

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

**OTIMIZAÇÃO DE FORMULAÇÕES DE SALSICHA
MISTA PRODUZIDAS COM CARNE DE JUNDIÁ
(*Rhamdia quelen*)**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Jaqueline Piccolo

**Santa Maria, RS, Brasil
2010**

**OTIMIZAÇÃO DE FORMULAÇÕES DE SALSICHA MISTA
PRODUZIDAS COM CARNE DE JUNDIÁ (*Rhamdia quelen*)**

por

Jaqueline Piccolo

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos, Área de Concentração em Ciência e Tecnologia dos Alimentos, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do grau de **Mestre em Ciência e Tecnologia dos Alimentos.**

Orientadora: Prof^ª. Tatiana Emanuelli

**Santa Maria, RS, Brasil
2010**

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**Otimização de formulações de salsicha mista produzidas com
carne de jundiá (*Rhamdia quelen*)**

elaborada por
Jaqueline Piccolo

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos

Comissão Examinadora

**Tatiana Emanuelli, Dr^a
(Presidente/ Orientador)**

Elizete Maria Pesamosca Facco, Dr^a (UCS)

Alexandre José Cichoski, Dr. (UFSM)

Santa Maria, 05 de março de 2010.

DEDICATÓRIA

**Dedico aos meus pilares, Celso Luiz
Piccolo e Marlene Burin Piccolo.
Pai e mãe, obrigada pelo amor,
incentivo e apoio de vocês!**

AGRADECIMENTOS

A Deus, por estar sempre ao meu lado guiando meu passos!

Aos meus amados pais, Celso Luiz Piccolo e Marlene Burin Piccolo, pelo exemplo de caráter, dedicação e força; os quais não mediram esforços para proporcionarem todo o estudo possível para que eu chegasse até aqui!! À minha irmã, por fazer parte da minha torcida!

Ao meu alicerce (!!) e namorado (!!!) Marcio Alessio, pelo companheirismo, apoio, paciência, compreensão, amor, motivação e intensa dedicação dispendidos em todos os momentos!! Obrigada, fofuro!

Aos “brindes” da redondeza, meus cunhados e concunhados Claudia, Atilio, Carine e Leonardo, por tornarem essa caminhada mais leve.

À professora Mari Silvia Rodrigues de Oliveira, pelo exemplo de caráter e profissional e pelo incentivo em me fazer seguir o caminho da pesquisa!

À Elizete Maria Pesamosca Facco, pelo modelo de caráter na simplicidade e companheirismo e, excelência profissional como educadora, além de sua paciência em contribuir no meu crescimento no laboratório e na pesquisa.

À Prof^a Ana Lúcia Saccol, pela disposição em ceder seu tempo e espaço para que fosse realizada parte da análise sensorial desse trabalho.

À minha orientadora, Dr^a Tatiana Emanuelli, pela sua orientação e seu apoio. Obrigada por partilhar seus conhecimentos, pela disposição e dedicação na contribuição de minha formação.

Aos professores, Dr. Ernesto Hashime Kubota e Dr^a Leila Picolli da Silva, integrantes do meu comitê de orientação acadêmica. Obrigada pelas valiosas contribuições ao longo da execução desse trabalho.

Aos demais professores e funcionários do Departamento de Tecnologia e Ciência de Alimentos pela oportunidade de conhecimento proporcionada e pelos ensinamentos transmitidos, em especial à Prof^a Dr^a Luisa Hecktheuer, Prof^a Dr^a Neila Richards, Prof. Dr. Nelcindo Nascimento Terra, Prof. Dr^a Maria da Graça Kolinski Callegaro, Prof. Dr. José Laerte Nörnberg, e aos servidores Carlos Biachin, Moisés, Maria Otilde, Marialene Manfio, Marta Bianchin e Velcir.

À Vanessa Knapp, Alberto Meireles dos Santos, Bruna Klein e Vinícius Amaral, estagiários e amigos que estiveram junto comigo nessa caminhada. Obrigada pela ajuda na execução dos experimentos e amizade.

Aos colegas e amigos Alice Zimmermann, Ana Paula Daniel, Ana Paula Veeck, Andréia Niederauer Coelho, Carline Parodia, Daniele Bobrowski, Gabriela Hirsch, Gitane Fuke, Mariana de Moura Ercolani Novack, Milena Bagetti, Susana Mohr, Tessa Bitencourt Valente, pelos momentos de descontração, carinho e apoio. Obrigada gurias!

Ao pessoal do Nidal, Andréia Quatrin, Daiane Milani Kemerich, Greicy Marafiga Conterato, Luana Maurer, Paula Augusti, Roger Wagner, Taís Unfer, Karen Lisenko e Rudolf Brand Scheibler, que fizeram parte dessa caminhada e de certa forma colaboraram para a execução desse trabalho.

