verifica-se que os parâmetros de adesividade e elasticidade não apresentaram diferença significativa entre nenhuma das formulações. A redução dos teores de gordura ou de sódio apresentou diferença significativa entre as formulações controle e aquelas adicionadas das fibras prebióticas, para a dureza e mastigabilidade, sendo que as formulações controle apresentaram os maiores valores destes parâmetros.

Sabe-se que para produtos cárneos emulsionados, a textura está diretamente relacionada com a habilidade da matriz em reter água e gordura, que é desenvolvida durante a cominuição do *batter* e deve ser mantida após o tratamento térmico. A adição do sal também está relacionada com as propriedades de textura, uma vez que ele atua na solubilização das proteínas miofibrilares da carne. Quando extraídas, essas proteínas

formam uma película proteica ao redor dos glóbulos de gordura, retendo-a no material, durante o tratamento térmico (DESMOND, 2006). Assim, quando ocorre redução do NaCl, também diminuiu a extração proteica, e consequentemente a CRA do produto e a força do gel formado. A simultânea redução dos teores de gordura e NaCl (F1 - 10 % de gordura, 1 % NaCl e 5 % de amido) afetaram as características de textura do produto final, que apresentou diferença significativa para a dureza e mastigabilidade, quando comparado com as formulações controle.

Todavia, verificou-se que nem a simples redução do sal (FC2 - 20 % de gordura, 1 % de NaCl e 5 % de amido), nem a simples redução do teor de gordura (FC3 - 10 % de gordura, 2 % de NaCl e 5 % de amido) afetaram os parâmetros de textura, devido à excelente qualidade proteica da matéria-prima utilizada, que mesmo estando solubilizada em menor concentração, foi capaz de envolver e manter aprisionados os glóbulos de gordura. Essa menor concentração refere-se, provavelmente, à menor quantidade de proteínas miofibrilares que foram extraídas devido à redução do NaCl.

O atributo dureza de todas as formulações adicionadas de fibras prebióticas foi menor quando comparado com os controles, exceto para a formulação contendo 6 % de amido resistente (F7). Cáceres et al. (2004) observaram resultados similares, com diminuição significativa nos valores de dureza, quanto maior foi o teor de adição do FOS.

As formulações controles (FC1 - 20 % de gordura e 2 % de NaCl, FC2 - 20 % de gordura e 1 % de NaCl e FC3 - 10 % de gordura e 2 % de NaCl) apresentaram maior dureza, bem como melhor estabilidade da emulsão (EE). Ou seja, a qualidade funcional das proteínas cárneas utilizadas era tão superior que foi capaz de manter a gordura envolvida em sua rede proteica mesmo após o tratamento térmico. Vale ressaltar também a presença do amido nestas formulações, que devido sua elevada capacidade de retenção de água, contribui com a textura e estabilidade do produto final.

Com relação aos níveis de fibras utilizados (3 e 6 %), apenas a formulação contendo amido resistente apresentou diferença estatística significativa, pois a formulação que continha 6 % de amido resistente (F7) apresentou um maior valor de dureza.

Resultados opostos foram observados por Choi e colaboradores (2009), ao substituírem parte da gordura animal por diferentes óleos vegetais e fibra de farelo de arroz. A utilização de óleo vegetal pré-emulsificado aumentou a dureza das formulações, devido à

redução do tamanho dos glóbulos de gordura, durante a pré-emulsificação. Isto aumentou a área superficial, permitindo um número maior de ligações na matriz (rede mais firme e estruturada) (YOUSSEF e BARBUT, 2011).

A substituição do NaCl por outros sais (KCl, $MgCl_2$ e $CaCl_2$) também influencia significativamente as propriedades de textura de mortadelas. Uma contribuição negativa do $CaCl_2$ foi observada, com maiores valores de dureza, uma vez que este sal contribuiu com a formação de gel a partir de uma matriz proteica mais compacta (HORITA et al., 2011).

Para a coesividade, verificou-se que não houve diferença significativa ao comparar as formulações controle com aquelas adicionadas de fibras prebióticas. Como a coesividade é uma medida do grau de dificuldade em romper a estrutura interna das mortadelas, evidenciou-se que apesar do reduzido teor de NaCl e de gordura, a rede proteica formada foi similar entre os tratamentos avaliados, e relativamente forte devido à qualidade proteica da matéria-prima cárnea utilizada, como dito anteriormente.

A interpretação para os valores de mastigabilidade é similar aos outros atributos avaliados, com diferença significativa entre as formulações controle e aquelas formulações adicionadas de fibras, com valores na faixa de 7,45 a 9,41 N. Exceto para a formulação contendo 6 % de amido resistente (F7), que apresentou valor próximo ao das formulações controles.

3.4. Cor instrumental

A coloração dos produtos cárneos reformulados é de extrema importância, uma vez que tal atributo influencia significativamente a aceitação dos consumidores. Assim, alterações nos índices de L^* , a^* ou b^* devem ser avaliados e interpretados corretamente.

A conversão do pigmento cárneo mioglobina em nitrosohemocromo ocorre durante o processo de cozimento, devido à presença de nitrato/nitrito. Entretanto, essa conversão parece oprimir a formação da cor, nivelando as diferenças entre os tratamentos (MITTAL e BARBUT, 1994). Assim, é importante avaliar as alterações promovidas pela reformulação não só no produto cozido, mas também no *batter*, como forma de prever as alterações que podem ser promovidas no produto final.

Vários estudos avaliaram a alteração dos parâmetros de coloração nos produtos cárneos de modo geral, com redução do teor de sódio ou de gordura (MITTAL e BARBUT, 1994; CACERES et al., 2004; JIMENEZ-COLMENERO et al., 2010). Entretanto, pouco se sabe sobre o efeito da adição de fibras prebióticas em uma emulsão cárnea reformulada pela redução dos teores de sódio e de gordura. A Figura 2.3 apresenta as diferenças de coloração obtidas no presente trabalho, devido à reformulação, com redução dos teores de sódio e de gordura e adição das fibras prebióticas inulina, frutooligossacarídeo (FOS), amido resistente e polidextrose.

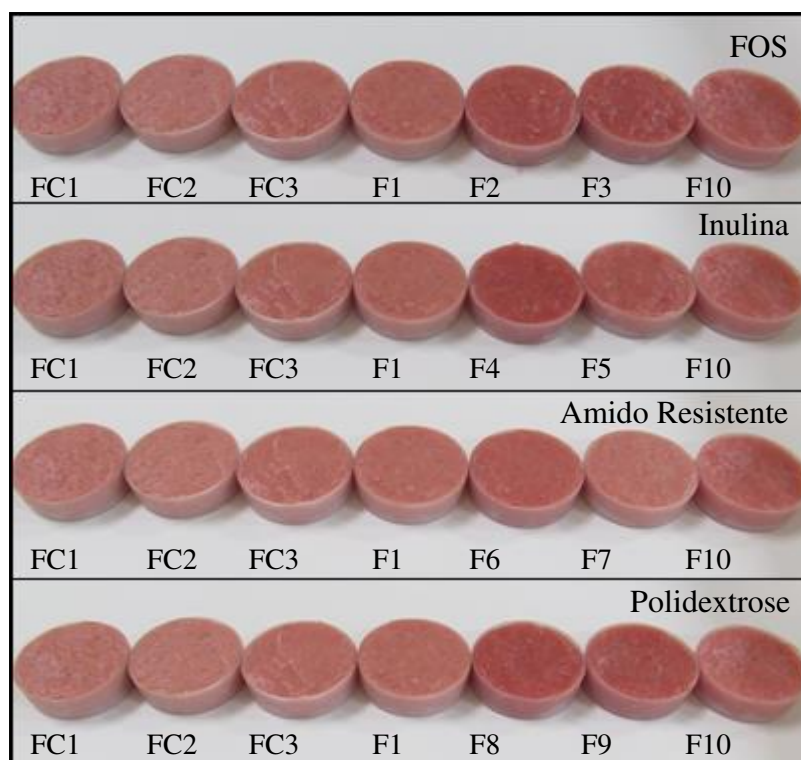


Figura 2.3 - Amostras comparativas dos *batters* contendo as diferentes fibras prebióticas em dois níveis de adição.

FC1 = 20 % de gordura, 2 % de NaCl e 5 % de amido, FC2 = 20 % de gordura, 1 % de NaCl e 5 % de amido, FC3 = 10 % de gordura, 2 % de NaCl e 5 % de amido, F1 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 5 % de amido, F2 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 3 % de FOS, F3 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 6 % de FOS, F4 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 3 % de inulina, F5 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 6 % de inulina, F6 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 3 % de amido resistente, F7 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 6 % de amido resistente, F8 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 3 % de polidextrose, F9 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 6 % de polidextrose e F10 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl, 1,5 % de FOS, inulina, amido resistente e polidextrose.

A determinação objetiva da cor dos *batters* e das mortadelas expressa os valores dos parâmetros L*, a* e b*. O parâmetro L* representa a luminosidade da amostra, e quanto maior o seu valor, mais clara será a amostra. O parâmetro a* expressa a intensidade da cor

vermelha da amostra, ou seja, quanto maior o valor de a^* , mais vermelha é a amostra. O parâmetro b^* expressa a intensidade da cor amarela da amostra, e para carnes e produtos derivados se relaciona com a coloração marrom. Tais parâmetros, avaliados nos *batters* das diferentes formulações, estão apresentados na Tabela 2.5.

Tabela 2.5 - Efeito da redução dos teores de gordura e NaCl nas emulsões cárneas adicionadas de diferentes fibras prebióticas, sobre a cor do produto cru (*batter*).

Tratamentos	<i>Batter</i>		
	L^*	a^*	b^*
FC1	61,33 ± 2,0 ^a	13,36 ± 1,01 ^{de}	18,99 ± 0,16 ^a
FC2	59,96 ± 0,4 ^{ab}	12,20 ± 0,21 ^e	18,85 ± 0,04 ^a
FC3	55,17 ± 1,2 ^{bcde}	12,94 ± 1,02 ^{de}	18,94 ± 0,27 ^a
F1	55,67 ± 0,5 ^{abcd}	15,06 ± 0,15 ^{abcd}	19,34 ± 0,03 ^a
F2	52,95 ± 1,8 ^{cdef}	16,56 ± 0,15 ^{ab}	18,39 ± 0,05 ^a
F3	49,56 ± 1,8 ^{ef}	17,32 ± 0,18 ^a	18,40 ± 0,23 ^a
F4	52,52 ± 1,8 ^{cdef}	17,28 ± 0,43 ^a	17,65 ± 0,42 ^a
F5	51,85 ± 1,9 ^{def}	16,14 ± 0,93 ^{abc}	18,28 ± 0,14 ^a
F6	52,85 ± 2,2 ^{cdef}	16,49 ± 0,93 ^{ab}	18,38 ± 0,23 ^a
F7	57,84 ± 1,0 ^{abc}	12,88 ± 0,36 ^{de}	19,00 ± 0,24 ^a
F8	49,63 ± 2,0 ^{ef}	13,80 ± 0,94 ^{cde}	18,30 ± 0,88 ^a
F9	48,49 ± 0,1 ^f	16,11 ± 0,78 ^{abc}	17,59 ± 1,35 ^a
F10	52,70 ± 0,6 ^{cdef}	13,96 ± 0,09 ^{bcde}	18,16 ± 0,46 ^a

* Letras minúsculas diferentes na mesma coluna são estatisticamente diferentes ($p < 0,05$), pelo teste de Tukey. FC1 = 20 % de gordura, 2 % de NaCl e 5 % de amido, FC2 = 20 % de gordura, 1 % de NaCl e 5 % de amido, FC3 = 10 % de gordura, 2 % de NaCl e 5 % de amido, F1 = 10 % de gordura, 1 % NaCl e 5 % de amido, F2 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 3 % de FOS, F3 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 6 % de FOS, F4 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 3 % de inulina, F5 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 6 % de inulina, F6 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 3 % de amido resistente, F7 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 6 % de amido resistente, F8 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 3 % de polidextrose, F9 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 6 % de polidextrose e F10 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl, 1,5 % de FOS, inulina, amido resistente e polidextrose.

Observa-se que os valores do módulo de L^* variaram de 48,49 (F9) até 61,33 (FC1) entre todas as formulações avaliadas. Fica evidente também que a redução dos teores de NaCl não apresentou diferença significativa para a luminosidade (L^*) das formulações controle. Já para as formulações adicionadas de fibras, houve significativa redução nos índices de L^* para a formulação contendo 6 % polidextrose (F9), apesar de não diferirem de todas as outras formulações avaliadas, exceto da formulação adicionada de 6 % de amido resistente (F7), que não apresentou diferença significativa para a luminosidade (L^*), em relação às formulações controles (FC1, FC2, FC3 e F1). Resultados similares foram

observados por Cáceres et al. (2004), que adicionou FOS em um produto cárneo emulsionado com redução do teor de gordura em 40 %.

Para o índice de vermelho dos *batters* (a*) não houve diferença significativa entre as formulações controle e aquelas adicionadas de fibras prebióticas, a não ser entre o controle com redução de sódio (FC2), com o menor valor (12,20), e as formulações contendo 6 % de FOS (F3) e 3 % de IN (F4) com os maiores valores, 17,32 e 17,28, respectivamente. Com relação ao índice de amarelo (b*) dos *batters*, nenhuma diferença significativa foi observada entre as formulações. Esses resultados reportam a importância de uma ótima distribuição das fibras no batter durante o processamento, uma vez que alguns resultados podem ter sido consequência da não homogeneidade do *batter*.

A Tabela 2.6 apresenta os parâmetros de cor obtidos para as diferentes formulações avaliadas nas mortadelas.

Tabela 2.6 - Efeito da redução dos teores de gordura e NaCl nas emulsões cárneas adicionadas de diferentes fibras prebióticas, sobre a cor do produto cozido (mortadela).

Tratamentos	Mortadela		
	L*	a*	b*
FC1	61,5 ± 1,1 ^{ab}	10,96 ± 0,4 ^c	10,64 ± 0,2 ^{bcde}
FC2	63,4 ± 0,7 ^a	11,12 ± 0,3 ^c	10,67 ± 0,1 ^{bcde}
FC3	60,0 ± 1,5 ^{ab}	11,07 ± 0,3 ^c	10,07 ± 0,2 ^f
F1	61,0 ± 0,2 ^{ab}	11,49 ± 0,2 ^{bc}	10,15 ± 0,2 ^{ef}
F2	62,0 ± 1,1 ^{ab}	11,03 ± 0,3 ^c	10,32 ± 0,2 ^{def}
F3	61,6 ± 1,4 ^{ab}	11,16 ± 0,2 ^c	10,39 ± 0,3 ^{def}
F4	60,6 ± 1,4 ^{ab}	11,49 ± 0,1 ^{bc}	10,75 ± 0,2 ^{abcd}
F5	60,9 ± 1,6 ^{ab}	11,65 ± 0,4 ^{bc}	10,50 ± 0,2 ^{cdef}
F6	61,8 ± 2,2 ^{ab}	11,32 ± 0,6 ^{bc}	11,00 ± 0,2 ^{abc}
F7	62,6 ± 1,3 ^{ab}	11,10 ± 0,3 ^c	10,78 ± 0,2 ^{abcd}
F8	59,1 ± 0,7 ^b	12,27 ± 0,3 ^{bc}	10,68 ± 0,1 ^{bcde}
F9	59,1 ± 1,5 ^b	12,73 ± 0,4 ^a	11,26 ± 0,2 ^a
F10	60,5 ± 1,9 ^{ab}	11,90 ± 0,5 ^{abc}	11,06 ± 0,1 ^{ab}

* Letras minúsculas diferentes na mesma coluna são estatisticamente diferentes ($p < 0,05$), pelo teste de Tukey. FC1 = 20 % de gordura, 2 % de NaCl e 5 % de amido, FC2 = 20 % de gordura, 1 % de NaCl e 5 % de amido, FC3 = 10 % de gordura, 2 % de NaCl e 5 % de amido, F1 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 5 % de amido, F2 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 3 % de FOS, F3 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 6 % de FOS, F4 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 3 % de inulina, F5 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 6 % de inulina, F6 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 3 % de amido resistente, F7 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 6 % de amido resistente, F8 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 3 % de polidextrose, F9 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 6 % de polidextrose e F10 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl, 1,5 % de FOS, inulina, amido resistente e polidextrose.

Observa-se que após o cozimento, os parâmetros de coloração sofreram alterações, devido provavelmente às reações que ocorrem durante o cozimento do produto, como a fusão da gordura e posterior solidificação. Nenhuma diferença significativa pode ser observada entre todos os tratamentos avaliados, em nenhum dos parâmetros (L^* , a^* e b^*).

Para o produto cozido, apenas a redução dos teores de NaCl alterou significativamente a luminosidade (L^*) das formulações avaliadas, em comparação com as formulações controle e as formulações adicionadas das fibras prebióticas. Já para as formulações adicionadas das fibras prebióticas, verificou-se maior valor de L^* (62,6) para a formulação contendo 6 % amido resistente (F7) e os menores (59,1) para as formulações contendo 3 e 6 % de polidextrose (F8 e F9, respectivamente), apesar de não haver diferença significativa quando comparado com os controles FC1 (20 % de gordura, 2 % de NaCl e 5 % de amido), FC3 (10 % de gordura, 2 % de NaCl e 5 % de amido) e F1 (10 % de gordura, 1 % NaCl e 5 % de amido). Para o índice de vermelho (a^*), observou-se que apenas as formulações adicionadas de polidextrose (F8 e F9) diferiram das demais, apresentando os maiores índices. Com relação ao índice de amarelo (b^*), observou-se que a redução dos teores de gordura (FC3) promoveu redução significativa neste índice, e a adição de polidextrose no nível de 6 % promoveu aumento significativo, apesar de não haver diferença estatística significativa, quando comparado com as outras formulações.