Ao pessoal do laboratório de microbiologia, à Liana Inês Guidolin Milani, Ana Paula de Souza Rezer, Paula Mattana e demais que colaboraram com a execução das análises microbiológicas.

Ao Carlos Rubini Junior, pelo auxílio nas análises de cromatografia e pela amizade.

Aos alunos dos cursos de farmácia, enfermagem e educação física, pela oportunidade de iniciar na docência.

À Bremil, pelo fornecimento dos ingredientes para a elaboração das salsichas.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa para desenvolvimento desse trabalho.

À todos que colaboraram de forma direta ou indireta para a execução desse trabalho.

Obrigada!!

ΕΠΙΓΡΑΦΕ

*“Knowing is not enough; we must apply.
Willing is not enough; we must do.”*

Goethe.

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos
Universidade Federal de Santa Maria

OTIMIZAÇÃO DE FORMULAÇÕES DE SALSICHA MISTA PRODUZIDAS COM CARNE DE JUNDIÁ (*Rhamdia quelen*)

AUTORA: JAQUELINE PICCOLO.
ORIENTADORA: TATIANA EMANUELLI.
CO-ORIENTADOR: ERNESTO HASHIME KUBOTA
Data e Local da Defesa: Santa Maria, 05 de março de 2010.

Este trabalho avaliou o uso da polpa de resíduos da filetagem e da fibra de soja na elaboração de salsichas mistas de carne vermelha e pescado, com o objetivo de aumentar o valor nutricional de salsichas e viabilizar o aproveitamento de subprodutos agroindustriais. Primeiro avaliamos o efeito da substituição da carne vermelha com polpa obtida a partir de resíduos da filetagem de jundiá (PRF 0, 25, 37 e 50% da massa total) nas propriedades nutricionais, tecnológicas e sensoriais, assim como na vida útil salsichas armazenadas sob refrigeração. A substituição resultou em salsichas sensorialmente aceitáveis tanto em uma formulação com o teor convencional de gordura (PRF-25%) quanto em uma formulação com gordura reduzida (PRF-37%). Essas formulações, especialmente aquela com gordura reduzida, apresentaram um melhor valor nutritivo (maior conteúdo de EPA+DHA e menor razão n-6/n-3) e melhores características tecnológicas do que o controle com carne vermelha e teor convencional de gordura. A adição de polpa de pescado não acelerou a oxidação lipídica durante o armazenamento refrigerado. Embora a polpa de peixe não tenha aumentado a contagem de mesófilos, deve-se tomar cuidado com a estabilidade microbiológica, já que as formulações contendo a polpa de pescado apresentaram uma contagem de microorganismos psicrotóxicos ligeiramente maior durante o armazenamento refrigerado. Secundariamente, visando ampliar o conjunto de aplicações dos subprodutos agroindustriais, nós investigamos o efeito da fibra de soja (0; 1,6; 2,4; 3,8 e 4,5%) nas propriedades físico-químicas, tecnológicas e sensoriais de salsichas de carne e polpa de resíduos da filetagem de jundiá formuladas com gordura reduzida. A fibra de soja diminuiu a umidade e

aumentou o teor de cinzas e proteínas, sem alterar a atividade de água ou pH das salsichas. Todas as formulações contendo fibra apresentaram maior tendência ao amarelo (elevado valor de b^*) e aumento da dureza, gomabilidade e mastigabilidade, enquanto que as outras alterações na cor (saturação e ângulo de cor) e textura (parâmetros de elasticidade e coesividade) foram observados somente nas formulações contendo níveis médios e superiores de fibra de soja. A fibra de soja reduziu a perda no cozimento e melhorou a estabilidade da emulsão. A avaliação sensorial revelou que até 2,4% de fibra alimentar (5,4% de pó de fibra de soja) pode ser adicionado às salsichas de carne/pescado com gordura reduzida, sem mudanças na sua aceitação global. Estes resultados indicam que a polpa de resíduos da filetagem do jundiá e a fibra de soja podem ser utilizadas no desenvolvimento de salsichas novas e mais saudáveis, à base de carne e pescado, enriquecidas em ácidos graxos n-3 e fibra alimentar, as quais apresentam com melhores propriedades tecnológicas, mas mantém características sensoriais similares aos produtos convencionais.

Palavras-chave: valor nutricional, salsicha, pescado, fibra de soja.

ABSTRACT

Master Dissertation
Graduate Program in Food Science and Technology
Federal University of Santa Maria

OPTIMIZATION OF MIXED COOKED SAUSAGE FORMULATIONS PRODUCED WITH SILVER CATFISH (*Rhamdia quelen*) FLESH

AUTHOR: JAQUELINE PICCOLO.
ADVISOR: TATIANA EMANUELLI.
CO-ADVISOR: ERNESTO HASHIME KUBOTA
Date and Defense place: Santa Maria, March 5th, 2010.

This study evaluated the utilization of pulp obtained from filleting wastes and soybean fiber in the formulation of mixed red meat/fish sausages and was aimed at increasing the nutritional value of cooked sausages and making good use of agroindustrial by-products. First we evaluated the effect of replacing red meat with silver catfish pulp obtained from filleting wastes (PFW 0, 25, 37 and 50% of total batter) on the nutritional, technological and sensory properties, as well as on the shelf life of sausages under refrigeration. The replacement yielded sensory acceptable cooked sausages both in a full-fat formulation (PFW-25%) and in a low-fat formulation (PFW-37%). These formulations, especially the low-fat one had improved nutritional value (higher EPA+DHA content and lower n-6/n-3 ratio) and better technological characteristics than the full-fat red meat control sausage. The lipid oxidation during refrigerated storage was not accelerated by fish pulp. Although fish pulp did not increase total plate counts, some caution must be taken with the microbiological stability, since fish-containing sausages had slightly higher psychrotrophic counts during refrigerated storage. Secondly, aiming at enlarging the range of applications of agroindustrial by-products, we investigated the effect of soybean fiber (0, 1.6, 2.4, 3.8 and 4.5%) on the physiochemical, technological and sensory properties of low-fat meat/fish cooked sausages made with a pulp from silver catfish filleting wastes. Soybean fiber decreased the moisture and increased ash and protein content, with no changes in water activity or pH of sausages. All fiber-containing sausages had greater tendency to yellowness (higher b* value) and increased hardness,

gumminess and chewiness, while the other changes in color (chroma and hue angle) and texture parameters (springiness and cohesiveness) were observed only in the formulations containing intermediate and higher soybean fiber levels. Soybean fiber reduced cooking loss and improved emulsion stability. Sensory evaluation revealed that up to 2.4% soybean dietary fiber (5.4% soybean fiber powder) can be added to low-fat meat/fish sausage formulations without changes in the overall acceptability. These results indicate that the pulp from silver catfish filleting wastes and soybean fiber can be used to develop novel healthier fish/meat sausages enriched in n-3 fatty acids and dietary fiber, with better technological properties, while keeping sensory characteristics similar to the conventional products.

Keywords: nutritional value, cooked sausage, fish, soybean fiber.

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Nomes dos principais ácidos graxos	26
--	----

MANUSCRITO 1

TABLE 1 - Batter formulations (for 100 kg) of sausages with different levels of filleting waste pulp and fat	68
---	----

TABLE 2 - Effect of filleting waste pulp and fat level on the chemical composition of cooked sausages on wet weight basis	69
--	----

TABLE 3 - Effect of filleting waste pulp and fat level on sensory attributes of cooked sausages	70
--	----

TABLE 4 - Cooking loss, water holding capacity and emulsion stability of cooked sausages with different levels of filleting waste pulp	71
---	----

TABLE 5 - Fatty acid composition (g/100g total fatty acids) of cooked sausages with different levels of filleting waste pulp	72
---	----

MANUSCRITO 2

TABEL 1 – Batter formulations (g or ml for 100 g) of low-fat sausages with different levels of soybean fiber	98
---	----

TABLE 2 - Effect of soybean fiber level on the composition (g/100g wet matter) and caloric content (Kcal) of cooked low-fat sausages	99
---	----

TABLE 3 - Effect of soybean fiber level on the color parameters of cooked low-fat sausages	100
---	-----

TABLE 4 - Effect of soybean fiber level on the cooking loss, water holding capacity and emulsion stability of low-fat sausages	101
---	-----

TABLE 5 - Effect of soybean fiber level on the texture profile of cooked low-fat sausages	102
--	-----

TABLE 6 - Effect of soybean fiber level on the sensory attributes of cooked low-fat sausages	103
---	------------

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

MANUSCRITO 1

- FIGURE 1** - Effect of filleting waste pulp level on total plate count (A) and psychrothrophic counts (B) of cooked sausages during refrigerated storage .73
- FIGURE 2** - Effect of filleting waste pulp level on conjugated dienes (A) and peroxide value (B) of cooked sausages during refrigerated storage74
- FIGURE 3** - Effect of filleting waste pulp level on pH of cooked sausages during refrigerated storage75