Resultados diferentes foram obtidos por Barretto (2007) que também avaliou a adição de fibras prebióticas em mortadelas com reduzido teor de gordura. Entretanto, Barretto (2007) observou correlação significativa entre o aumento da concentração de inulina e os valores de L^* e de b^* . Ou seja, a inulina contribuiu para o aumento da luminosidade e para a intensidade da cor amarela, nas mortadelas com baixo teor de gordura, nos níveis estudados (0, 2, 5, 8 e 10 %). Esta diferença com relação aos resultados obtidos neste trabalho pode ser devido à utilização de diferentes cortes cárneos e à adição de amido, uma vez que Barretto (2007) utilizou paleta e acém, e adição de 5 % de amido em todas as formulações.

Ressalta-se que apesar da adição das diferentes fibras prebióticas afetarem significativamente o parâmetro de luminosidade dos *batters*, ao avaliar o produto cozido (mortadela), não houve diferença significativa.

A coloração de produtos cárneos, de modo geral, pode ser influenciada pelo teor de gordura e de água adicionada, bem como pela pigmentação da matéria-prima, uma vez que pode acarretar em diluição da mioglobina, favorecendo a redução do índice de vermelho do produto (CARBALLO et al., 1995).

Hughes, Cofrades e Troy (1997) verificaram diminuição nos parâmetros L^* e b^* , e aumento para a^* , com a redução do teor de gordura. Eles observaram também que a adição de carragena ou fibra de aveia não apresentou efeito significativo sobre a coloração dos produtos emulsionados, independente do nível de gordura utilizado. Entretanto, em certo número de trabalhos, nenhuma diferença significativa foi observada devido a alterações no teor de gordura ou de proteína, como por exemplo, por Bloukas e Paneras (1993) e Carballo et al. (1995).

A adição de diferentes tipos de fibras promoveu alterações nos produtos cárneos dependendo do teor de adição, bem como do teor de redução da gordura. Quanto maior a adição de fibra de pêssogo e menor o teor de gordura, maiores os índices de a^* e b^* (GRIGELMO-MIGUEL, ABADIAS-SEROS e MARTIN-BELLOSO, 1999). Já a adição de fibra de aveia em mortadelas deixou-as mais claras (maior L^*), e aquelas contendo fibra de beterraba, apresentaram-se mais escuras (menor L^*) e menos vermelhas (menor a^*) (CLAUS e HUNT, 1991). Já a adição de fibra de cenoura (1,5 e 0,5 % m/m) em salsichas com elevado teor de gordura não afetou a coloração do produto (GROSSI et al., 2011), enquanto sua adição em salsichas com reduzido teor de sódio promoveu aumento do parâmetro L^* (GROSSI et al., 2012).

A adição de FOS em um produto cárneo fermentado, com reduzido teor de gordura, não alterou os índices de a^* e b^* , e com relação à luminosidade (L^*), promoveu redução significativa. Esta menor claridade das amostras é causada pelo aumento da turbidez devido ao encolhimento do gel formado pelo FOS, como resultado da desidratação que ocorre durante o processamento deste tipo de produto cárneo (SANTOS et al., 2012).

Quanto à redução do teor de sódio, alguns trabalhos observaram que a redução de 2,5 para 1,5 % (m/m) reduziu significativamente o índice de vermelho (a^*) e o índice de amarelo (b^*) dos produtos cozidos (CREHAN, TROY e BUCKLEY, 2000). Já Horita et al. (2011) não observaram diferença significativa entre as formulações, ao longo do

armazenamento sob refrigeração, quando comparadas com os controles, ao reduzirem ou substituírem o cloreto de sódio, por outros sais.

Produtos cárneos fermentados também apresentaram diferença estatística significativa entre os tratamentos com substituição de 50 % do NaCl por KCl e adicionados de lisina, guanilato dissódico e inosinato dissódico. Entretanto, tais diferenças são tidas pelos autores como não significativas, visto que o tipo de produto avaliado não possui uma coloração homogênea (CAMPAGNOL, DOS SANTOS, TERRA, et al., 2012), além das características intrínsecas deste tipo de produto, como pH, atividade de água (aw) e umidade (HORITA et al., 2011).

4. CONCLUSÃO

A adição de diferentes fibras prebióticas, tanto inulina, quanto FOS, amido resistente ou polidextrose em uma matriz cárnea emulsionada com teor reduzido de gordura e de sódio promoveu alterações na estrutura do produto final, quando comparado com as formulações controle. Maior liberação de líquido após o tratamento térmico foi observado em todos os tratamentos adicionados das fibras prebióticas pela análise de estabilidade da emulsão. Apesar de haver diferença significativa entre os parâmetros de cor dos *batters*, após a matriz passar pelo tratamento térmico, tal diferença não foi observada entre nenhuma das formulações avaliadas. Com relação à dureza do produto, a adição das fibras prebióticas também afetou significativamente, promovendo um produto final mais macio.

Todas as fibras avaliadas apresentaram comportamento bastante similar, tanto para a estabilidade do produto final, quanto nas características de textura, coloração e parâmetros físico-químicos. Sua utilização em conjunto seria uma boa opção, pois, apesar de todas apresentarem propriedades funcionais, cada uma delas atua de diferente forma no metabolismo. Além do mais, essa diversidade de fibras seria muito boa opção para a indústria cárnea, uma vez que ela teria maior número de opções disponíveis para aplicação em produtos cárneos emulsionados.

Desta forma, verifica-se que a redução dos teores de gordura e de NaCl das formulações é viável, com a simultânea adição de fibras prebióticas. Entretanto, como a matriz gerada apresenta algumas diferenças, principalmente elevada liberação de líquido

após o cozimento, faz-se necessário a utilização de hidrocolóides ou proteínas não cárneas ou então maior teor de proteína cárnea com menor adição de água. Outra sugestão seria a avaliação de diferentes níveis destas fibras estudadas, uma vez que a formulação F7, que continha 6 % de amido resistente, mostrou-se bastante similar às formulações controles (FC1, FC2, FC3 e F1).

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALIMENTARIUS, C. **Guidelines on nutrition labelling CAC/ GL 2-1985**. FAO, W., FOOD STANDARDS PROGRAMME. Rome: FAO 2010.

AOAC. **Official Methods of Analysis. Meat and Meat Products**. HORWITZ, W. e LATIMER, G. W. Gaithersburg, Md: Association of Official Analytical Chemists International 2006.

BARBUT, S.; MAURER, A. J.; LINDSAY, R. C. Effects of Reduced Sodium Chloride and Added Phosphates on Physical and Sensory Properties of Turkey Frankfurters. **Journal of Food Science**, v. 53, n. 1, p. 62-66, 1988.

BARRETTO, A. C. D. S. **Efeito da adição de fibras como substitutos de gordura em mortadela**. 2007. (Doutor). Tecnologia de Alimentos, UNICAMP, Campinas.

BETORET, E.; BETORET, N.; VIDAL, D.; FITO, P. Functional foods development: Trends and technologies. **Trends in Food Science & Technology**, v. 22, n. 9, p. 498-508, 2011.

BLOUKAS, J. G.; PANERAS, E. D. Substituting olive oil for pork backfat affects quality of low-fat frankfurters. **Journal of Food Science**, v. 58, n. 4, p. 705-709, 1993.

BOURNE, M. C. Texture Profile Analysis. **Food Technology**, v. 32, n. 7, p. 62-66, 72, 1978.

BREWER, M. S. Reducing the fat content in ground beef without sacrificing quality: a review. **Meat Science**, v. 91, n. 4, p. 385-395, 2012.

CACERES, E.; GARCIA, M. L.; TORO, J.; SELGAS, M. D. The effect of fructooligosaccharides on the sensory characteristics of cooked sausages. **Meat Science**, v. 68, n. 1, p. 87-96, 2004.

CAMPAGNOL, P. C. B.; DOS SANTOS, B. A.; TERRA, N. N.; POLLONIO, M. A. R. Lysine, disodium guanylate and disodium inosinate as flavor enhancers in low-sodium fermented sausages. **Meat Science**, v. 91, n. 3, p. 334-338, 2012.

CARBALLO, J.; MOTA, N.; BARRETO, G.; COLMENERO, F. J. Binding properties and colour of Bologna sausage made with varying fat levels, protein levels and cooking temperatures. **Meat Science**, v. 41, n. 3, p. 301-313, 1995.

CAVESTANY, M.; JIMÉNEZ COLMENERO, F.; SOLAS, M. T.; CARBALLO, J. Incorporation of sardine surimi in Bologna sausage containing different fat levels. **Meat Science**, v. 38, n. 1, p. 27-37, 1994.

CHOI, Y.-S.; CHOI, J.-H.; HAN, D.-J.; KIM, H.-Y.; LEE, M.-A.; KIM, H.-W.; JEONG, J.-Y.; KIM, C.-J. Characteristics of low-fat meat emulsion systems with pork fat replaced by vegetable oils and rice bran fiber. **Meat Science**, v. 82, n. 2, p. 266-271, 2009.

CHOI, Y. S.; CHOI, J.-H.; HAN, D.-J.; KIM, H.-Y.; LEE, M.-A.; KIM, H.-W.; JEONG, J.-Y.; KIM, C.-J. Characteristics of low-fat meat emulsion systems with pork fat replaced by vegetable oils and rice bran fiber. **Meat Science**, v. 82, n. 2, p. 266-271, 2009.

CLAUS, J. R.; HUNT, M. C. Low-fat, High Added-water Bologna Formulated with Texture-modifying Ingredients. **Journal of Food Science**, v. 56, n. 3, p. 643-647, 1991.

COFRADES, S.; LOPEZ-LOPEZ, I.; SOLAS, M. T.; BRAVO, L.; JIMENEZ-COLMENERO, F. Influence of different types and proportions of added edible seaweeds on characteristics of low-salt gel/emulsion meat systems. **Meat Science**, v. 79, n. 4, p. 767-776, 2008.

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

CREHAN, C. M.; HUGHES, E.; TROY, D. J.; BUCKLEY, D. J. Effects of fat level and maltodextrin on the functional properties of frankfurters formulated with 5, 12 and 30% fat. **Meat Science**, v. 55, n. 4, p. 463-469, 2000.

CREHAN, C. M.; TROY, D. J.; BUCKLEY, D. J. Effects of salt level and high hydrostatic pressure processing on frankfurters formulated with 1.5 and 2.5% salt. **Meat Science**, v. 55, n. 1, p. 123-130, 2000.

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

GRIGELMO-MIGUEL, N.; ABADIAS-SEROS, M. I.; MARTIN-BELLOSO, O. Characterisation of low-fat high-dietary fibre frankfurters. **Meat Science**, v. 52, n. 3, p. 247-256, 1999.

GROSSI, A.; SOLTOFT-JENSEN, J.; KNUDSEN, J. C.; CHRISTENSEN, M.; ORLIEN, V. Synergistic cooperation of high pressure and carrot dietary fibre on texture and colour of pork sausages. **Meat Science**, v. 89, n. 2, p. 195-201, 2011.

_____. Reduction of salt in pork sausages by the addition of carrot fibre or potato starch and high pressure treatment. **Meat Science**, 2012.

GUARDIA, M. D.; GUERRERO, L.; GELABERT, J.; GOU, P.; ARNAU, J. Consumer attitude towards sodium reduction in meat products and acceptability of fermented sausages with reduced sodium content. **Meat Science**, v. 73, n. 3, p. 484-490, 2006.

HORITA, C. N.; MORGANO, M. A.; CELEGHINI, R. M.; POLLONIO, M. A. Physico-chemical and sensory properties of reduced-fat mortadella prepared with blends of calcium, magnesium and

potassium chloride as partial substitutes for sodium chloride. **Meat Science**, v. 89, n. 4, p. 426-433, 2011.

HUGHES, E.; COFRADES, S.; TROY, D. J. Effects of fat level, oat fibre and carrageenan on frankfurters formulated with 5, 12 and 30% fat. **Meat Science**, v. 45, n. 3, p. 273-281, 1997.

HUGHES, E.; MULLEN, A. M.; TROY, D. J. Effects of fat level, tapioca starch and whey protein on frankfurters formulated with 5% and 12% fat. **Meat Science**, v. 48, n. 1-2, p. 169-180, 1998.

JIMENEZ-COLMENERO, F.; CARBALLO, J.; COFRADES, S. Healthier meat and meat products: their role as functional foods. **Meat Science**, v. 59, n. 1, p. 5-13, 2001.

JIMENEZ-COLMENERO, F.; COFRADES, S.; LOPEZ-LOPEZ, I.; RUIZ-CAPILLAS, C.; PINTADO, T.; SOLAS, M. T. Technological and sensory characteristics of reduced/low-fat, low-salt frankfurters as affected by the addition of konjac and seaweed. **Meat Science**, v. 84, n. 3, p. 356-363, 2010.

KEETON, J. T. Low-Fat Meat-Products - Technological Problems with Processing. **Meat Science**, v. 36, n. 1-2, p. 261-276, 1994.

LUCCA, P. A.; TEPPER, B. J. Fat replacers and the functionality of fat in foods. **Trends in Food Science & Technology**, v. 5, n. 1, p. 12-19, 1994.

MITTAL, G. S.; BARBUT, S. Effects of Fat Reduction on Frankfurters Physical and Sensory Characteristics. **Food Research International**, v. 27, n. 5, p. 425-431, 1994.

MITTAL, G. S.; USBORNE, W. R. Meat emulsion functionality related to fat-protein ratio and selected dairy and cereal products. **Meat Science**, v. 18, n. 1, p. 1-21, 1986.

PARKS, L. L.; CARPENTER, J. A. Functionality of 6 Nonmeat Proteins in Meat Emulsion Systems. **Journal of Food Science**, v. 52, n. 2, p. 271-274, 1987.

POLLONIO, M. A. R. Produtos cárneos adicionados de fibras prebióticas e não prebióticas como substitutos de gordura. In: SAAD, S. M. I.; CRUZ, A. G. D. e FARIA, J. D. A. F. (Ed.). **Probióticos e prebióticos em alimentos - Fundamentos e aplicações tecnológicas**. 1. São Paulo - SP: Livraria Varela, 2011. cap. 18,

RAMOS, E. M.; GOMIDE, L. A. D. M. **Avaliação da qualidade de carnes - Fundamentos e metodologias**. Viçosa: Editora UFV, 2007. 581.

ROBERFROID, M. Prebiotics: The concept revisited. **Journal of Nutrition**, v. 137, n. 3, p. 830s-837s, 2007.

ROBERFROID, M. B. Concepts and strategy of functional food science: the European perspective. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 71, p. 1660S - 1664S, 2000.

ROBERFROID, M. B. Defining functional foods. In: GIBSON, G. R. e WILLIAMS, C. M. (Ed.). **Functional foods - Concept to product**. Cambridge, England: Woodhead Publishing Limited, 2000.

SANTOS, B. A. D.; CAMPAGNOL, P. C. B.; PACHECO, M. T. B.; POLLONIO, M. A. R. Fructooligosaccharides as a fat replacer in fermented cooked sausages. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 47, n. 6, p. 1183-1192, 2012.

SHAH, N. P. Functional cultures and health benefits. **International Dairy Journal**, v. 17, n. 11, p. 1262-1277, 2007.

SOFOS, J. N. Effects of Reduced Salt (NaCl) Levels on Sensory and Instrumental Evaluation of Frankfurters. **Journal of Food Science**, v. 48, n. 6, p. 1692-1696, 1983.

WANG, Y. Prebiotics: Present and future in food science and technology. **Food Research International**, v. 42, n. 1, p. 8-12, 2009.

WEISS, J.; GIBIS, M.; SCHUH, V.; SALMINEN, H. Advances in ingredient and processing systems for meat and meat products. **Meat Science**, v. 86, n. 1, p. 196-213, 2010.

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

CAPÍTULO 3 –

***PROPRIEDADES REOLÓGICAS DE EMULSÕES CÁRNEAS
ADICIONADAS DE FIBRAS PREBIÓTICAS***

RESUMO

Grande interesse na redução dos teores de sódio e de gordura na dieta tem sido despertado devido à elevada propensão à hipertensão e doenças cardiovasculares, principalmente com relação aos produtos cárneos, devido aos elevados teores destes em sua composição. Estudos demonstram a correlação entre a qualidade e a composição da dieta sobre a saúde, e o interesse que tem despertado nos consumidores para maior atenção na escolha dos alimentos. Assim, têm-se expandido no mercado uma nova categoria de produtos, de elevado valor nutricional, que possa contribuir com a saúde do consumidor. Todavia, pouco se sabe sobre o comportamento tecnológico e reológico das emulsões cárneas quando submetidas a modificações em sua composição. Assim, formulações de mortadelas com redução de 50 % dos teores de cloreto de sódio e da gordura animal adicionada foram processadas, e quatro diferentes tipos de fibras prebióticas (inulina, fruto-oligossacarídeos - FOS, amido resistente e polidextrose) foram adicionados em dois níveis (3 e 6 %), para avaliação das propriedades físico-químicas, o comportamento reológico e as propriedades de textura. Ensaio oscilatórios foram realizados a baixa tensão para avaliar o espectro mecânico das emulsões cruas (*batters*) e cozidas (mortadelas). O módulo de G' manteve-se sempre superior ao de G'' , com o aumento da temperatura, caracterizando o material como elástico. As formulações adicionadas das diferentes fibras prebióticas não apresentaram diferença significativa quanto à capacidade de retenção de água, quando comparadas às formulações controle. Com relação à força de penetração, as formulações adicionadas de FOS apresentarem os maiores valores, devido provavelmente ao reduzido tamanho de cadeia desta molécula. Diferentemente, para a força de compressão, os maiores valores foram observados para as formulações controle, apesar de simultânea redução do sal e da gordura (F1) ter promovido redução significativa na força de compressão. As micrografias mostram claramente os resultados expostos acima, com as formulações controle apresentando uma estrutura bastante compacta e densa, enquanto a adição das fibras prebióticas promoveu a formação de uma rede mais porosa.