LISTA DE ABREVIATURAS

a* - intensidade de vermelho

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANOVA – Análise de variância

b* - Intensidade de amarelo

CD – Dienos conjugados

CFU - unidades formadoras de colônia

CMS - Carne mecanicamente separada

CVD – Doenças cardiovasculares

DHA – Ácido docosahexaenóico

EPA – Ácido eicosapentaenóico

FAO - Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação

L* - Luminosidade da amostra

log - Logaritmo

MDA – Malondialdeído

MUFA – Ácido graxo monoinsaturado

OD – Optical density

pH - Potencial hidrogeniônico

PIS - Proteína isolada de soja

ppm - Parte por milhão

PUFA – Ácidos graxos poliinsaturado

PV – Valor de peróxidos

SFA – Ácido graxo saturado

TBARS – Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico

TPA - Perfil de textura instrumental

UFA – Ácido graxo insaturado

WHO - World Health Organization

SUMÁRIO

RESUMO	8
ABSTRACT	10
LISTA DE TABELAS	12
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	14
LISTA DE ABREVIATURAS	15
1. INTRODUÇÃO	18
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
2.1 Pescados	20
2.1.1 Aquicultura	20
2.1.2 Importância nutricional dos pescados	21
2.1.3 Jundiá (<i>Rhamdia quelen</i>)	24
2.1.4 Processamento de pescados	28
2.2 Soja	29
2.2.1 Do grão à fibra de soja	30
2.2.2 Implicações nutricionais das fibras	34
2.3 Produtos cárneos	36
2.3.1 Tecnologia de produção de salsichas	36
3 ARTIGOS CIENTÍFICOS	
3.1 Manuscrito 1 – Development of healthier meat sausages by addition of filleting waste fish pulp	41
3.2 Manuscrito 2 - Low-fat sausages using fish filleting and soybean by-products	76
4. DISCUSSÃO	104
5. CONCLUSÕES	113
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	115
APÊNDICES	

APÊNDICE A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	131
APÊNDICE B – Questionários para participantes da análise sensorial	133
APÊNDICE C – Procedimento para obtenção de polpa de jundiá	134

1 INTRODUÇÃO

Diante de um consumidor cada vez mais exigente e preocupado com a saúde, busca-se a elaboração de produtos com maior qualidade, não só aquelas relacionadas ao sabor e aparência, mas também as que dizem respeito a produtos benéficos nutricionalmente como os ricos em lipídios insaturados e fibras.

Seguindo essa linha, os pescados se tornam matérias-primas importantes para o desenvolvimento destes tipos de produtos, já que além de serem fontes importantes de proteína, são ricos em ácidos graxos poliinsaturados, principalmente os da família n-3 (FENNEMA, 2000; SUÁREZ-MAHECHA et al., 2002). A importância destes ácidos graxos na redução de triglicerídios e colesterol já foi demonstrada em vários estudos (LIU et al., 2003; RIVELLESE et al., 2003).

Entre os peixes de água doce cultivados na Região Sul do Brasil, o jundiá vem sendo apontado como uma espécie promissora, pois é de fácil manejo e apresenta carne saborosa e sem espinhos intramusculares, o que facilita o seu uso na tecnologia de alimentos (CARNEIRO et al., 2003; MEYER e FRACALOSSI, 2005). No entanto, ainda são escassas as pesquisas sobre o comportamento tecnológico e a estabilidade da sua carne. Além disso, a consolidação do cultivo desta espécie depende do escoamento da produção, a qual depende do aumento da diversificação dos produtos oferecidos ao consumidor (SONODA, 2006).

O processamento de pescados na indústria gera uma quantidade grande de resíduos, logrando sérios problemas ambientais (BRUSCHI, 2001). No entanto, pesquisas recentes mostram que subprodutos de espécies de origem marinha apresentam valor nutricional aproximado ao da parte comestível destas (BRUSCHI, 2001; OLIVEIRA, 2002). Assim, o aproveitamento dos resíduos da filetagem industrial de pescados poderia ocorrer mediante o desenvolvimento de novos produtos (MAIA, 1998).

No contexto atual, a soja é a principal matéria-prima para a produção de óleo vegetal comestível para a alimentação humana (EMBRAPA SOJA, 2009). Aliado a isso está o crescente aumento da produção de biocombustíveis, onde o volume de

grãos de soja processados tem aumentado 9,7% nos últimos dois anos em função da utilização desta leguminosa como matéria-prima na obtenção de biodiesel (BATISTA, 2007). Assim, o aumento da produção de biodiesel e óleo vegetal tem levado ao aumento de subprodutos como a fibra de soja. Embora ainda não tenha alcançado seu auge de consumo, há evidências de que a fibra de soja exerça vários efeitos benéficos à saúde como a redução do colesterol total (LO et al., 1986), principalmente da fração LDL (CHO et al. 1985), reduzindo riscos de desenvolvimento de doenças cardiovasculares e prevenindo a aterosclerose (LO et al., 1987; LIU, 1997; HERMANSEN et al., 2001), e em decorrência desses benefícios na saúde humana, esta poderia ser destinada para inclusão de fibras em alimentos de amplo consumo pela população, como os produtos cárneos.