Palavras-chave: *Batter*, Espectro mecânico, Mortadela, Produto Funcional, Textura.

1. INTRODUÇÃO

A correlação entre a qualidade e a composição da dieta sobre a saúde, através de estudos que demonstram a redução do risco de determinadas doenças crônicas, amplamente divulgadas em diferentes canais de comunicação, tem despertado nos consumidores maior atenção na escolha dos alimentos e acarretado em mudanças nos hábitos alimentares. Dentre os componentes alvos, existe muito interesse na redução dos teores de sódio na dieta, devido à elevada propensão à hipertensão e doenças cardiovasculares, desenvolvidas pelo seu consumo em excesso (MCGOUGH et al., 2012). Com base nesta crescente preocupação, o Ministério da Saúde acabou de assinar um acordo para a redução do teor de sódio nos alimentos industrializados, tanto nos produtos de laticínios, quanto nos embutidos e em refeições prontas. A meta é reduzir o teor de sódio em até 68 %, nos próximos quatro anos (BRASIL, 2012b).

Com relação aos produtos cárneos, o mercado consumidor mostra-se cada vez mais exigente, com um expressivo aumento da demanda por produtos mais saudáveis. Dessa forma, criam-se oportunidades para reformulações estratégicas, com reduzidos teores de gordura, sódio, colesterol ou nitrito, bem como um perfil de ácidos graxos modificado, incorporação de ingredientes funcionais e/ou prebióticos (JIMENEZ-COLMENERO, CARBALLO e COFRADES, 2001; DANIEL, 2006). Assim, têm-se expandido no mercado uma nova categoria de produtos, de elevado valor nutricional. No entanto, uma vez que suas características sensoriais, como sabor e textura, são fundamentais na aceitação do consumidor, estas devem ser similares ao produto tradicional (TUORILA e MONTELEONE, 2009).

A textura engloba uma variedade de características sensoriais sinestésicas que interferem e agregam em sua percepção pelo consumidor. Tais características envolvem aquelas que são percebidas antes da mastigação (tamanho da partícula, oleosidade), durante a mastigação (suculência e maciez), e por fim, após a mastigação (resíduo fibroso e o revestimento da boca). Todos os produtos à base de carne possuem um conjunto inerente de características de textura, que estão associadas à própria natureza da matéria-prima, incluindo o teor de fibras, exsudação de água ou gordura e a presença ou não de tecido conectivo. Por esses motivos a textura tem sido definida como uma característica crítica da carne, em termos de aceitação pelo consumidor (BREWER, 2012).

A gordura é um componente crítico para o desenvolvimento do sabor e das propriedades de textura (VENTANAS, PUOLANNE e TUORILA, 2010). Sua redução depende de fatores tais como: teor de gordura final desejado no produto, a natureza do produto a ser reformulado e o tipo de processamento ao qual o produto será submetido (COLMENERO et al., 1996). O sal é um ingrediente essencial em produtos cárneos processados contribuindo com o sabor e a textura característica dos produtos emulsionados. Ele atua na extração das proteínas miofibrilares, contribuindo efetivamente para o aumento da capacidade de retenção de água, formação de gel e emulsão, bem como na ligação da gordura na matriz cominuída e estabilizada após o cozimento. Assim, a redução do seu teor implica em perdas na qualidade, principalmente da textura do produto final (BARBUT e MITTAL, 1989; GIRARD et al., 1990; DESMOND, 2006).

Pesquisas vêm sendo realizadas sobre aplicações de várias proteínas não cárneas, extensores ou outros ingredientes que atuam como substitutos de gordura em produtos cárneos emulsionados em diferentes reformulações de produtos (CHOI, Y. S. et al., 2009). Tais ingredientes não cárneos podem desempenhar diferentes funções numa matriz proteica com reduzido teor de sódio e/ou de gordura, tais como agentes de enchimento, ligantes ou extensores, diminuindo a perda por cozimento e os custos da formulação. O aumento da capacidade emulsionante e da estabilidade da emulsão melhora o potencial de ligação da água e a fatiabilidade do produto. De modo geral, tais ingredientes atuam não somente sobre a aparência, mas também sobre a palatabilidade e principalmente, sobre a textura do produto final (MITTAL e USBORNE, 1986).

Algumas fibras também têm sido adicionadas nos produtos alimentícios, com o objetivo de promover algumas modificações nas propriedades físico-químicas, como na capacidade de ligação de água, gelificação ou na substituição por gordura. Até o momento, um elevado número de fibras tem sido utilizado em alimentos e bebidas, como doces, confeitos, produtos de panificação, produtos fermentados, sucos de frutas e sobremesas (SWENNEN, COURTIN e DELCOUR, 2006). Porém, as fibras prebióticas tem sido alvo crescente, uma vez que desempenham também funções fisiológicas (MURPHY, 2001).

Uma ou mais propriedades funcionais podem ser fornecidas por tais ingredientes, tornando o processo de seleção do componente mais adequado, um trabalho complexo. Por isso, faz-se necessária uma avaliação do comportamento de diferentes fibras prebióticas em

emulsões cárneas reformuladas pela redução dos teores de sódio e de gordura, através da avaliação do perfil de textura, da cor, da estabilidade da emulsão, além da avaliação da microestrutura para entender o comportamento destes ingredientes na matriz proteica de um sistema cárneo emulsionado.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Descrição dos materiais

A matéria-prima carne bovina (corte cárneo patinho - *M. quadriceps femoris*) e a gordura suína foram obtidas no comércio local de Campinas (SP), com garantia de qualidade assegurada, ambas embaladas a vácuo e resfriadas. Foi realizada uma limpeza prévia das peças cárneas, para retirada da gordura aparente. Em ambas as matérias-primas realizou-se o porcionamento e moagem em disco de 3 mm, para posterior congelamento e utilização.

A fibra fruto-oligossacarídeo (FOS) (Nutraflora® P95), foi fornecida pela Ingredion Brasil Ingredientes Industriais (São Paulo, Brasil). Ela é um polissacarídeo de cadeia curta composto por 36,6 % de 1-kestose (GF2), 49,7 % nistose (GF3) e 9,5 % frutofuranosil nistose (GF4) em que as unidades de frutose são ligadas na posição β (1-2) da sacarose, segundo laudo do fornecedor. O amido resistente, conhecido como Hi-Maize 260, também foi doado pela Ingredion Brasil (São Paulo, Brasil), com pH 5,6 e umidade 11,4%, segundo o fabricante.

A fibra inulina, comercializada como Orafiti® GR, foi fornecida pela Clariant S.A. (São Paulo, Brasil). É uma mistura de oligossacarídeo e polissacarídeo compostos por unidades de frutose unidas entre si por ligações β (2-1), com grau de polimerização maior que 10 unidades, segundo laudo do fabricante.

A fibra polidextrose, com nome comercial de Sta-Lite® III, com 90% de fibras em sua composição, em base seca, e foi doada pela Tovani Benzaquen Ingredientes (São Paulo, Brasil).

Os demais ingredientes utilizados nas formulações foram fornecidos pela empresa Kerry do Brasil (Campinas, São Paulo).

2.2. Planejamento experimental

Utilizou-se como planejamento experimental um delineamento inteiramente casualizado. Foram utilizadas 4 formulações controle, sendo assim: FC1 – Formulação controle total, contendo 20 % de gordura, 2 % de cloreto de sódio (NaCl) e 5 % amido; FC2 – Formulação controle para gordura, contendo 20 % de gordura, 1 % de NaCl e 5 % amido; FC3 – Formulação controle para o NaCl, contendo 10 % de gordura, 2 % de NaCl e 5 % amido; F1 – Formulação controle para as fibras, contendo 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 5 % de amido. A adição das fibras foi avaliada em dois níveis, 3 e 6 %, sendo que as 4 diferentes fibras prebióticas utilizadas foram: inulina, fruto-oligossacarídeo (FOS), polidextrose e amido resistente. Todas as formulações adicionadas das diferentes fibras continham então 10 % de gordura e 1 % de NaCl, denominadas assim: F2 – com 3 % de FOS; F3 – 6 % de FOS; F4 – 3 % de inulina; F5 – 6 % de inulina; F6 – 3 % de polidextrose; F7 – 6 % de polidextrose; F8 – 3 % de amido resistente; F9 – 6 % de amido resistente; F10 – 1,5 % de FOS, 1,5 % de inulina, 1,5 % de polidextrose e 1,5 % de amido resistente, completando um total de 13 formulações.

2.3. Processamento dos *batters* cárneos

As formulações foram desenvolvidas com base na composição tradicional de um produto cárneo emulsionado (mortadela) com 60 % (m/m) de carne bovina, 0,25 % (m/m) de polifosfato de sódio, 0,05 % (m/m) de eritorbato de sódio e 150 ppm de nitrito de sódio. O amido de mandioca (5 % m/m) foi utilizado apenas nas formulações controle (FC1, FC2, FC3 e F1), conforme Tabela 3.1. O teor de água/gelo adicionada foi diferente entre as formulações, pois com a redução dos teores de gordura, cloreto de sódio e a adição das fibras, ele foi utilizado para completar 100 % das formulações. Foram dispensados os condimentos pelo fato de não ser o propósito de trabalho a avaliação das propriedades sensoriais. Apesar disso, o produto cozido assim elaborado será denominado mortadela, uma vez que a composição dos macro componentes corresponde ao PIQ (Padrão de Qualidade e Identidade) desse produto cárneo.

Tabela 3.1 - Formulações dos *batters* cárneos adicionados de fibras prebióticas com redução de sal e gordura.

INGREDIENTES	Composição (% m/m) dos tratamentos avaliados												
	FC1	FC2	FC3	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10
Toucinho Suíno	20,0	20,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Cloreto de Sódio	2,0	1,0	2,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Amido de mandioca	5,0	5,0	5,0	5,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FOS	-	-	-	-	3,0	6,0	-	-	-	-	-	-	1,5
Inulina (IN)	-	-	-	-	-	-	3,0	6,0	-	-	-	-	1,5
Amido Resistente (AR)	-	-	-	-	-	-	-	-	3,0	6,0	-	-	1,5
Polidextrose (PD)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,0	6,0	1,5
Gelo	12,7	13,7	22,7	23,7	25,7	22,7	25,7	22,7	25,7	22,7	25,7	22,7	22,7

FC1 = 20 % de gordura, 2 % de NaCl e 5 % de amido, FC2 = 20 % de gordura, 1 % de NaCl e 5 % de amido, FC3 = 10 % de gordura, 2 % de NaCl e 5 % de amido, F1 = 10 % de gordura, 1 % NaCl e 5 % de amido, F2 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 3 % de FOS, F3 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 6 % de FOS, F4 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 3 % de inulina, F5 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 6 % de inulina, F6 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 3 % de amido resistente, F7 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 6 % de amido resistente, F8 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 3 % de polidextrose, F9 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 6 % de polidextrose e F10 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl, 1,5 % de FOS, inulina, amido resistente e polidextrose.

O produto foi elaborado na planta piloto do Laboratório de Carnes do Departamento de Tecnologia de Alimentos (DTA), na Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). A carne bovina magra congelada (-1 °C) foi adicionada no *cutter* (Mado, MTK – 661, Germany) juntamente com o cloreto de sódio, e parte da água na forma de gelo, e iniciou-se o processo de cominuição por 1,5 minutos. Posteriormente, adicionou-se o polifosfato e misturou por mais 2 minutos. Em seguida adicionou-se o eritorbato e o nitrito e procedeu-se à cominuição por mais 1,5 minutos. Para finalizar, procedeu-se a adição do toucinho, amido e/ou fibras e o restante do gelo, e continuou-se a cominuição até que a temperatura final do *batter* atingisse 12 °C.

Parte da massa crua, denominada aqui neste trabalho de *batter*, foi acondicionada em embalagens plásticas (30 x 50 cm), sob vácuo, e mantida sob refrigeração (4 °C) para posteriores análises. Outra parte foi acondicionada em tripas impermeáveis (Clariant, 9 cm ø), utilizando embutideira hidráulica (Mainca, EC-12), contendo aproximadamente 0,5 kg de produto cada, e levadas ao cozimento em banho-maria, com aumento gradativo de temperatura, até que as peças de mortadela atingissem a temperatura interna de 72 – 74 °C. Após o cozimento, as amostras foram resfriadas e acondicionadas sob refrigeração, até o

momento de realização das análises. As amostras cozidas são denominadas de mortadela, uma vez que a formulação utilizada é à base dessa categoria de produtos.

Para cada formulação preparada foi de 3 kg, sendo que destes, 1 kg do *batter* foi acondicionado em embalagens plásticas, sob vácuo, e 4 bisnagas de mortadelas, de 0,5 kg cada, foram cozidas e armazenadas sob refrigeração (4 °C), para posteriores análises. Desta forma, tem-se duas unidades experimentais do *batter* e 4 da mortadela, para cada formulação. Como as formulações foram processadas em três repetições, perfaz-se um total de 39 unidades experimentais para cada tratamento, sendo 156 unidades experimentais de mortadelas e 78 unidades experimentais de *batter*, no total.

2.4. Análises físicas

2.4.1. Propriedades reológicas

Os ensaios reológicos oscilatórios foram realizados em um reômetro AR 1500ex (TA Instruments, Inglaterra) de tensão controlada, equipado com sensor de placas paralelas, em aço inoxidável, com 2 cm de diâmetro. Inicialmente, as amostras foram acondicionadas no equipamento a 4 °C por 5 minutos, para que entrassem em equilíbrio térmico, e todas as leituras foram realizadas com a cobertura das amostras por uma capa de acrílico adequada para reduzir a evaporação de água durante a realização dos ensaios. A distância entre as placas (*gap*) foi de 1,5 mm, determinada a partir de ensaios preliminares. A varredura de frequência foi realizada no *batter* cárneo (produto cru), e conduzida no intervalo de 0,01 a 10 Hz, com a deformação constante de 1 %, à temperatura de 7 °C. A varredura de temperatura foi conduzida nos *batters* cárneos, para simular o cozimento de um produto emulsionado, e foi aquecida de 25 °C a 75 °C, à taxa de aquecimento de 1 °C/min. Após o aquecimento, as amostras foram resfriadas até 25 °C na mesma taxa (1 °C/min). A frequência foi mantida 1 Hz e tensão constante em 60 Pa. Variações na inclinação da curva de viscosidade complexa (η^*) versus temperatura foram maximizadas através da derivação dos dados, utilizando o filtro de Savitzky e Golay (1964), e as temperaturas do ponto de gelificação foi considerada significativa quando a inclinação do $\log(\eta^*)$ foi maior do que 0,01.

2.4.2. Textura instrumental

As análises de textura foram realizadas nos *batters* cárneos e nas mortadelas cozidas, utilizando um texturômetro TA-xT2i (Texture Technologies Corp., Scarsdale, NY), com célula de carga de 25 kg, acoplado ao software Texture Expert V1.19 (Stable Micro Systems). Para avaliar as propriedades de textura dos *batters* as amostras foram mantidas em repouso por 24 h e temperaturas de refrigeração (4 °C), em recipiente com 5 cm de altura e 7 cm de diâmetro, para estabilizar (Figura 3.1). O objetivo do ensaio foi medir a força necessária para penetrar 2,5 cm do material a 2 mm/s, utilizando um probe em formato cônico e com ângulo de 60°.

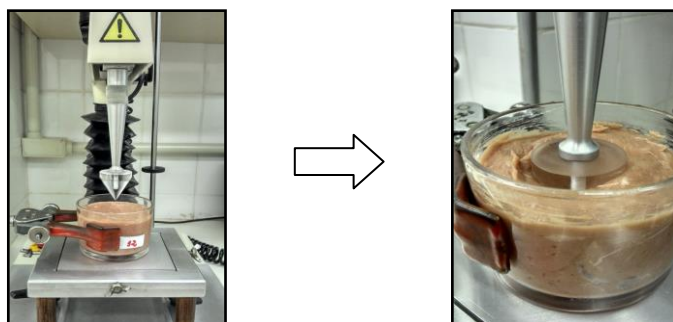


Figura 3.1 - Representação do ensaio de penetração.

Para avaliar as propriedades de textura das amostras cozidas, elas foram cortadas em cilindros (20 mm x 20 mm) e a força necessária para comprimi-las até 50% da sua altura original foi medida, a uma velocidade de 1 mm/s (Figura 3.2). Utilizou-se o probe cilíndrico P-35, com diâmetro de 35 mm.