A salsicha é um dos embutidos mais tradicionais produtos cárneos do mundo (AYO et al., 2007; AYO et al., 2008). Trata-se de um produto cárneo cozido curado de massa fina, caracterizado pelo elevado grau de divisão dos seus constituintes e elevado conteúdo de gordura (até 30%) (MAPA, 2000). A gordura utilizada na elaboração de salsichas convencionais é de origem suína e bovina, sendo, portanto, pobre em ácidos graxos poliinsaturados e apresentando relação n-6/n-3 em torno de 13:1 (AYO et al., 2007), bastante acima do máximo recomendado pela Organização Mundial da Saúde que é entre 3:1 e 4:1 (HORROCKS e YEO, 1999; SUÁREZ-MAHECHA et al., 2002). Além disso, as salsichas convencionais são desprovidas de fibra alimentar.

Além disso, há uma tendência da pesquisa com produtos cárneos em desenvolver formulações com teor de gordura reduzido para atender as exigências do consumidor atual. Este se preocupa não somente com as características sensoriais, mas também com os benefícios nutricionais que um produto oferece como, os ricos em lipídios insaturados e fibras (COFRADES et al., 2000; FERNÁNDEZ-GINES et al., 2004; YANG et al, 2007; FERNÁNDEZ-LÓPEZ et al., 2008; CHOI et al., 2010), como principal parâmetro de decisão de compra.

Sendo assim, o objetivo do presente trabalho foi otimizar formulações de salsicha mista contendo, além de carne bovina e suína, os subprodutos da indústria de pescados (resíduo da filetagem de jundiá) e também do processamento da soja (fibra de soja), visando incrementar o valor nutricional das salsichas através da inclusão de ácidos graxos ômega-3 e fibras, bem como viabilizar o aproveitamento de subprodutos agroindustriais.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Pescados

2.1.1 Aqüicultura

A aqüicultura mundial segue crescendo a um ritmo maior que o crescimento populacional e mais rapidamente que qualquer outro setor de produtos de origem animal, com índice de crescimento médio anual de 6,9% (FAO, 2008). No ano de 2006, os peixes congelados representaram 50% do total de pescados processados para consumo humano; fornecendo pelo menos 15% do aporte médio de proteínas animais a mais de 2,9 milhões de pessoas (FAO, 2008). Porém, o uso e o processamento dos pescados tem se diversificado significativamente nas últimas duas décadas, em função da mudança de gosto do consumidor, novas tecnologias, embalagens e logística (FAO, 2008).

Apesar da grande disponibilidade de água e do grande potencial brasileiro para a aqüicultura, a ingestão de pescados no Brasil ocupa o quarto lugar, quando comparada a de carnes vermelhas, de aves e de suínos (FAO, 2005). O consumo de pescado no Brasil ainda é baixo (6,9 kg/*per capita*/ano), comparado com outros países como Portugal (60 kg/*per capita*/ano), sendo duas vezes menor do que a recomendação da Organização Mundial da Saúde (12 kg/*per capita*/ano) (FAO, 2005).

Algumas razões para isto estão relacionadas à oferta dos pescados: associadas aos investimentos insatisfatórios em equipamentos de pesca e ao manejo inadequado dos estoques, que levam à dificuldade de geração de produtos seguros. Outros fatores estão relacionados à sua demanda, ao próprio hábito alimentar da população, à menor saciedade, à concorrência com outras fontes de proteína animal (aumento da oferta de carnes de aves e suínos) ou com outras fontes de alimentos; e às características de distribuição de renda (FAO, 2005; SONODA, 2006).

Porém, ainda assim, o Brasil é o país com maior potencial para se tornar o maior produtor mundial de pescado cultivado, visto que, possui água disponível para o cultivo, disponibilidade de grãos de soja e milho para produção de rações, clima tropical, aumento de consumidores, além de possuir a maior e mais diversificada fauna de água doce do mundo. Para tanto, é necessária a transformação da carne de peixe num produto popular, a qual só será possível com redução de custo, apoiada na adoção de tecnologia, de insumos de qualidade e produção (OETTERER, 2002).

Sendo assim, uma atenção maior à área de desenvolvimento de novos produtos a partir dos resíduos do beneficiamento de pescados poderia gerar mais investimentos neste setor e modificar a situação de demanda de pescados, modificando o hábito alimentar da população e reduzindo o custo desta matéria-prima.

2.1.2 Importância nutricional dos pescados

Os pescados possuem todos os aminoácidos essenciais à dieta humana, em especial a lisina, sendo excelentes fontes protéicas (15 a 25%), de alta digestibilidade (acima de 95%), conferindo proteína de valor biológico superior ao de outras fontes animais (leite e carne bovina) (FENNEMA, 2000; BALDISSEROTO e RADÜNZ NETO, 2004; OETTERER et al., 2006). Também são fontes de minerais como magnésio, zinco, manganês, cobre, vanádio; de vitaminas A, D, E e K, e as do complexo B (PALLAORO, 1997; OETTERER, 2002).

Além disso, os pescados possuem baixo teor de colesterol e são ricos em ácidos graxos poliinsaturados, principalmente os da família n-3, em especial, o ácido docosaexaenóico (DHA C22:6 n-3) e o eicosapentaenóico (EPA C20:5 n-3) (HORROCKS e YOE, 1999; FENNEMA, 2000; SUARÉZ-MAHECHA et al., 2002).

Os ácidos graxos são freqüentemente nomeados de acordo com suas estruturas químicas e são classificados conforme o número de insaturações em: saturados, monoinsaturados e poliinsaturados (GÓMEZ, 2003). Ao grupo dos ácidos graxos poliinsaturados, os quais contêm de 18 a 22 carbonos, pertencem três famílias de ácidos graxos: n-3; n-6 e n-9 (BELITZ e GROSCH, 1997).

Aos ácidos graxos poliinsaturados é atribuída importância devido ao fato de sintetizarem mediadores inflamatórios (CONTRÉRAZ-GUZMAN, 1994; SUÁREZ-MAHECHA et al., 2002). Já os ácidos graxos poliinsaturados específicos da família n-3 são apontados como essenciais para o desenvolvimento de células nervosas (neurônios e células gliais), durante a formação fetal, acarretando sérias conseqüências em casos de sua carência (BELDA e POURCHET-CAMPOS, 1991), além de atuarem na prevenção de cânceres como o de mama (ISBILLEN et al., 2006; JUDÉ et al., 2006) e de colo de útero (ROYNETTE et al., 2004). Os principais ácidos graxos dessas famílias são o ácido linolênico (C18:3 n-3), precursor dos ácidos eicosapentaenóico (EPA, C20:5 n-3) e docosaexaenóico (DHA, C22:6 n-3), e o ácido linoléico (C18:2 n-6), precursor do ácido araquidônico (C20:4 n-6) (FENNEMA, 2000; SUÁREZ-MAHECHA et al., 2002).

O organismo humano sintetiza os ácidos graxos através do sistema enzimático ácido graxo sintase, elongase e dessaturase. No entanto, os mamíferos não são capazes de sintetizar o ácido linoléico (n-6), necessário para a formação de membranas biologicamente ativas; nem o ácido α -linolênico (n-3), que é sintetizado somente pelas plantas (BELITZ e GROSCH, 1997). Assim, a denominação de ácido graxo essencial é utilizada para os ácidos graxos que não podem ser sintetizados pelo organismo humano e por isso, precisam ser fornecidos pela dieta (CARVALHO et al., 2003). Ambos os ácidos graxos supracitados devem ser supridos pela dieta, e a partir da elongação e dessaturação de suas cadeias serão formados os outros ácidos graxos das famílias n-6 e n-3 como o araquidônico, o EPA e o DHA, os quais desempenham importantes funções biológicas (STRYER, 1994; BELITZ e GROSCH, 1997).

Os animais dependem de EPA e DHA para um desenvolvimento normal. Ambos são importantes por agirem nos sistemas vascular, imunológico e neurológico por participarem da produção de eicosanóides, como prostaglandinas, prostaciclina, tromboxanos e leucotrienos (OETTERER et al., 2006).

Estima-se que o consumo de n-3 pela população norte-americana, no período precedente à industrialização, atingia a razão de 1:1 a 2:1, devido ao consumo abundante de vegetais e produtos marinhos. Contudo, com o avanço da industrialização, e em função do desenvolvimento de óleos refinados com alto teor de ácido linoléico (n-6) e redução na ingestão de frutas e verduras, ocorreu um

aumento progressivo da razão n-6/n-3 nas dietas. (KRIS-ETHERTON et al., 2000; SIMOPOULOS, 2002; SIMOPOULOS, 2004).

Baseando-se em dietas contendo de 20 a 35% de gorduras, o Institute of Medicine (IOM, 2002), recomenda um consumo diário de ácidos graxos na razão n-6/n-3 de 10:1. No entanto, alguns autores indicam uma razão n-6/n-3 ótima de 6:1 (WIJENDRAN e HAYES, 2004), enquanto que a Organização Mundial da Saúde e outras associações, como a Sociedade Brasileira de Alimentação e Nutrição, e o Departamento de Saúde do Reino Unido recomendam que a razão de ácidos graxos poliinsaturados n-6/n-3 esteja entre 3:1 e 4:1 (HORROCKS e YEO, 1999; SUÁREZ-MAHECHA et al., 2002).