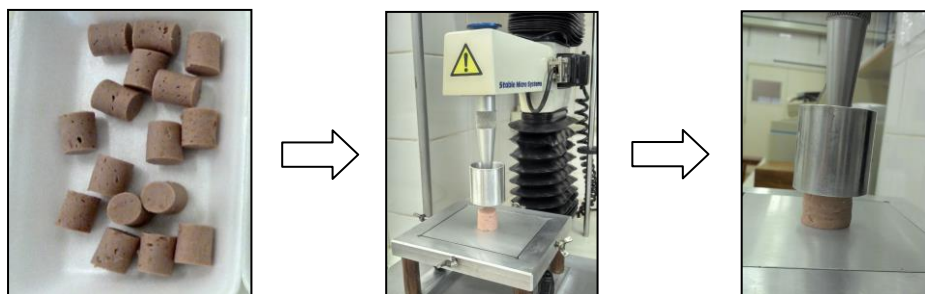


Figura 3.2 - Representação do ensaio de compressão.

2.4.3. Capacidade de retenção de água do produto

A medida da capacidade de retenção de água (CRA) foi realizada nas mortadelas após 96 horas de armazenamento a 4 °C, utilizando metodologia proposta por Wierbicki e Deatherage (1958). Amostras das mortadelas (0,3 e 0,5 g) foram pesadas e colocadas sobre papel de filtro Whatman nº1 pré-secado em dessecador com KCl. O papel foi acondicionado com a amostra entre duas placas de acrílico e prensado até 500 psi por 1 minuto. Após este tempo, a pressão foi liberada e o conjunto removido da prensa. As áreas formadas pelo filme da amostra e pela água liberada foram marcadas à caneta, e medidas com planímetro, conforme Figura 3.3. A CRA das formulações foi calculada pela porcentagem de água retida pela amostra, levando em consideração a umidade das amostras, segundo as equações 1 e 2, abaixo:

$$\% \text{ H}_2\text{O livre} = \frac{[A_{\text{total}} (\text{cm}^2) - A_{\text{filme}} (\text{cm}^2)] \times 9,47 \times 100}{\text{Umidade total (mg) na amostra}} \quad \text{Equação 1}$$

$$\text{CRA} = 100 - \% \text{ H}_2\text{O livre} \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

- $A_{\text{total}} (\text{cm}^2)$ = Área formada pela água liberada;
- $A_{\text{filme}} (\text{cm}^2)$ = Área formada pelo filme de carne;
- 9,47 = Coeficiente que representa mg de água absorvidas/ cm^2 do papel de filtro Whatman nº1;
- Umidade total (mg) na amostra = Massa amostra (mg) * umidade (secagem em estufa);
- CRA = % água retida pela amostra.

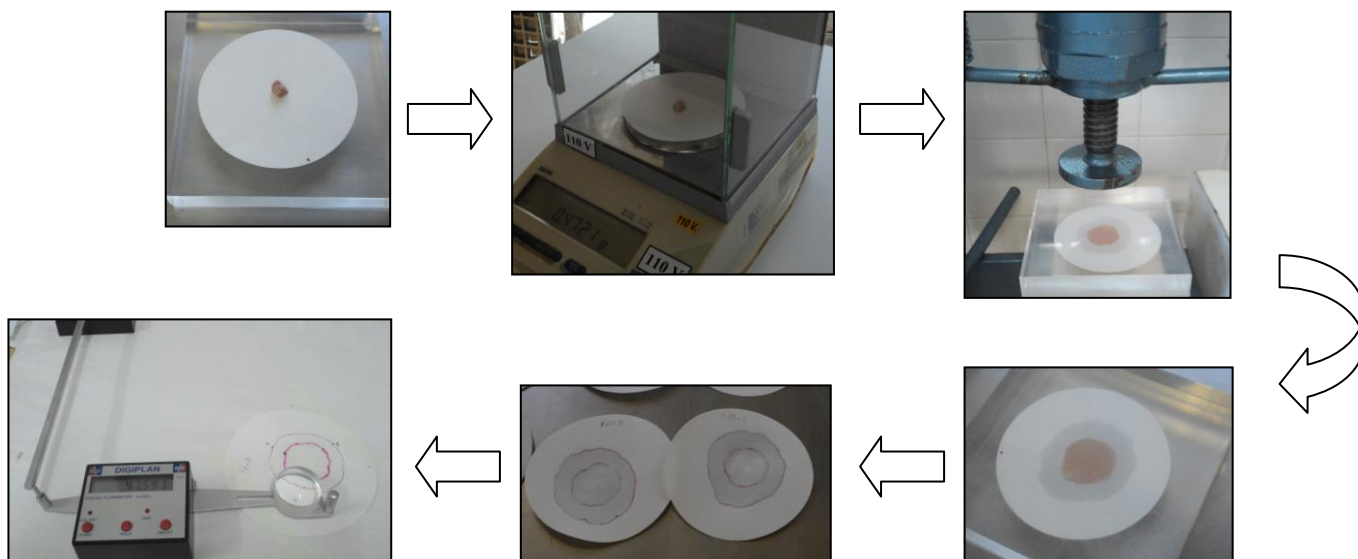


Figura 3.3 – Ilustração da metodologia utilizada para cálculo da CRA das formulações avaliadas.

2.4.4. Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

A microestrutura das amostras foi avaliada segundo metodologia proposta por Jiménez-Colmenero et al. (2010) e Julavittayanukul, Benjakul e Visessanguan (2006), com modificações.

Diferentes partes das mortadelas fabricadas (uma peça de mortadela por tratamento) foram cortadas em pedaços de dimensões 3 mm x 3 mm ou 5 mm x 3 mm e fixadas com glutaraldeído (3 % m/v) em tampão fosfato 0,1 M a pH 7,2 - 7,4 por 4 horas a 4 °C. Posteriormente, foram realizadas duas lavagens em tampão fosfato e as amostras foram fraturadas em nitrogênio líquido. Foi feita uma nova lavagem em tampão fosfato e a pós-fixação das amostras fraturadas foi realizada em tetróxido de ósmio (1 % m/m - diluído com tampão fosfato 0,2 M).

Após mais duas lavagens com água destilada, as amostras foram desidratadas em uma série de soluções alcoólicas (30, 50, 70, 90 e 100 % v/v). De forma a se evitar danos à estrutura durante a secagem, as amostras foram secas no ponto crítico do CO₂ (Critical Point Dryer CPD030 Balzers). Posteriormente, foram colocadas em *stubs* de alumínio e cobertas com ouro em um Sputter Coater SCD 050-Balzers. A visualização das estruturas foi feita em um microscópio JEOL JSM 5800 LV (Tóquio, Japão) operado a 10 kV. Foram feitas no mínimo três imagens de cada estrutura com aumentos de 200, 500 e 1000 vezes.

2.5. Análise estatística

Os dados foram avaliados por meio da análise de variância (ANOVA) ao nível de significância de 5 %, e a diferença entre as médias dos resultados foi avaliada pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$), utilizando o programa estatístico SAS, versão 9.1, licenciado pela UNICAMP.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Propriedades reológicas das emulsões, antes do processamento térmico.

Para avaliar as propriedades viscoelásticas dos *batters* cárneos em função do tempo de observação foram realizadas, varreduras de frequência a uma temperatura de 7 °C,

simulando as baixas temperaturas de cominuição do *batter* (4 – 17 °C de acordo com a matéria-prima carne utilizada). Verificou-se que todas as curvas de frequência, tanto daquelas adicionadas de fibras, quanto as formulações controle, apresentam comportamento bastante semelhante (Figura 3.4).

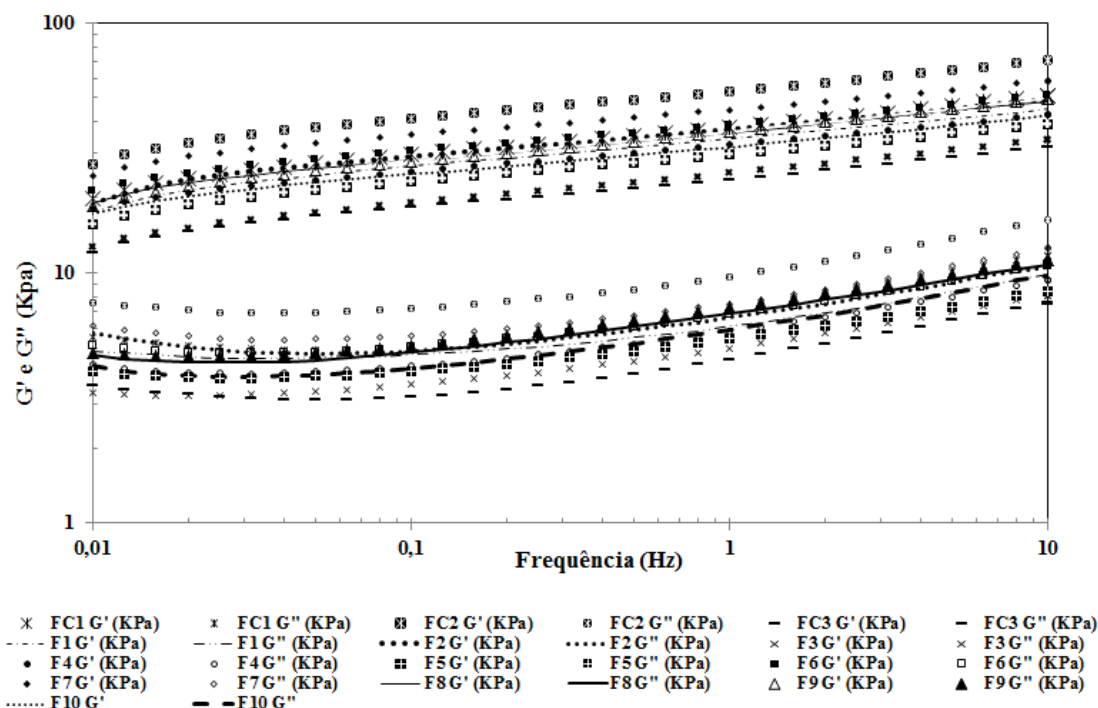


Figura 3.4 - Varredura de frequência para formulações avaliadas, à temperatura de 7 °C e deformação de 1 %.

FC1 = 20 % de gordura, 2 % de NaCl e 5 % de amido, FC2 = 20 % de gordura, 1 % de NaCl e 5 % de amido, FC3 = 10 % de gordura, 2 % de NaCl e 5 % de amido, F1 = 10 % de gordura, 1 % NaCl e 5 % de amido, F2 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 3 % de FOS, F3 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 6 % de FOS, F4 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 3 % de inulina, F5 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 6 % de inulina, F6 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 3 % de amido resistente, F7 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 6 % de amido resistente, F8 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 3 % de polidextrose, F9 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 6 % de polidextrose e F10 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl, 1,5 % de FOS, inulina, amido resistente e polidextrose.

Todas as formulações avaliadas apresentaram espectro mecânico característico de sólidos, com valores de $G' > G''$, indicando um comportamento predominantemente elástico, porém sem variar significativamente com a frequência. A magnitude dos valores obtidos neste experimento foi similar à obtida por Cardoso, Ribeiro e Mendes (2012), ao avaliarem géis proteicos de diferentes espécies de peixes. Os maiores valores de G' e G'' foram observados para FC2, formulação controle, com teor reduzido de cloreto de sódio (NaCl).

Um pequeno aumento dos módulos de G' e G'' com a frequência foi observado em outros trabalhos que avaliaram as propriedades viscoelásticas de emulsões em diferente bases proteicas, como por exemplo por Ferris et al. (2009) que utilizaram emulsões à base de proteínas de frango, Cardoso, Ribeiro e Mendes (2012) com proteínas de peixe, Lorenzo et al. (2011) com proteínas do colágeno, Savadkoochi et al. (2013) com emulsões à base de carne de frango, mecanicamente separada (CMS) de frango.

Essa pequena dependência dos módulos G' e G'' com a oscilação de frequência é conhecida como “plateau region”, que é uma zona intermediária do espectro mecânico entre a zona terminal e a de transição (ALMDAL et al., 1993; LORENZO et al., 2011; SAVADKOOCHI et al., 2013). Este tipo de comportamento, onde $G' > G''$ ($0,1 < \text{inclinação} < 0,3$) e os módulos são quase paralelos uns aos outros, é também conhecido como gel fraco. Este parâmetro pode ser considerado como uma medida da densidade de entrelaçamento entre as moléculas de proteína localizadas na interface óleo-água, e por isso tem sido relacionado com a formação da rede estrutural de uma emulsão (FRANCO, BERJANO e GALLEGOS, 1997; FRANCO et al., 1998).

3.2. Propriedades viscoelásticas em função da temperatura.

Medidas viscoelásticas podem ser utilizadas como parâmetro de caracterização de um produto, tanto no estágio intermediário, como no final de produção, uma vez que estas medidas são bastante sensíveis à composição química e estrutura física. Os módulos de armazenamento e de perda (G' e G'' , respectivamente) foram utilizados para simular as condições de cozimento (de 25 °C até 75 °C) de um produto cárneo emulsionado, através da varredura de temperatura (Figura 3.5). Foi possível observar um comportamento bastante similar entre as formulações controle, mesmo com a redução dos teores de cloreto de sódio (FC2), de gordura (FC3) ou mesmo de ambos (F1), como mostrado na Figura 3.5, que apresenta o módulo de armazenamento dos *batters* cárneos com reduzido teor de gordura e de cloreto de sódio, e contendo as diferentes fibras funcionais, que foram adicionadas em dois níveis, 3 e 6 % (m/m) (formulações F2 – F9), ou em mistura, com 1,5 % de cada fibra (F10).

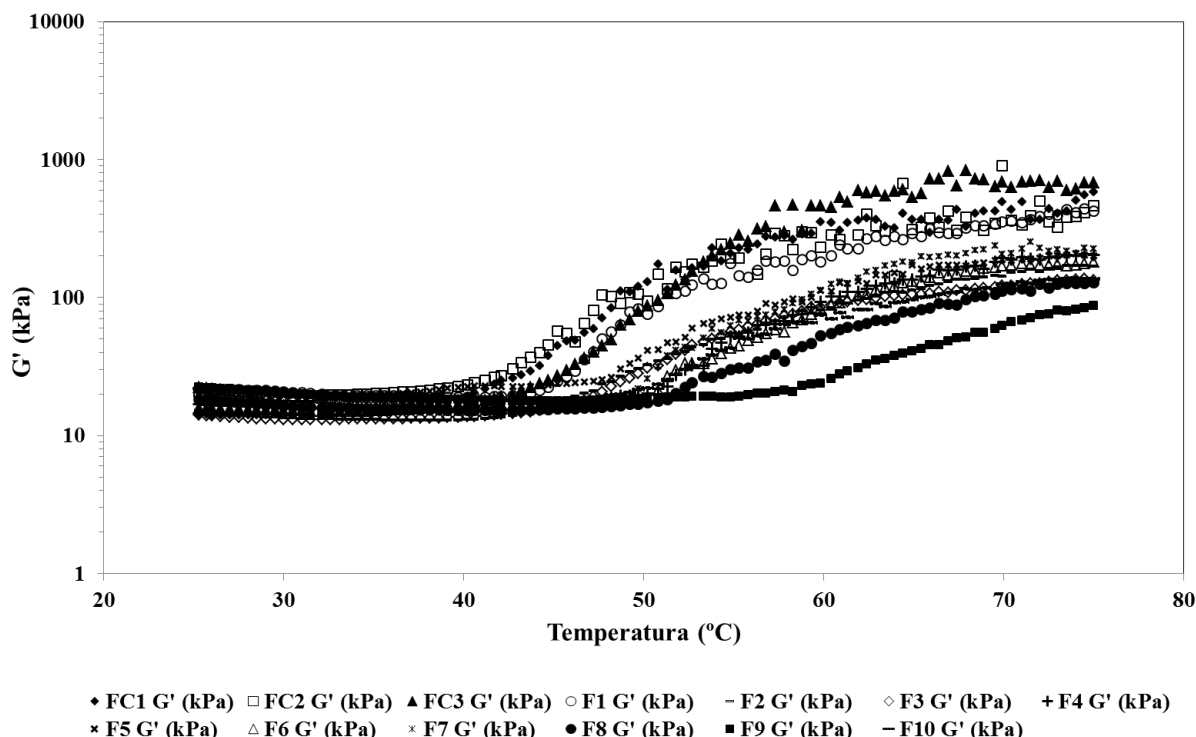


Figura 3.5 - Variação do módulo elástico (G') das amostras.

FC1 = 20 % de gordura, 2 % de NaCl e 5 % de amido, FC2 = 20 % de gordura, 1 % de NaCl e 5 % de amido, FC3 = 10 % de gordura, 2 % de NaCl e 5 % de amido, F1 = 10 % de gordura, 1 % NaCl e 5 % de amido, F2 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 3 % de FOS, F3 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 6 % de FOS, F4 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 3 % de inulina, F5 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 6 % de inulina, F6 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 3 % de amido resistente, F7 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 6 % de amido resistente, F8 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 3 % de polidextrose, F9 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 6 % de polidextrose e F10 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl, 1,5 % de FOS, inulina, amido resistente e polidextrose.

Observa-se que durante o aquecimento de 25 °C até 75 °C ocorreu significativo aumento do módulo de armazenamento (G'), em todas as formulações avaliadas, diferente do que foi observado por Ferris et al. (2009) e Savadkoohi et al. (2013), onde ocorreu primeiramente uma redução nos módulos de G' devido a quebra de ligações de hidrogênio com o aumento da temperatura. Entretanto, tais autores trabalharam com uma matriz proteica diferente da utilizada neste estudo. A matriz deles foi à base de carne de frango, sendo que Savadkoohi et al. (2013) utilizaram carne mecanicamente separada (CMS) de frango.