Sabe-se que o consumo elevado de ácidos graxos da família n-6, como o linoléico e araquidônico, resulta na produção excessiva de eicosanóides e peróxidos da série dos leucotrienos B₄, protaglandinas E₂ e tromboxanos A₂, os quais possuem efeitos pró-inflamatórios, vasoconstritores e de agregação plaquetária. Ao contrário disto, a ingestão de ácidos graxos da família n-3 de cadeia longa, como o EPA e o DHA, leva a um aumento na produção de tromboxanos A₃ e leucotrienos B₅, que possuem menor efeito vasoconstritor e agregador plaquetário que os eicosanóides produzidos pelo ácido araquidônico (SIMOPOULOS, 1999; SIMOPOULOS, 2000), além de atuarem na prevenção de cânceres como o de mama (ISBILEN et al., 2006; JUDÉ et al., 2006) e de colo de útero (ROYNETTE et al., 2004). Deste modo, a redução da razão n-6/n-3 resulta em diminuição da vasoconstrição e agregação plaquetária (SIMOPOULOS, 1999; MARTIN et al., 2006).

Além disso, estudos clínicos revelaram que a redução da razão n-6/n-3 reduz a taxa de mortalidade de pacientes com doença cardiovascular, incidência de inflamações derivadas de artrite reumatóide e a ocorrência de asma (LORGERHIL et al., 1994; JAMES e CLELAND, 1997; BROUGHTON et al. 1997). Estudos populacionais sugerem que dietas contendo moderadas quantidades de EPA e DHA exercem efeitos cardiovasculares benéficos, diminuindo triglicerídios plasmáticos, pressão arterial e agentes pró inflamatórios, reduzindo assim o risco de doença arterial coronariana, arritmia, aterosclerose e trombose (WIJENDRAN e HAYES, 2004).

Em alguns estudos, o interesse em elevar o conteúdo nutricional de produtos já conhecidos pelo consumidor apoiou-se no uso de óleos provindos de pescados.

Cáceres et al. (2008) conseguiu reduzir a razão n-6/n-3 de mortadelas incluindo óleo de peixe como fonte de n-3 na formulação. O produto desenvolvido não apresentou mudanças na oxidação lipídica e obteve aceitação similar à da formulação controle. Igualmente, em lingüiças adicionadas de óleo de peixe obteve-se efeito positivo na melhora do perfil de ácidos graxos, principalmente EPA e DHA (VALENCIA et al., 2008).

2.1.3 Jundiá (*Rhamdia quelen*)

Devido à ampla extensão e diversidade climática brasileira, várias espécies nativas têm sido estudadas para aproveitamento em aquicultura (FRACALLOSSI et al., 2004). Uma das espécies com maior ênfase em estudos na região Sul do Brasil, em função de sua ampla distribuição geográfica (da Argentina até o sul do México), é o jundiá (SILFVERGIP, 1996; FRACALLOSSI et al., 2004).

O jundiá é um peixe de couro, cuja cor varia de marrom-avermelhado claro a cinza, com a parte ventral mais clara. É um peixe onívoro, com clara preferência por peixes, crustáceos e insetos. Vive junto às margens e vegetação de lagos e poços fundos dos rios, preferindo ambientes de águas mais calmas, com fundo de areia e lama (BALDISSEROTO e RADÜNZ NETO, 2004).

Jundiá é o nome comum dado aos peixes pertencentes a classe: *Osteichthyes*, série: *Teleostei*, ordem: *Siluriformes*, família: *Pimelodidae*, gênero: *Rhamdia*, e espécie: *Rhamdia quelen* (SILFVERGRIP, 1996). Trata-se de uma espécie que tem despertado grande interesse por demonstrar resistência ao manejo e ao frio, eficiência na conversão de alimento e, especialmente, por apresentar carne saborosa e sem espinhos intramusculares, tornando-se ideal para a filetagem na indústria e de excelente aceitação pelo mercado consumidor (CARNEIRO et al., 2003; MEYER E FRACALLOSSI, 2005).

A composição química dos pescados pode variar de acordo com os fatores como espécie, idade do animal, sexo, estação do ano, fatores ambientais e alimentação. O conteúdo protéico dos jundiás varia de 12 a 18%, sendo que o componente mais variável é a gordura, que apresenta uma porcentagem de 2,5 a 5,7% no jundiá (KUBOTA e EMANUELLI, 2004).