Entretanto, ao comparar as formulações controle com as formulações adicionadas de fibras, observa-se um aumento de G' mais abrupto nas formulações controle (maior

inclinação) na faixa de 35 – 55 °C, após o qual o comportamento varia pouco até atingir a temperatura de 75 °C. Já nas formulações adicionadas das fibras, o aumento do G' ocorreu de forma mais lenta e gradual, sendo mais evidente apenas após atingir 40 °C.

O comportamento das formulações adicionadas de fibras pode ser explicado pelo mecanismo de gelificação da miosina. A adição das fibras pode ter retardado a agregação da porção globular da cabeça da miosina (etapa conhecida como a primeira reação de gelificação da miosina, deslocando o processo para maiores temperaturas). Isso acarretou então na ocorrência simultânea da primeira reação com a segunda reação, que são alterações estruturais na hélice da cauda da miosina, estendendo-se por um período maior de tempo. O processo de gelificação da miosina promove assim, maior elasticidade do material devido principalmente a interações hidrofóbicas e pontes sulfidríla-dissulfeto que são formadas entre as proteínas vizinhas, além de pequena contribuição das pontes de hidrogênio e de outras ligações polares (SAMEJIMA, ISHIOBOROSHI e YASUI, 1981; TORNBERG, 2005; FERRIS et al., 2009; SAVADKOOHI et al., 2013). Além disso, a contribuição das proteínas do tecido conjuntivo no aumento de G' durante o aquecimento também deve ser considerada, uma vez que a contração destas fibras pode ocorrer em até ¼ do seu comprimento original, sob temperaturas de 60 – 70 °C, em um ambiente de elevada umidade, como as emulsões aqui consideradas (TORNBERG, 2005).

A mudança no comportamento reológico entre as emulsões adicionadas de fibras e os tratamentos controle deve-se provavelmente à contribuição de várias reações, como por exemplo, a gelificação das proteínas, a gelatinização do amido e interações entre os constituintes da emulsão. A gelatinização do amido pode ocorrer em diferentes faixas de temperatura, dependendo da variedade do cereal ou safra do ano: 50 – 70 °C para o amido de trigo, 61,5 - 80,0 °C para o amido de arroz nativo, 61,7 - 78,4 °C para o amido de milho normal, 60,5 - 78,1 °C para o amido de milho ceroso, e 52 – 65 °C para o amido de mandioca (YOOK, PEK e PARK, 1993; LIU, RAMSDEN e CORKE, 1999; BEMILLER e HUBER, 2010). Do mesmo modo, as interações entre o amido e os lipídios podem resultar em géis, variando de fracos a fortemente elásticos (ELIASSON e KIM, 1995). Em relação ao efeito da gordura, Carballo et al. (1996) verificaram que a redução deste componente resultou em um aumento do teor de umidade do produto, o que levou a uma diminuição na

concentração do teor proteico, e resultou consequentemente na redução da firmeza do produto.

Sabe-se que neste tipo de emulsão, as alterações macroscópicas observadas durante o processamento térmico (aquecimento e resfriamento) estão relacionadas com o efeito da temperatura sobre os principais constituintes da emulsão, as proteínas da carne. Alterações na conformação da proteína muscular têm sido observadas em diferentes faixas de temperatura, tais como: 54 - 58 °C para a miosina, 65 - 67 °C para proteínas do colágeno e sarcoplasmáticas, 80 - 83 °C para a actina e 75,6 e 78,4 °C para a titinas suína e bovina, respectivamente, como citado por Tornberg (2005). Entretanto, a contribuição das proteínas do tecido conjuntivo podem promover uma ligeira diminuição do G' , ao final do aquecimento, uma vez que ele pode ser dissolvido e transformado em gelatina, caso suas fibras não estejam estabilizadas pelo calor (FERRIS et al., 2009).

A Figura 3.6 apresenta o módulo de armazenamento dos *batters* cárneos durante o resfriamento, de 75 a 25 °C. Verifica-se que os módulos de todas as formulações permaneceram praticamente constantes, ao longo do resfriamento, apesar de haver uma diferença entre as formulações controle (FC1, FC2, FC3 e F1) e àquelas adicionadas de fibras prebióticas (F2 a F9).

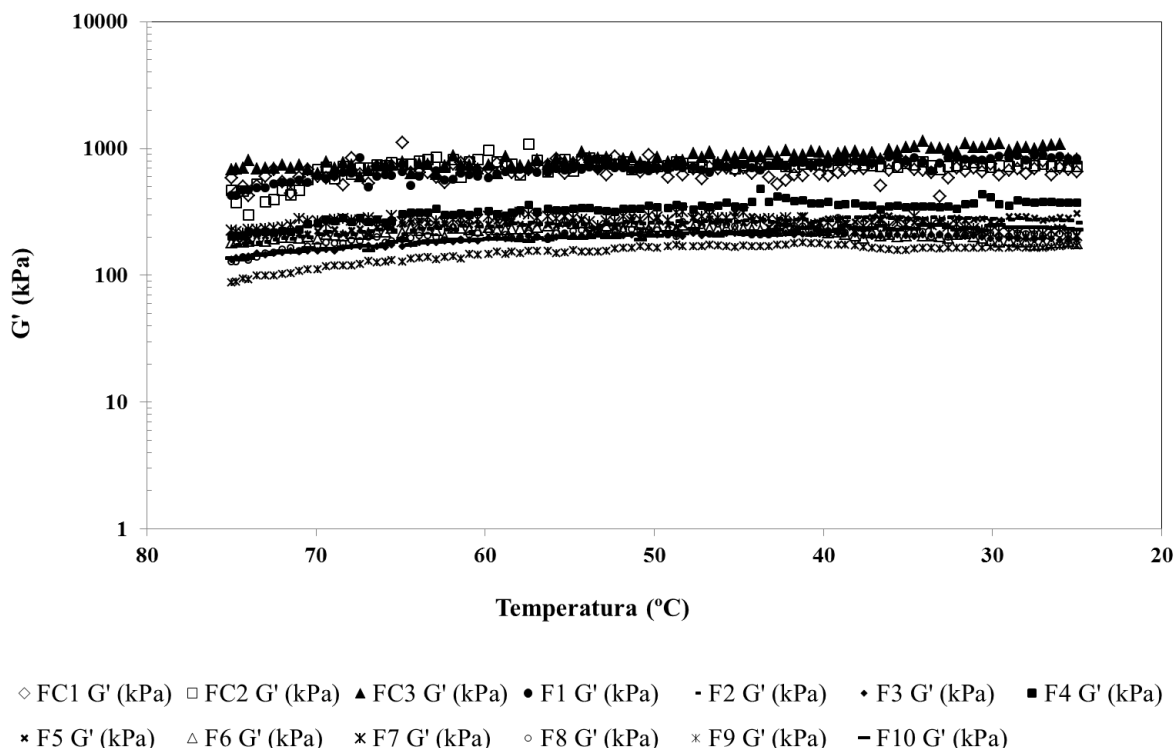


Figura 3.6 – Variação do módulo de armazenamento (G) das amostras durante o resfriamento. FC1 = 20 % de gordura, 2 % de NaCl e 5 % de amido, FC2 = 20 % de gordura, 1 % de NaCl e 5 % de amido, FC3 = 10 % de gordura, 2 % de NaCl e 5 % de amido, F1 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 5 % de amido, F2 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 3 % de FOS, F3 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 6 % de FOS, F4 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 3 % de inulina, F5 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 6 % de inulina, F6 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 3 % de amido resistente, F7 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 6 % de amido resistente, F8 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 3 % de polidextrose, F9 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 6 % de polidextrose e F10 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl, 1,5 % de FOS, inulina, amido resistente e polidextrose.

A Tabela 3.2 apresenta os valores dos módulos de armazenamento e de perda (G' e G'') ao término do resfriamento. Durante o processo de aquecimento, houve um aumento significativo ($p < 0,05$) nos valores de G' , tanto para as formulações controle quanto para aquelas adicionadas de fibras (dados não apresentados). Entretanto, FC1 e FC3 apresentaram os maiores valores de G' ao término do aquecimento. Deste modo, evidenciou-se que apenas a simples redução do teor de NaCl adicionado foi significativo para a redução do módulo de G' . Com relação ao módulo de perda (G'') houve redução significativa em seus valores até o final do processo (aquecimento e resfriamento) (dados não apresentados), e não houve diferença significativa entre eles após o término do resfriamento. Observa-se que o comportamento da formulação adicionada de todas as fibras

prebióticas (F10) foi semelhante ao das formulações adicionadas das fibras isoladas, com relação ao G' e semelhante também aos controles, com relação ao módulo de G'' .

Tabela 3.2 - Valores dos módulos de armazenamento (G') e de perda (G'') das formulações avaliadas, após a estabilização da rede formada (ao final do resfriamento).

Tratamentos	Término resfriamento (75 °C para 25 °C)	
	G' (kPa)	G'' (kPa)
FC1	534,50 ± 100,62 ^a	5,75 ± 2,08 ^a
FC2	262,65 ± 27,58 ^{bcd}	6,00 ± 0,06 ^a
FC3	520,45 ± 56,50 ^a	4,48 ± 1,96 ^a
F1	360,25 ± 95,46 ^{ab}	6,38 ± 3,92 ^a
F2	166,80 ± 14,71 ^{bcd}	3,57 ± 1,02 ^a
F3	128,78 ± 3,43 ^{cd}	3,22 ± 0,78 ^a
F4	121,43 ± 20,97 ^{cd}	5,87 ± 0,66 ^a
F5	193,98 ± 94,15 ^{bcd}	3,68 ± 0,18 ^a
F6	200,88 ± 3,43 ^{bcd}	4,40 ± 0,24 ^a
F7	326,90 ± 1,27 ^{abc}	7,81 ± 1,91 ^a
F8	91,08 ± 54,13 ^d	3,31 ± 0,69 ^a
F9	76,87 ± 11,59 ^d	4,06 ± 0,71 ^a
F10	121,90 ± 27,08 ^{cd}	4,27 ± 0,18 ^a

* Letras maiúsculas diferentes na mesma linha e letras minúsculas na mesma coluna são estatisticamente diferentes ($p < 0,05$), pelo teste de Tukey. FC1 = 20 % de gordura, 2 % de NaCl e 5 % de amido, FC2 = 20 % de gordura, 1 % de NaCl e 5 % de amido, FC3 = 10 % de gordura, 2 % de NaCl e 5 % de amido, F1 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 5 % de amido, F2 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 3 % de FOS, F3 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 6 % de FOS, F4 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 3 % de inulina, F5 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 6 % de inulina, F6 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 3 % de amido resistente, F7 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 6 % de amido resistente, F8 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 3 % de polidextrose, F9 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 6 % de polidextrose e F10 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl, 1,5 % de FOS, inulina, amido resistente e polidextrose.

Observa-se que durante o resfriamento das amostras (75 °C para 25 °C) a rede proteica continuou desenvolvendo-se. Porém, como durante o processo de aquecimento ela havia sido quase completamente formada, o seu desenvolvimento durante o resfriamento ocorreu a taxas menores, contribuindo porém para a formação de géis ainda mais fortes, como pode-se observar pelos valores finais dos módulos de armazenamento e de perda (G' e G'' , respectivamente), na Tabela 3.2. Observa-se também que a magnitude dos valores de G' foram diferentes entre as formulações avaliadas, com os maiores valores para as formulações controle total FC1 (20 % de gordura, 2 % de NaCl e 5 % de amido) e o controle FC3 (10 % de gordura, 2 % de NaCl e 5 % de amido) e os menores valores para F8 e F9, que são as formulações adicionadas de polidextrose, 3 e 6 % respectivamente.

Os maiores valores de G' foram encontrados nas formulações controle, em torno de 888 – 1140 kPa, enquanto nas formulações adicionadas de fibras os maiores valores variaram de 480 – 180 kPa (dados não apresentados), a diferentes temperaturas. Esta variação de magnitude nos valores de G' reforçam o que foi observado anteriormente, de que quanto maior o valor de G' , mais firme e mais elástico será o gel formado. A partir deste comportamento da curva, fica evidente a termoresistência dos géis formados, bem como a irreversibilidade da desnaturação das proteínas cárneas, principalmente, as miofibrilares.

Estes resultados evidenciam que o arranjo espacial das fibras cárneas é de extrema importância para o comportamento e propriedades reológicas do produto cárneo emulsionado. No músculo cárneo inteiro, para que ocorra a ruptura do tecido, ocorre dissipação de energia, e por isso é tido como uma operação difícil. Já para o tecido cárneo moído, como a fibra encontra-se desintegrada, as ligações encontram-se distribuídas de forma aleatória no *batter*, e a fratura do material ocorre preferencialmente pela massa proteica, de modo que a tensão de ruptura necessária para propagar a fratura no material é muito menor do que a tensão necessária para passar através da fibra inteira do tecido cárneo. Assim, o aumento da temperatura, principalmente de 50 – 65 °C durante o cozimento, pode ter propiciado a formação do gel. Entretanto, após atingir a temperatura de 65 °C, pode começar a haver substancial perda de água devido à contração do tecido conjuntivo, o que contribui para deixar o produto mais tenro. Todas estas alterações estruturais propiciam maior elasticidade ao material, bem como uma aprimorada percepção sensorial pelo consumidor (TORNBERG, 2005).

As magnitudes dos valores de G' obtidos neste trabalho foram bem superiores às aquelas obtidas por Savadkoobi et al. (2013) ao avaliarem emulsões cárneas adicionadas de carne de frango mecanicamente separada (CMS), extraídas de diferentes partes da carcaça (pescoço, coxa e dorso), devido ao menor teor de proteínas presente na CMS, quando comparada com a carne bovina (ABDULLAH e AL-NAJDAWI, 2005). Evidencia-se também os maiores valores obtidos de G' nas formulações controle que não sofreram redução do teor de NaCl, FC1 (20 % de gordura, 2 % de NaCl e 5 % de amido) e FC3 (10 % de gordura, 2 % de NaCl e 5 % de amido), ou seja, cuja teor de extração das proteínas miofibrilares foi maior, contribuindo com a formação de uma estrutura mais coesa e

elástica. Assim, os maiores valores de G' obtidos neste trabalho comprovam a maior elasticidade de emulsões cárneas à base de proteínas miofibrilares de origem bovina,

Através das curvas de aquecimento foi possível também avaliar as temperaturas de gelificação dos *batters* (SAVITZKY e GOLAY, 1964), que estão apresentadas na Tabela 3.3.

Tabela 3.3 - Temperaturas de gelificação das diferentes formulações, obtidas durante o aquecimento*.

Tratamentos	Temperatura de Gelificação (°C)
FC1	41,03 ± 0,47 ^d
FC2	41,27 ± 0,80 ^d
FC3	41,28 ± 0,35 ^d
F1	44,85 ± 0,74 ^c
F2	47,82 ± 0,12 ^{ab}
F3	46,97 ± 1,04 ^{bc}
F4	48,63 ± 0,53 ^{ab}
F5	48,85 ± 0,54 ^{ab}
F6	48,92 ± 0,49 ^{ab}
F7	46,97 ± 0,33 ^{bc}
F8	48,28 ± 0,12 ^{ab}
F9	49,32 ± 0,54 ^a
F10	48,68 ± 0,64 ^{ab}

* Letras minúsculas diferentes na mesma coluna são estatisticamente diferentes ($p < 0,05$), pelo teste de Tukey. FC1 = 20 % de gordura, 2 % de NaCl e 5 % de amido, FC2 = 20 % de gordura, 1 % de NaCl e 5 % de amido, FC3 = 10 % de gordura, 2 % de NaCl e 5 % de amido, F1 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 5 % de amido, F2 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 3 % de FOS, F3 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 6 % de FOS, F4 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 3 % de inulina, F5 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 6 % de inulina, F6 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 3 % de amido resistente, F7 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 6 % de amido resistente, F8 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 3 % de polidextrose, F9 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 6 % de polidextrose e F10 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl, 1,5 % de FOS, inulina, amido resistente e polidextrose.

Verifica-se que as temperaturas de gelificação das formulações controle foram significativamente menores ($p < 0,05$) do que das formulações adicionadas de fibras. Ao comparar os dois níveis (3 e 6 %) de adição das fibras nenhuma diferença significativa foi observada com relação às temperaturas de gelificação (46 – 49 °C), nem para a formulação adicionada de todas as fibras (F10). Verifica-se também que apenas a simultânea redução do sal e da gordura (F1) foi significativa ($p < 0,05$) no valor da temperatura de gelificação, com aumento de 3 °C na temperatura de gelificação do *batter*, quando comparado com as outras formulações controle.

Essa diferença significativa com relação às temperaturas de gelificação, entre as formulações controles (FC1, FC2, FC3 e F1) e àquelas adicionadas das fibras prebióticas (F2 a F10), se deve provavelmente a formação de uma estrutura mais complexa devido à adição das fibras. Deste modo, faz-se necessário maior quantidade de energia, ou seja, maiores temperaturas, para que ocorra a quebra das ligações, formação e estabilização da rede.

3.3. Textura instrumental

A Tabela 3.4 apresenta os resultados obtidos para o teste de penetração e de compressão, realizados respectivamente, nos *batters* cárneos e nas mortadelas, com reduzido teor de sódio e de gordura, e adicionadas das fibras prebióticas. Diferenças significativas foram observadas ($p < 0,05$) entre as formulações, tanto para a força de penetração, quanto para a força de compressão.

Tabela 3.4 - Força de compressão das mortadelas e força de penetração dos *batters*, com reduzidos teores de sódio e de gordura, e adicionadas das fibras prebióticas.

Tratamentos	Força Penetração (N)	Força Compressão (N)
FC1	12,12 ± 0,76 ^b	53,14 ± 1,07 ^{ab}
FC2	14,40 ± 1,00 ^a	55,47 ± 2,40 ^a
FC3	09,05 ± 0,25 ^c	45,45 ± 4,79 ^{bc}
F1	07,27 ± 0,02 ^c	33,32 ± 1,14 ^{def}
F2	06,98 ± 0,19 ^c	26,95 ± 1,20 ^f
F3	07,16 ± 0,07 ^c	39,09 ± 1,35 ^{cd}
F4	07,65 ± 0,04 ^c	26,54 ± 0,31 ^f
F5	08,81 ± 0,71 ^c	30,17 ± 1,70 ^{ef}
F6	08,43 ± 0,01 ^c	30,74 ± 4,86 ^{ef}
F7	07,97 ± 1,18 ^c	33,11 ± 1,98 ^{def}
F8	07,21 ± 0,21 ^c	26,98 ± 1,31 ^f
F9	07,47 ± 0,72 ^c	30,63 ± 1,57 ^{ef}
F10	08,61 ± 0,08 ^c	38,19 ± 5,83 ^{cde}

* Letras minúsculas diferentes na mesma coluna são estatisticamente diferentes ($p < 0,05$), pelo teste de Tukey. FC1 = 20 % de gordura, 2 % de NaCl e 5 % de amido, FC2 = 20 % de gordura, 1 % de NaCl e 5 % de amido, FC3 = 10 % de gordura, 2 % de NaCl e 5 % de amido, F1 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 5 % de amido, F2 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 3 % de FOS, F3 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 6 % de FOS, F4 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 3 % de inulina, F5 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 6 % de inulina, F6 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 3 % de amido resistente, F7 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 6 % de amido resistente, F8 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 3 % de polidextrose, F9 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 6 % de polidextrose e F10 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl, 1,5 % de FOS, inulina, amido resistente e polidextrose.

Houve diferença estatística significativa entre as formulações controles FC1 (20 % de gordura, 2 % de NaCl e 5 % de amido), e FC2 (20 % de gordura, 1 % de NaCl e 5 % de amido), e as formulações adicionadas das fibras prebióticas, para a força de penetração. Entretanto, não houve diferença significativa entre os controles FC3 (10 % de gordura, 2 % de NaCl e 5 % de amido), e F1 (10 % de gordura, 1 % de NaCl e 5 % de amido), em comparação com as formulações adicionadas das fibras prebióticas (F2 a F10). Evidencia-se assim que a redução do teor de gordura apresentou efeito significativo sobre a força de penetração, enquanto que apenas a redução do teor do NaCl, não.

Maior valor para a força de penetração foi observado para a formulação FC2 (20 % de gordura, 1 % de NaCl e 5 % de amido), enquanto os menores valores foram observados nas formulações adicionadas de FOS, em ambos os níveis, 3 e 6 % (F2 e F3 respectivamente), ambas com adição de 10 % de gordura e 1 % de NaCl. Esta variação se deve, provavelmente, ao pequeno tamanho de cadeia desta fibra, que pode variar de 2 a 10 unidades de frutose e também à sua higroscopicidade, o que acarreta em superior capacidade de retenção de água, quando comparada a moléculas menores. Ao comparar os níveis de adição das fibras prebióticas observa-se que não houve diferença significativa para nenhuma delas, quanto ao teor de adição de 3 ou 6 %.

Com relação a força de compressão, os maiores valores foram observados para as formulações controle FC1 e FC2, sendo o maior deles, assim como para a força de penetração, obtido para a formulação FC2 (20 % de gordura, 1 % de NaCl e 5 % de amido). Apesar da redução do teor de NaCl adicionado, e conseqüentemente menor solubilização proteica, a rede formada demonstrou-se bastante coesa, devido provavelmente à excelente qualidade da matéria-prima cárnea utilizada. Manteve-se como padrão de corte cárneo, o patinho (*quadriceps femoris*) e uma boa *toilete* do material foi realizada antes da trituração do material, para garantir a maior homogeneidade possível do lote. Assim, observou-se que por menor que fosse a extração de suas proteínas, a excelente capacidade de formação de gel das proteínas miofibrilares compensou a redução do sal, promovendo a formação de géis fortes, e por isso não houve diferença significativa na formulação com apenas redução do teor de NaCl (FC2 - 20 % de gordura, 1 % de NaCl e 5 % de amido).

A redução do teor de toucinho adicionado promoveu também redução significativa na força de penetração, quando comparado com o controle FC1. A redução simultânea do

sal e da gordura na formulação controle F1 (10 % de gordura, 1 % de NaCl e 5 % de amido) promoveu redução significativa da força de compressão, quando comparada com todos os outros controles (FC1, FC2 e FC3), evidenciando que a simultânea redução do NaCl e da gordura favorecem com a maciez do produto.

Resultados bastante contraditórios com relação aos parâmetros de textura têm sido reportados na literatura, dependendo da quantidade e do tipo de fibra utilizada. O efeito da fibra na textura do produto é determinado pelas condições do processo, mas principalmente por suas características. Segundo López-López et al. (2010), quanto maior o tamanho da cadeia da fibra adicionada, maior a probabilidade delas ficarem mal distribuídas na matriz, interagindo menos com o meio, e limitando as propriedades de ligação da estrutura proteica da carne, podendo colaborar negativamente com a maciez do produto final.

Com relação às formulações adicionadas das fibras prebióticas, observou-se que, exceto para o FOS (F2 e F3), ao comparar o nível de adição das fibras, as formulações que continham 6 % de fibras (F5, F7 e F9) apresentaram maiores valores para força de compressão, do que as formulações que continham apenas 3 % de fibras (F4, F6 e F8), o que pode ser devido ao maior teor de adição de água nestas formulações, contribuindo para uma menor resistência do produto à compressão, apesar desta diferença não ser significativa.

Observou-se que a adição de FOS nos níveis de 3 e 6 % (F2 e F3) foi significativa para a redução da força de compressão, quando comparada com as formulações controle. Ao comparar a concentração da fibra nos dois níveis de adição (F2 = 3 % FOS e F3 = 6 % FOS), observa-se que sua concentração em F3 é superior à F2, pois além de ter maior teor de adição de fibra, menor teor de água foi adicionada. Resultados similares foram observados por Santos et al. (2012) e Salazar, García e Selgas (2009), porém em produtos cárneos fermentados. Enquanto Cáceres et al. (2004) observaram que o aumento do teor desta fibra (de 2 para 12 %) não produziu diferença significativa na rigidez das amostras. Porém, como a matriz proteica utilizada foi suína, e o teor de gordura (18 %) bastante superior ao utilizado neste experimento, tal comparação não é viável.

Para a inulina e o amido resistente não houve diferença significativa com relação aos níveis de adição das fibras (3 e 6 %), nem quando comparado com a formulação controle para as fibras (F1 – 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 5 % de amido).

Álvarez e Barbut (2013) observaram que a adição de 6 % (m/m) de inulina foi suficiente para aumentar a dureza de um produto cárneo emulsionado, com matriz proteica à base de carne suína. Entretanto, em produtos cárneos secos curados, vários autores observaram que a adição de inulina não influenciou a textura significativamente (HUANG, TSAI e CHEN, 2011), mesmo em formulações com reduzido teor de gordura, uma vez que promoveu um produto com textura mais macia, além de melhorar as propriedades nutricionais do produto (MENDOZA et al., 2001).

Resultados semelhantes foram observados com a utilização de amido resistente em surimi, um produto que consiste basicamente de proteínas miofibrilares de peixe. Entretanto, devido às ligações cruzadas formadas: amido resistente-proteína, amido resistente-amido resistente ou então proteína-proteína, quanto maior o teor de amido resistente, mais força e mais energia são necessárias para romper o sistema formado, explicando a diferença significativa ($p < 0,05$) obtida apenas para as formulações adicionadas de 8 % de AR, por Yang et al. (2014). Além disso, independente do tipo de músculo ou pH, a firmeza do gel será dependente, principalmente, das propriedades desenvolvidas durante o tratamento térmico. Outros fatores também podem contribuir com a funcionalidade das proteínas, como a temperatura de desnaturação ou o grau de proteólise, e por isso também devem ser considerados como potenciais fontes de variação na definição das propriedades reológicas das proteínas miofibrilares (WESTPHALEN, BRIGGS e LONERGAN, 2006).

Para a polidextrose, não houve diferença significativa com a utilização dos dois níveis da fibra, 3 ou 6 % (m/m), apenas quando comparada com os controles FC1 (20 % de gordura, 2 % de NaCl e 5 % de amido), FC2 (20 % de gordura, 1 % de NaCl e 5 % de amido) e FC3 (10 % de gordura, 2 % de NaCl e 5 % de amido). Todavia, a utilização da polidextrose em produtos cárneos emulsionados, tanto 3 %, quanto 6 %, foi favorável ao desenvolvimento de um produto mais macio. Resultados similares foram observados por Troutt et al. (1992) ao adicionarem esta fibra em hambúrgueres de carne, tanto em combinação com outras fibras (fibras de aveia, ervilha ou beterraba), quanto na forma isolada. A adição em surimi aumentou significativamente a firmeza dos géis devido à redução na CRA das proteínas utilizadas, durante o congelamento (SYCH et al., 1991). Sua utilização em surimi e produtos cárneos reestruturados congelados se deve ao efeito

crioprotetor que modifica a temperatura de transição vítrea da matriz congelada, melhorando a textura e o sabor do produto (STOWELL, 2009a). Todavia, com relação a utilização da polidextrose em produtos cárneos emulsionados, mais pesquisas devem ser realizadas, a fim de verificar e compreender melhor a interação desta fibra com a matriz de uma emulsão e a interação com os ingredientes não cárneos.

Outro ponto bastante relevante é o fato de que a redução, principalmente da gordura, favoreceu o aumento do teor de umidade das formulações, uma vez que o teor de carne adicionada foi mantido fixo (60 %), e a diferença completada com água, sob a forma de gelo, favorecendo assim o aumento da relação umidade/proteína nas formulações. O aumento desta razão, nas formulações adicionadas das diferentes fibras, pode ter favorecido os menores valores da força de compressão observados aqui neste trabalho. Trabalhos anteriores também já haviam feito esta constatação, onde esta razão correlacionou-se positivamente com a maciez e suculência das salsichas (BAKER, DARFLER e VADHERA, 1969; COFRADES, CARBALLO e JIMÉNEZ-COLMENERO, 1997).

3.4. Capacidade de retenção de água (CRA)

Os valores para a capacidade de retenção de água (CRA) são obtidos pela percentagem de água que ficou retida na amostra após submetê-la a uma determinada pressão, e estão apresentados na Tabela 3.5. As formulações controle (FC1, FC2, FC3 e F1) apresentaram os maiores valores de CRA, sem diferença significativa entre elas. Uma vez que a redução do teor de NaCl afeta a solubilidade das proteínas miofibrilares, esperava-se uma redução na CRA devido à formação de uma rede proteica mais fraca. Mas talvez o teor da redução utilizada não foi suficiente para afetar a CRA da emulsão formada.

Tabela 3.5 - Valores médios ($\pm$ desvio padrão) da capacidade de retenção de água (CRA) das mortadelas formuladas com redução dos teores de gordura e de NaCl, e adicionadas de fibras*.

Tratamentos	CRA (%)
FC1	73,80 $\pm$ 0,87 ^a
FC2	75,91 $\pm$ 2,80 ^a
FC3	65,21 $\pm$ 5,60 ^a
F1	65,01 $\pm$ 6,58 ^a
F2	33,22 $\pm$ 0,11 ^b
F3	33,37 $\pm$ 6,76 ^b
F4	32,33 $\pm$ 1,64 ^b
F5	42,59 $\pm$ 0,44 ^b
F6	30,66 $\pm$ 1,40 ^b
F7	33,56 $\pm$ 1,51 ^b
F8	37,35 $\pm$ 3,97 ^b
F9	32,27 $\pm$ 5,80 ^b
F10	30,50 $\pm$ 0,11 ^b

* Letras minúsculas diferentes na mesma coluna são estatisticamente diferentes ($p < 0,05$), pelo teste de Tukey. FC1 = 20 % de gordura, 2 % de NaCl e 5 % de amido, FC2 = 20 % de gordura, 1 % de NaCl e 5 % de amido, FC3 = 10 % de gordura, 2 % de NaCl e 5 % de amido, F1 = 10 % de gordura, 1 % NaCl e 5 % de amido, F2 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 3 % de FOS, F3 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 6 % de FOS, F4 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 3 % de inulina, F5 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 6 % de inulina, F6 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 3 % de amido resistente, F7 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 6 % de amido resistente, F8 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 3 % de polidextrose, F9 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 6 % de polidextrose e F10 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl, 1,5 % de FOS, inulina, amido resistente e polidextrose.

As proteínas miofibrilares solubilizadas com sal formam um exsudado pegajoso sobre a superfície das peças. E esta camada forma então uma película proteica induzida termicamente ao redor dos glóbulos de gordura, que durante o cozimento retém a gordura e mantem a água aprisionada, resultando em uma rede tridimensional bem estruturada. Ou seja, a formação do gel termicamente induzido envolve a associação das cabeças de actina e miosina, produzindo uma rede tridimensional contínua, na qual a, água é aprisionada (DESMOND, 2006; CHOI et al., 2011). Assim, diferentemente do esperado, a redução do teor de sal não afetou a CRA das formulações sem adição das fibras, devido à excelente qualidade proteica da matéria-prima utilizada.

Para as amostras adicionadas das fibras, o valor de CRA foi menor do que os controles, variando entre 30,50 e 42,59 %, apesar de não haver diferença significativa entre todos eles. Com relação aos níveis de adição das fibras (3 e 6% m/m), nenhuma diferença significativa foi observada, para os diferentes tipos de fibras, nem para a formulação que

continha todas as fibras (F10 – 1,5 % de inulina, FOS, amido resistente e de polidextrose). Tal fato pode estar relacionado com a elevada solubilidade das fibras utilizadas, e assim, ao serem adicionadas ao *batter*, hidratavam-se rapidamente, reduzindo a quantidade de água que estaria disponível para o desenvolvimento da rede proteica (STOWELL, 2009a). Este fato pode estar associado também com a redução do poder de ligação das partículas do *batter*, devido a adição das fibras (CREHAN et al., 2000). Desta forma, a rede formada não é tão estruturada, e por isso apresenta uma menor capacidade em reter água (Tabela 3.5), o que pode justificar também a menor força de compressão (Tabela 3.4).

A adição de fibra de farelo de arroz em géis termicamente induzidos à base de proteína cárnea, sem a redução do NaCl, promoveu aumento na CRA das formulações, evidenciando o efeito que outras proteínas não cárneas podem ter sobre a CRA de uma emulsão, como observado por Choi et al. (2011). Todavia, a combinação da adição de fibras com outros ingredientes e outros tratamentos, também tem apresentado resultados positivos. Formulações com reduzidos teores de NaCl, adicionadas de fibra de cenoura e/ou amido de batata, associadas ao tratamento sob alta pressão apresentaram efeito positivo sobre a CRA de salsichas (GROSSI et al., 2011). Portanto, a associação destes ingredientes com a alta pressão tem grande potencial na produção de produtos cárneos funcionais.

3.5. Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

A microscopia eletrônica de varredura (MEV) ofereceu imagens de alta resolução da morfologia de superfície das diferentes formulações, e foi utilizada como ferramenta qualitativa para avaliar as diferenças entre as estruturas tridimensionais do produto emulsionado. As formulações controle exibiram uma estrutura ligeiramente porosa e grosseira, com esferas suspensas na matriz proteica (Figura 3.7).

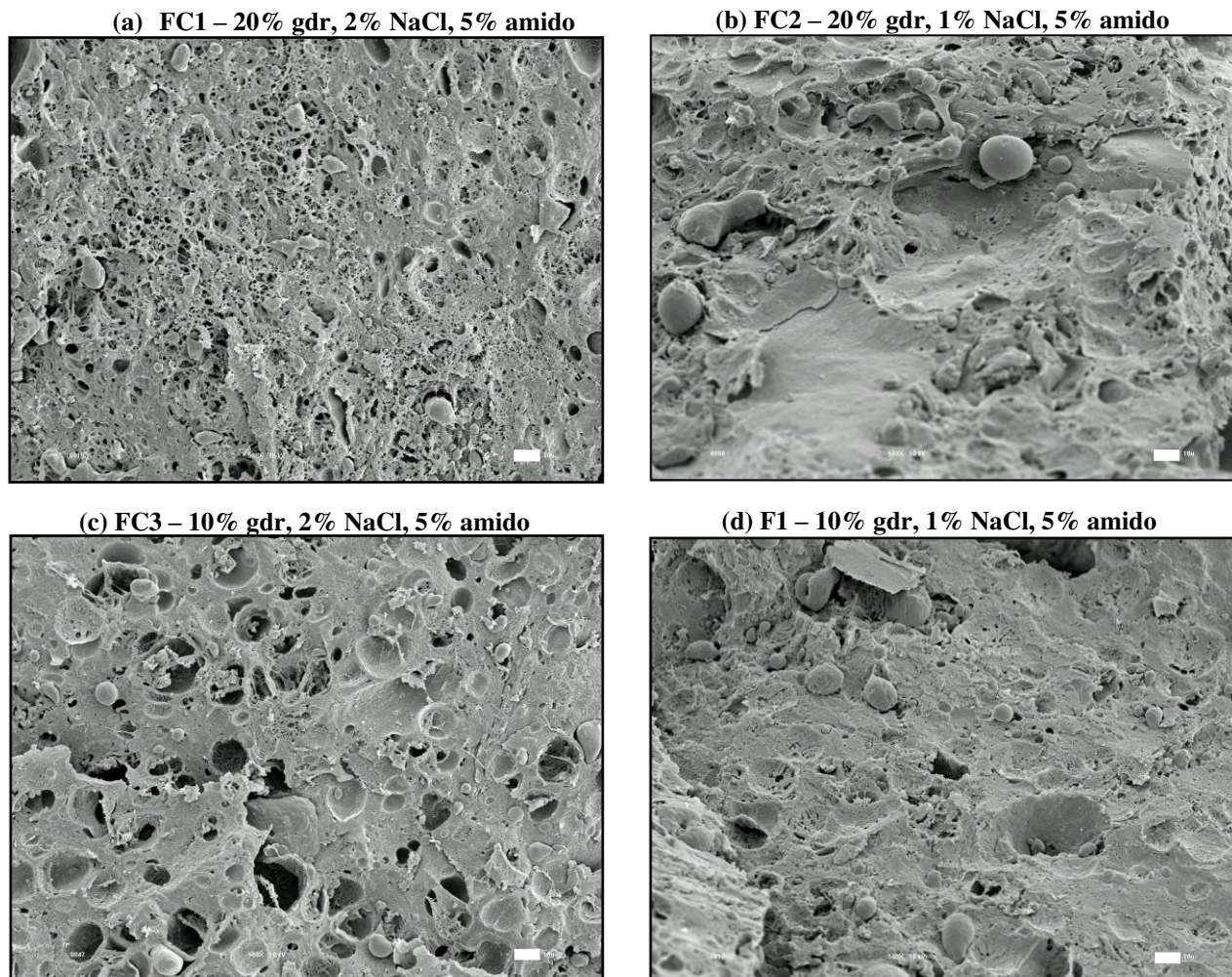


Figura 3.7 - Microscopia eletrônica de varredura, com aumento de 500X, dos *batters* formulados com redução dos teores de cloreto de sódio (NaCl) e/ou de gordura (gdr).

FC1 = 20 % de gordura, 2 % de NaCl e 5 % de amido, FC2 = 20 % de gordura, 1 % de NaCl e 5 % de amido, FC3 = 10 % de gordura, 2 % de NaCl e 5 % de amido, F1 = 10 % de gordura, 1 % NaCl e 5 % de amido. A barra de escala corresponde a 10 µm.

Estas esferas podem ser glóbulos de gordura que não foram eliminados durante o preparo das amostras para o MEV, com soluções de glutaraldeído (3 %) e alcoólicas, ou grânulos de amido não gelatinizados, uma vez que a temperatura de gelatinização do amido de mandioca (65 – 70 °C) (BREUNINGER, PIYACHOMKWAN e SRIROTH, 2009) é próxima da temperatura do processo térmico que foi aplicado nas amostras (pelo menos 74 °C).

Na formulação controle, com redução do teor de adição da gordura animal (FC3 - 10 % de gordura, 2 % de NaCl e 5 % de amido), um maior número de poros foi observado, e com cerca de 10 µm, que pode ser devido ao maior teor de água que foi adicionada. É

possível observar também as várias redes proteicas espalhadas na superfície. Estas formações irregulares parecem similares às aquelas descritas por Jiménez-Colmenero (2010) e Alvarez et al. (2012).

As formulações adicionadas das fibras (Figuras 3.8 e 3.9) apresentaram uma estrutura menos densa e menos compacta, com porosidade similar às formulações controle e com alguns espaços vazios também. De acordo com Morin, Temelli e McMullen (2004), a elevada proporção de espaços vazios pode ser interpretada como a presença adicional de água, devido à redução dos teores de gordura, bem como pela adição das fibras, como já foi discutido anteriormente. Em várias micrografias é possível visualizar a rede proteica formada envolvendo alguns glóbulos de gordura (1), bem como glóbulos de gordura de diferentes tamanhos (2), nas formulações adicionadas das fibras prebióticas.

Apesar dos ensaios reológicos (Figuras 3.5 e 3.6) e das análises de textura (Tabela 3.4) e CRA (Tabela 3.5) não mostrarem diferenças significativas entre as formulações adicionadas de fibras, através das micrografias é possível verificar que as formulações contendo inulina (IN – F4 e F5) apresentam uma topografia muito mais compactada e densa do que as outras fibras, devido provavelmente ao tamanho de sua cadeia, que é superior ao das outras fibras.

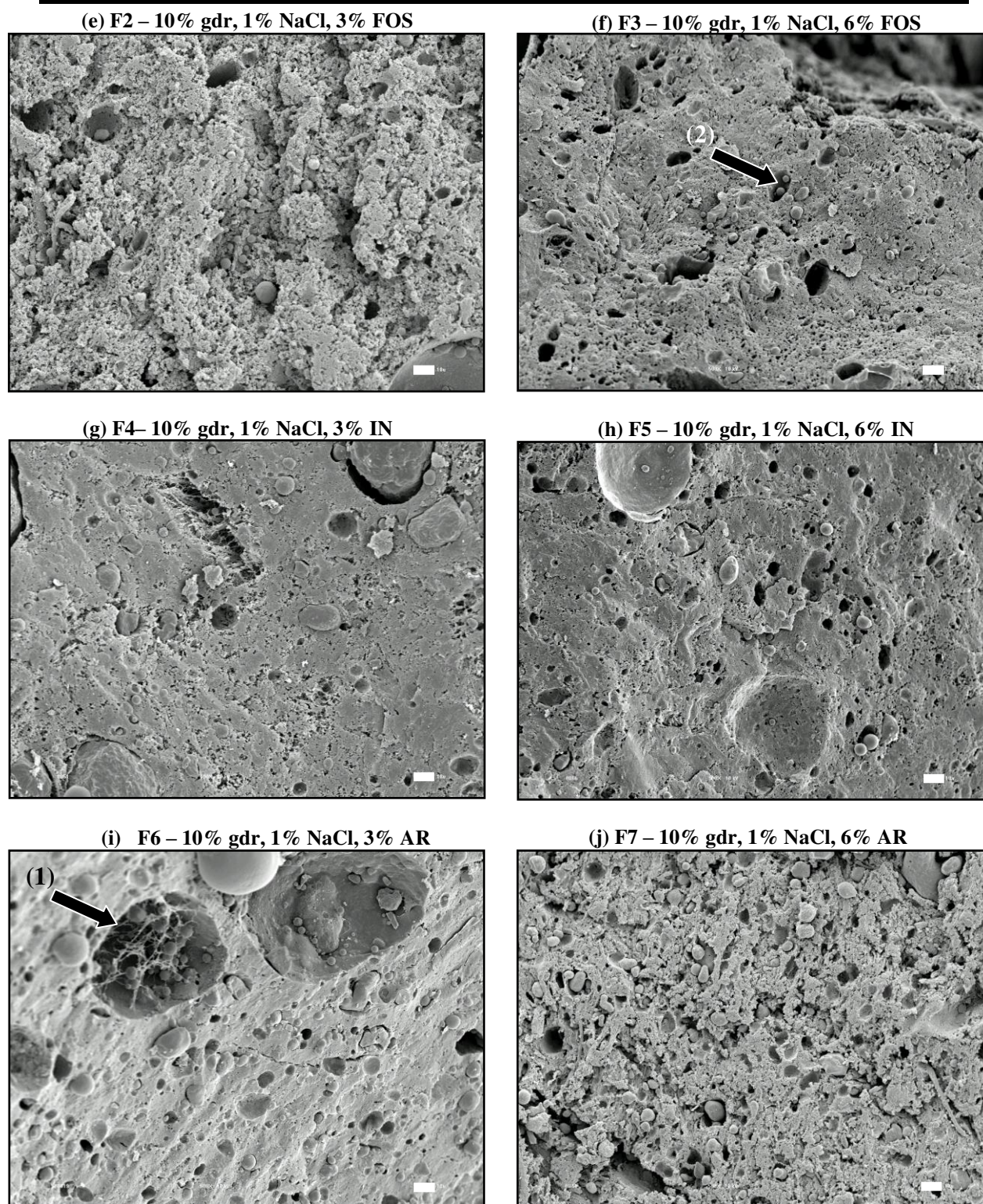


Figura 3.8 - Microscopia eletrônica de varredura, com aumento de 500X, dos *batters* formulados com redução dos teores de cloreto de sódio (NaCl), gordura (gdr) e adicionados de fibras prebióticas . F2 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 3 % de FOS, F3 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 6 % de FOS, F4 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 3 % de inulina, F5 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 6 % de inulina, F6 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 3 % de amido resistente, F7 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 6 % de amido resistente. A barra de escala corresponde a 10 µm.

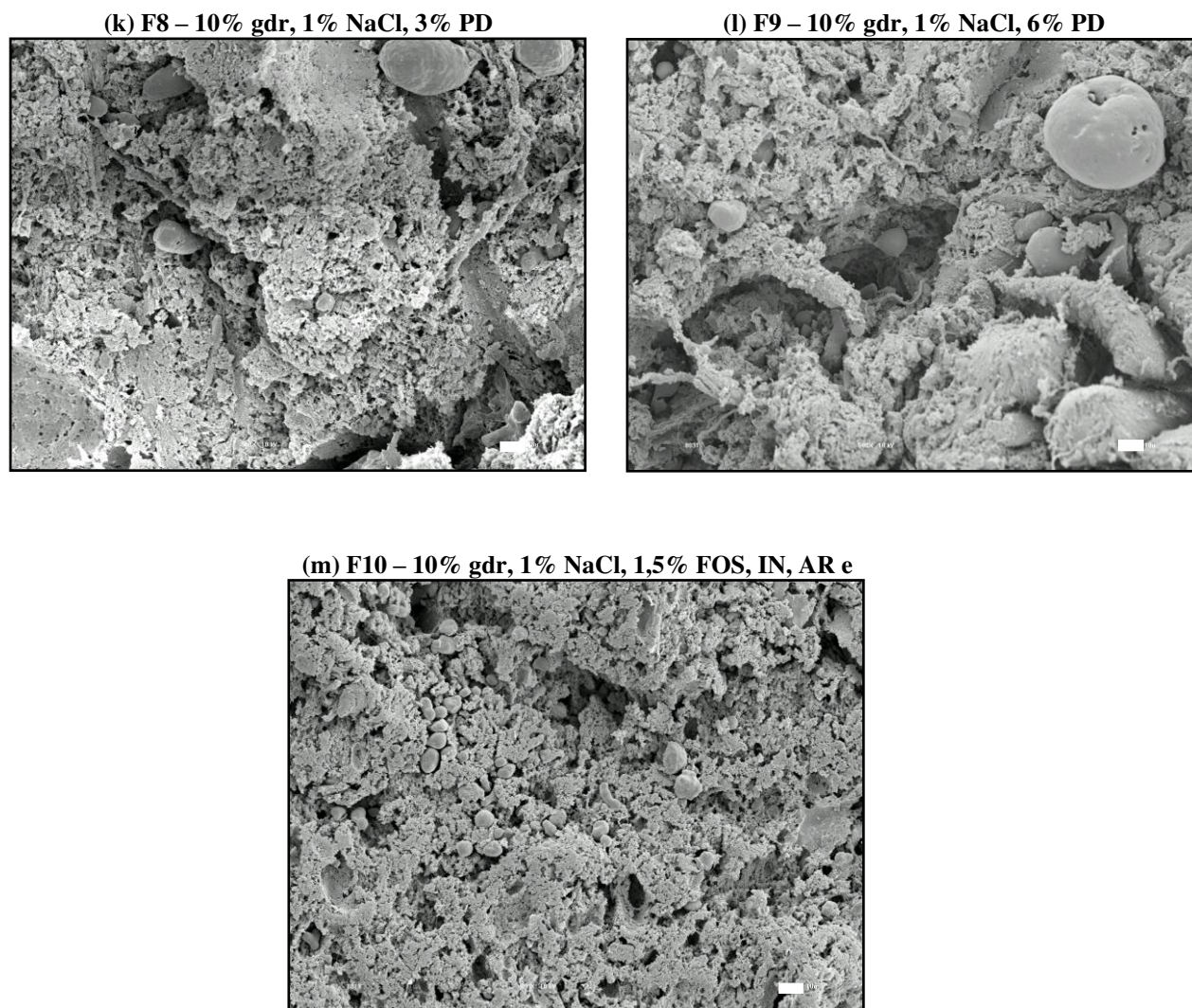


Figura 3.9 - Microscopia eletrônica de varredura, com aumento de 500X, dos *batters* formulados com redução dos teores de cloreto de sódio (NaCl), gordura (gdr) e adicionados de fibras prebióticas. F8 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 3 % de polidextrose, F9 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl e 6 % de polidextrose e F10 = 10 % de gordura, 1 % de NaCl, 1,5 % de FOS, inulina, amido resistente e polidextrose. A barra de escala corresponde a 10 μ m.

As micrografias das mortadelas contendo o amido resistente (Figura 3.8) apresentaram estrutura bastante porosa e com maior número de esferas em sua superfície, que são provavelmente grânulos do amido resistente, Hi-Maize. Este amido apresenta uma elevada temperatura de gelatinização, superior ao ponto de ebulição da água, e após sofrer o tratamento térmico em temperaturas inferiores à sua temperatura de gelatinização, ele mantém sua estrutura cristalina resistente à hidrólise enzimática (BIRT et al., 2013).

As micrografias das mortadelas contendo polidextrose (F8, e F9 – Figura 3.9) apresentaram estrutura menos densa e muito mais porosa, mas com glóbulos de gordura de

vários tamanhos através da matriz proteica, comparado com as formulações adicionadas das outras fibras.

Segundo Morin, Temelli e McMullen (2004), no caso da CMC (carboximetilcelulose), que é aniônica e solúvel em água, ela interage com as proteínas cárneas através de ligações intercruzadas entre os grupos carboxila (carregados negativamente) e as cadeias laterais dos aminoácidos (carregados positivamente). Desta forma, a CRA das proteínas cárneas é altamente dependente dos grupos reativos disponíveis para formação desta matriz proteica, pois caso elas estejam carregadas negativamente, suas características poli eletrolíticas impedem a formação de uma forte rede proteica, resultando em menor rendimento ao cozimento e menor CRA. Esta mesma situação pode ter ocorrido nas formulações avaliadas, uma vez que em todas elas observamos a formação de uma rede proteica mais fraca e com menor CRA (Tabela 3.5), quando comparado com as formulações controle.

Ao observar a estrutura da formulação adicionada de todas as fibras prebióticas (F10 - 10 % de gordura, 1 % de NaCl, 1,5 % de FOS, inulina, amido resistente e polidextrose), observou-se uma estrutura com superfície irregular e bastante porosa, com alguns glóbulos bastante similares àqueles observados nas formulações adicionadas de amido resistente (F6 e F7 – Figura 3.9).

Este tipo de estrutura pode ter sido formado devido à elevada incompatibilidade entre as diferentes fibras adicionadas. A maioria das misturas de proteína-polissacarídeo são termodinamicamente incompatíveis em pH neutro, e sua mistura pode resultar em separação de fases. Após a gelificação de uma mistura de polímeros incompatíveis, os géis resultantes podem ser considerados géis compostos. Entretanto, em uma mistura binária, por exemplo, proteína e amido, ambos componentes podem ser capazes de formar uma rede contínua do gel, onde a formação e a força da rede dependerão apenas da temperatura, concentração e da estabilidade da fase (LI, YEH e FAN, 2007).

4. CONCLUSÃO

As diferentes fibras prebióticas utilizadas no presente trabalho promoveram alterações estruturais nas emulsões cárneas com reduzidos teores de sódio e de gordura, em relação às formulações controle. As formulações contendo as fibras prebióticas inulina, frutooligossacarídeo (FOS), amido resistente e polidextrose apresentaram comportamento bastante elástico com valores do módulo de armazenamento (G') superiores ao módulo de perda (G''), durante todo o processo de cozimento. Entretanto, a adição das fibras pode ter retardado a agregação da porção globular da cabeça da miosina, deslocando o processo de gelificação para temperaturas maiores.

Com relação aos parâmetros de textura, nenhuma diferença significativa foi observada para a força de penetração, entre as formulações avaliadas, entretanto, para a força de compressão, diferenças significativas foram observadas, com as formulações adicionadas das fibras prebióticas apresentando-se mais macias. A adição das fibras prebióticas não afetou a CRA das mortadelas, uma vez que não houve diferença significativa, devido, provavelmente, à excelente qualidade proteica da matéria-prima utilizada, cujo teor de adição foi o mesmo em todas as formulações (60 % m/m). No entanto, deve-se ressaltar que pelo fato de a mortadela não ser uma emulsão verdadeira, algumas das diferenças observadas podem ser justificadas pelos elevados desvios.

Como se pode observar nas microestruturas, há uma considerável diferença estrutural entre as formulações controle, adicionadas de amido (e independente da redução de NaCl ou da gordura), e aquelas adicionadas das fibras prebióticas, onde uma rede bastante porosa foi observada (exceto para as formulações adicionadas de inulina). Enquanto nas formulações controle, a estrutura apresentou-se compacta e densa. Verificou-se que a simultânea redução dos teores de gordura e de NaCl das formulações, com adição de fibras prebióticas, promove a formação de uma rede bem estruturada, porém mais porosa. Logo, para que a matriz gerada seja o mais próximo possível das formulações controle, faz-se necessário a utilização de algum ingrediente capaz de amenizar este efeito, como o amido de mandioca, hidrocolóides ou proteínas não cárneas, por exemplo. A adição simultânea de um destes ingredientes com as fibras prebióticas provavelmente promoveria no produto as características mais similares possíveis a uma matriz tradicional, sem que o produto deixasse de ser funcional.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDULLAH, B.; AL-NAJDAWI, R. Functional and sensory properties of chicken meat from spent-hen carcasses deboned manually or mechanically in Jordan. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 40, n. 5, p. 537-543, 2005.

ALMDAL, K.; DYRE, J.; HVIDT, S.; KRAMER, O. Towards a phenomenological definition of the term 'gel'. **Polymer Gels and Networks**, v. 1, n. 1, p. 5-17, 1993.

ÁLVAREZ, D.; BARBUT, S. Effect of inulin, β -Glucan and their mixtures on emulsion stability, color and textural parameters of cooked meat batters. **Meat Science**, v. 94, n. 3, p. 320-327, 2013.

ALVAREZ, D.; XIONG, Y. L.; CASTILLO, M.; PAYNE, F. A.; GARRIDO, M. D. Textural and viscoelastic properties of pork frankfurters containing canola-olive oils, rice bran, and walnut. **Meat Science**, v. 92, n. 1, p. 8-15, 2012.

BAKER, R. C.; DARFLER, J.; VADHERA, D. V. Type and level of fat and amount of protein and their effect on the quality of chicken frankfurters. **Food Technology**, v. 23, p. 808-811, 1969.

BARBUT, S.; MITTAL, G. S. Effects of salt reduction on the rheological and gelation properties of beef, pork and poultry meat batters. **Meat Science**, v. 26, n. 3, p. 177-191, 1989.

BEMILLER, J. N.; HUBER, K. C. Carboidratos. In: DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L. e FENNEMA, O. R. (Ed.). **Química de Alimentos de Fennema**. 4. Porto Alegre: Artmed, 2010.

BIRT, D. F.; BOYLSTON, T.; HENDRICH, S.; JANE, J.-L.; HOLLIS, J.; LI, L.; MCCLELLAND, J.; MOORE, S.; PHILLIPS, G. J.; ROWLING, M.; SCHALINSKE, K.; SCOTT, M. P.; WHITLEY, E. M. Resistant Starch: Promise for Improving Human Health. **Advances in Nutrition: An International Review Journal**, v. 4, n. 6, p. 587-601, 2013.

BRASIL. **Termo de Compromisso para a Redução do Sódio em Alimentos Processados e divulgação dos dados do Vigitel 2012 - hipertensão**. SAÚDE, M. D. Brasil: Governo Federal 2012b.

BREUNINGER, W. F.; PIYACHOMKWAN, K.; SRIROTH, K. Tapioca/Cassava starch: production and use. In: BEMILLER, J. e WHISTLER, R. (Ed.). **Starch: chemistry and technology**. 3. Amsterdam: Elsevier/Academic, 2009. cap. 12, p.876. (Food science and technology).

BREWER, M. S. Reducing the fat content in ground beef without sacrificing quality: a review. **Meat Science**, v. 91, n. 4, p. 385-395, 2012.

CACERES, E.; GARCIA, M. L.; TORO, J.; SELGAS, M. D. The effect of fructooligosaccharides on the sensory characteristics of cooked sausages. **Meat Science**, v. 68, n. 1, p. 87-96, 2004.

CARBALLO, J.; FERNANDEZ, P.; BARRETO, G.; SOLAS, M. T.; COLMENERO, F. J. Characteristics of high- and low-fat bologna sausages as affected by final internal cooking temperature and chilling storage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 72, n. 1, p. 40-48, 1996.

CARDOSO, C.; RIBEIRO, B.; MENDES, R. Effects of dietary fibre and microbial transglutaminase addition on the rheological and textural properties of protein gels from different fish species. **Journal of Food Engineering**, v. 113, n. 4, p. 520-526, 2012.

CHOI, Y.-S.; CHOI, J.-H.; HAN, D.-J.; KIM, H.-Y.; LEE, M.-A.; KIM, H.-W.; JEONG, J.-Y.; KIM, C.-J. Effects of rice bran fiber on heat-induced gel prepared with pork salt-soluble meat proteins in model system. **Meat Science**, v. 88, n. 1, p. 59-66, 2011.

CHOI, Y. S.; CHOI, J.-H.; HAN, D.-J.; KIM, H.-Y.; LEE, M.-A.; KIM, H.-W.; JEONG, J.-Y.; KIM, C.-J. Characteristics of low-fat meat emulsion systems with pork fat replaced by vegetable oils and rice bran fiber. **Meat Science**, v. 82, n. 2, p. 266-271, 2009.

COFRADES, S.; CARBALLO, J.; JIMÉNEZ-COLMENERO, F. Heating rate effects on high-fat and low-fat frankfurters with a high content of added water. **Meat Science**, v. 47, n. 1-2, p. 105-114, 1997.

COLMENERO, F. J.; BARRETO, G.; FERNÁNDEZ, P.; CARBALLO, J. Frozen storage of Bologna sausages as a function of fat content and of levels of added starch and egg white. **Meat Science**, v. 42, n. 3, p. 325-332, 1996.

CREHAN, C. M.; HUGHES, E.; TROY, D. J.; BUCKLEY, D. J. Effects of fat level and maltodextrin on the functional properties of frankfurters formulated with 5, 12 and 30% fat. **Meat Science**, v. 55, n. 4, p. 463-469, 2000.

DANIEL, A. P. **Emprego de fibras e amido de aveia (*Avena sativa* L.) modificado em produtos cárneos**. 2006. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos). Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

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

ELIASSON, A. C.; KIM, H. R. A dynamic rheological method to study the interaction between starch and lipids. **Journal of Rheology (1978-present)**, v. 39, n. 6, p. 1519-1534, 1995.

FERRIS, J. J.; SANDOVAL, A. J.; BARREIRO, J. A.; SÁNCHEZ, J. J.; MÜLLER, A. J. Gelation kinetics of an imitation-mortadella emulsion during heat treatment determined by oscillatory rheometry. **Journal of Food Engineering**, v. 95, n. 4, p. 677-683, 2009.

FRANCO, J. M.; BERJANO, M.; GALLEGOS, C. Linear Viscoelasticity of Salad Dressing Emulsions. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 45, n. 3, p. 713-719, 1997.

FRANCO, J. M.; RAYMUNDO, A.; SOUSA, I.; GALLEGOS, C. Influence of Processing Variables on the Rheological and Textural Properties of Lupin Protein-Stabilized Emulsions. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 46, n. 8, p. 3109-3115, 1998.

GIRARD, J. P.; CULIOLI, J.; MAILLARD, T.; DENOYER, C.; TOURAILLE, C. Influence of technological parameters on the structure of the batter and the texture of frankfurter type sausages. **Meat Science**, v. 27, n. 1, p. 13-28, 1990.

GROSSI, A.; SOLTOFT-JENSEN, J.; KNUDSEN, J. C.; CHRISTENSEN, M.; ORLIEN, V. Synergistic cooperation of high pressure and carrot dietary fibre on texture and colour of pork sausages. **Meat Science**, v. 89, n. 2, p. 195-201, 2011.

HUANG, S. C.; TSAI, Y. F.; CHEN, C. M. Effects of wheat fiber, oat fiber, and inulin on sensory and physico-chemical properties of chinese-style sausages. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 24, n. 6, p. 875-880, 2011.

JIMENEZ-COLMENERO, F.; CARBALLO, J.; COFRADES, S. Healthier meat and meat products: their role as functional foods. **Meat Science**, v. 59, n. 1, p. 5-13, 2001.

JIMÉNEZ-COLMENERO, F.; HERRERO, A.; PINTADO, T.; SOLAS, M. T.; RUIZ-CAPILLAS, C. Influence of emulsified olive oil stabilizing system used for pork backfat replacement in frankfurters. **Food Research International**, v. 43, n. 8, p. 2068-2076, 2010.

JULAVITTAYANUKUL, O.; BENJAKUL, S.; VISESSANGUAN, W. Effect of phosphate compounds on gel-forming ability of surimi from bigeye snapper (*Priacanthus tayenus*). **Food Hydrocolloids**, v. 20, n. 8, p. 1153-1163, 2006.

LI, J.-Y.; YEH, A.-I.; FAN, K.-L. Gelation characteristics and morphology of corn starch/soy protein concentrate composites during heating. **Journal of Food Engineering**, v. 78, n. 4, p. 1240-1247, 2007.

LIU, H.; RAMSDEN, L.; CORKE, H. Physical Properties of Cross-linked and Acetylated Normal and Waxy Rice Starch. **Starch - Stärke**, v. 51, n. 7, p. 249-252, 1999.

LOPEZ-LOPEZ, I.; COFRADES, S.; YAKAN, A.; SOLAS, M. T.; JIMENEZ-COLMENERO, F. Frozen storage characteristics of low-salt and low-fat beef patties as affected by Wakame addition and replacing pork backfat with olive oil-in-water emulsion. **Food Research International**, v. 43, n. 5, p. 1244-1254, 2010.

LORENZO, G.; CHECMAREV, G.; ZARITZKY, N.; CALIFANO, A. Linear viscoelastic assessment of cold gel-like emulsions stabilized with bovine gelatin. **LWT - Food Science and Technology**, v. 44, n. 2, p. 457-464, 2011.

MCGOUGH, M. M.; SATO, T.; RANKIN, S. A.; SINDELAR, J. J. Reducing sodium levels in frankfurters using naturally brewed soy sauce. **Meat Science**, v. 91, n. 1, p. 69-78, 2012.

MENDOZA, E.; GARCIA, M. L.; CASAS, C.; SELGAS, M. D. Inulin as fat substitute in low fat, dry fermented sausages. **Meat Science**, v. 57, n. 4, p. 387-393, 2001.

MITTAL, G. S.; USBORNE, W. R. Meat emulsion functionality related to fat-protein ratio and selected dairy and cereal products. **Meat Science**, v. 18, n. 1, p. 1-21, 1986.

MORIN, L. A.; TEMELLI, F.; MCMULLEN, L. Interactions between meat proteins and barley (*Hordeum* spp.) β -glucan within a reduced-fat breakfast sausage system. **Meat Science**, v. 68, n. 3, p. 419-430, 2004.

MURPHY, O. Non-polyol low-digestible carbohydrates: food applications and functional benefits. **British Journal of Nutrition**, v. 85, p. S47-S53, 2001.

SALAZAR, P.; GARCIA, M. L.; SELGAS, M. D. Short-chain fructooligosaccharides as potential functional ingredient in dry fermented sausages with different fat levels. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 44, n. 6, p. 1100-1107, 2009.

SAMEJIMA, K.; ISHIOBOROSHI, M.; YASUI, T. Relative Roles of the Head and Tail Portions of the Molecule in Heat-Induced Gelation of Myosin. **Journal of Food Science**, v. 46, n. 5, p. 1412-1418, 1981.

SANTOS, B. A. D.; CAMPAGNOL, P. C. B.; PACHECO, M. T. B.; POLLONIO, M. A. R. Fructooligosaccharides as a fat replacer in fermented cooked sausages. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 47, n. 6, p. 1183-1192, 2012.

SAVADKOOHI, S.; SHAMSI, K.; HOOGENKAMP, H.; JAVADI, A.; FARAHNAKY, A. Mechanical and gelling properties of comminuted sausages containing chicken MDM. **Journal of Food Engineering**, v. 117, n. 3, p. 255-262, 2013.

SAVITZKY, A.; GOLAY, M. J. Smoothing and differentiation of data by simplified least squares procedures. **Analytical Chemistry**, v. 36, n. 8, p. 1627-1639, 1964.

STOWELL, J. D. Polydextrose. In: CHO, S. S. e SAMUEL, P. (Ed.). **Fiber Ingredients: Food applications and healthy benefits**. Boca Raton: CRC Press, 2009a. p.499.

SWENNEN, K.; COURTIN, C. M.; DELCOUR, J. A. Non-digestible Oligosaccharides with Prebiotic Properties. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 46, n. 6, p. 459-471, 2006.

SYCH, J.; LACROIX, C.; ADAMBOUNOU, L. T.; CASTAIGNE, F. The effect of low- or non-sweet additives on the stability of protein functional properties of frozen cod surimi. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 26, n. 2, p. 185-197, 1991.

TORNBERG, E. Effects of heat on meat proteins – Implications on structure and quality of meat products. **Meat Science**, v. 70, n. 3, p. 493-508, 2005.

TROUTT, E. S.; HUNT, M. C.; JOHNSON, D. E.; CLAUS, J. R.; KASTNER, C. L.; KROPF, D. H. Characteristics of Low-fat Ground Beef Containing Texture-modifying Ingredients. **Journal of Food Science**, v. 57, n. 1, p. 19-24, 1992.

TUORILA, H.; MONTELEONE, E. Sensory food science in the changing society: Opportunities, needs, and challenges. **Trends in Food Science & Technology**, v. 20, n. 2, p. 54-62, 2009.

VENTANAS, S.; PUOLANNE, E.; TUORILA, H. Temporal changes of flavour and texture in cooked bologna type sausages as affected by fat and salt content. **Meat Science**, v. 85, n. 3, p. 410-419, 2010.

WESTPHALEN, A. D.; BRIGGS, J. L.; LONERGAN, S. M. Influence of muscle type on rheological properties of porcine myofibrillar protein during heat-induced gelation. **Meat Science**, v. 72, n. 4, p. 697-703, 2006.

WIERBICKI, E.; DEATHERAGE, F. E. Water content of meats - Determination of water-holding capacity of fresh meats. **Agricultural and food Chemistry**, v. 6, n. 5, p. 387-392, 1958.

YANG, Z.; WANG, W.; WANG, H.; YE, Q. Effects of a highly resistant rice starch and pre-incubation temperatures on the physicochemical properties of surimi gel from grass carp (*Ctenopharyn Odon Idellus*). **Food Chemistry**, v. 145, n. 0, p. 212-219, 2014.

YOOK, C.; PEK, U.-H.; PARK, K.-H. Gelatinization and Retrogradation Characteristics of Hydroxypropylated and Cross-linked Rices. **Journal of Food Science**, v. 58, n. 2, p. 405-407, 1993.

CONCLUSÃO GERAL

Os resultados obtidos neste estudo indicam que a simples redução dos teores de cloreto de sódio e de gordura, e a adição das fibras prebióticas altamente solúveis promoveram a formação de produtos com características indesejáveis, como a formação de uma rede proteica mais fraca e elevada perda de líquido durante o processo de cozimento. Consequentemente, promoveu-se também a redução da firmeza das formulações adicionadas das fibras. Com relação aos parâmetros de coloração, nem a redução dos teores de sódio e gordura, nem a adição das fibras, promoveu alterações significativas nas formulações, após o cozimento.

Para a força de penetração, nenhuma diferença significativa foi observada entre as diferentes formulações de emulsões cárneas cruas (*batters*), uma vez que ainda não havia ocorrido o tratamento térmico que pudesse contribuir para a formação de uma rede estável, como a gelatinização do amido ou a gelificação proteica. Para os parâmetros reológicos, a adição das fibras deslocou o processo de gelificação das proteínas cárneas para temperaturas superiores. Tal fato resultou também na ocorrência simultânea da primeira reação com a segunda reação de gelificação da miosina, devido a alterações estruturais na hélice da cauda da molécula.

As micrografias apresentaram claramente as diferenças entre as formulações adicionadas ou não das fibras, evidenciando-se que a adição das fibras prebióticas favoreceu a formação de uma rede mais porosa e muito menos densa, quando comparada com aquelas das formulações controle. Deve-se atentar para o fato de que as formulações controle apresentam amido em sua composição, que contribui significativamente para o aumento da capacidade de retenção de água da formulação, uma vez que sua estrutura molecular, em comparação com a das fibras prebióticas, consegue interagir mais com as moléculas de água, aprisionando-as na rede, favorecendo a formação de uma estrutura mais densa e compacta. Portanto, para agregar características mais saudáveis através da reformulação dos teores de Na e gordura, incorporando-se fibras prebióticas, torna-se necessário avaliar novas combinações e associar outros compostos extensores, ainda que em níveis inferiores a 5%.

A simultânea redução dos teores de gordura e de NaCl das formulações, com adição de fibras prebióticas é viável no desenvolvimento de um produto funcional. Entretanto, para

que a matriz gerada seja o mais próximo possível das formulações tradicionais, faz-se necessário a utilização de algum ingrediente capaz de amenizar os efeitos causados pela reformulação, como os hidrocolóides, proteínas não cárneas, ou então aumentar o teor de adição das proteínas cárneas. A adição simultânea de algum destes ingredientes com as fibras prebióticas promoveria no produto as características mais similares possíveis a uma matriz tradicional, sem que o produto deixasse de ser funcional.