Além disso, a composição dos pescados também é afetada pela região do corpo do peixe utilizada para as determinações (BOCHI et al., 2008; KUBOTA e EMANUELLI, 2004). Assim, regiões ventrais têm maior concentração de gordura que regiões dorsais (NAKAMURA, 2007); sendo que o maior teor de gordura é encontrado nas vísceras, seguido da carcaça, enquanto que a menor quantidade está no filé (JOBBLING et al., 2002).

Em estudos recentes quanto à composição nutricional de filés de jundiá crus, observaram-se teores de 76,0 a 79,5% de umidade; 1,1 a 3,8% de cinzas; 15,5 a 17,8% de proteínas e 1,3 a 2,5% de gorduras (LAZZARI et al., 2006; WEBER et al., 2008). Entretanto, segundo Weber et al. (2008), a composição química de carcaças de jundiá foi similar a de filés dessa mesma espécie, com valores de 79% para a umidade; 1,1% de cinzas, 19,9% de proteínas e 6,1% de gorduras.

Os pescados são os alimentos mais naturalmente ricos em ácidos graxos do tipo n-3 de cadeia longa, os quais apresentam amplos efeitos benéficos à saúde humana (KUBOTA e EMANUELLI, 2004). Os ácidos graxos mais abundantes encontrados em filés de jundiá cru foram o ácido oléico (C18:1 n-9), o ácido linoléico (C18:2 n-6) e o ácido palmítico (C16:0); além de apresentar quantidades consideráveis de ácido docosaexaenóico (DHA C22:6 n-3) (WEBER et al., 2008). Em formulações de *fishburgers* ficaram evidentes os aumentos nas concentrações, principalmente, dos ácidos graxos monoinsaturados miristoléico (C14:1n-5), palmitoléico (C16:1 n-7) e gondóico (C20:1 n-9); e dos poliinsaturados α -linolênico (18:3 n-3), araquidônico (C20:4 n-6), timnodônico (EPA C20:5 n-3) e clupanodônico (DPA C22:5 n-3) à medida em que se substituiu o filé de pescado por polpa de resíduos da filetagem (BOCHI et al., 2008).

Entretanto, a fração lipídica do pescado, por ser em sua maior parte insaturada, pode ser facilmente oxidada durante o armazenamento, o que ocorre mais rapidamente e é mais expressiva em peixes com teores maiores de gordura, prejudicando a qualidade do produto. Buscando retardar esse processo, para o armazenamento do jundiá, o congelamento é uma das alternativas mais indicadas, já que se verificou uma vida de útil máxima de até 12 meses a temperaturas de -25°C a -30°C para peixes magros (KUBOTA e EMANUELLI, 2004).

Apesar de todas as características de potencial processamento, o jundiá continua sendo uma espécie pouco explorada, sendo comercializado primordialmente na forma de filé ou peixe inteiro (KUBOTA e EMANUELLI, 2004).

Tabela 1 – Nomes dos principais ácidos graxos

Nome comum	Abreviatura	Nomenclatura
Ácidos graxos saturados		
Butírico	C4:0	Butanóico
Capróico	C6:0	Hexanóico
Caprílico	C8:0	Octanóico
Cáprico	C10:0	Decanóico
Láurico	C12:0	Dodecanóico
Mirístico	C14:0	Tetradecanóico
Palmítico	C16:0	Hexadecanóico
Estearico	C18:0	Octadecanóico
Araquídico	C20:0	Eicosanóico
Behênico	C22:0	Docosanóico
Ácidos graxos monoinsaturados		
Palmitoléico	C16:1, n-7 cis	9-hexadecaenóico
Oléico	C18:1, n-9 cis	9-octadecaenóico
Elaidico	C18:1, n-9 trans	9-octadecaenóico
Gondóico	C20:1, n-9 cis	11-eicosenóico
Erúico	C22:1, n-9 cis	13-docosenóico
Brassídico	C22:1, n-9 trans	13-docosenóico
Cetoléico	C22:1, n-11 cis	11-docosenóico
Nervônico	C24:1, n-9 cis	15-tetracosenóico
Ácidos graxos poliinsaturados		
Linoléico	C18:2, n-6	9,12-octadecadienóico
α -Linolênico	C18:3, n-3	9,12,15-octadecatrienóico
γ -Linolênico	C18:3, n-6	6,9,12-octadecatrienóico
Columbínico	C18:3, n-6	5,9,12-octadecatrienóico
Araquidônico	C20:4, n-6	5,8,11,14-Eicosatetraenóico
Timnodônico (EPA)	C20:5, n-3	5,8,11,14,17- eicosapentaenóico
Clupanodônico (DPA)	C22:5, n-3	7,10,13,16,19- docosapentaenóico
Cervônico (DHA)	C22:6, n-3	4,7,10,13,16,19-Docosahexaenóico

Fonte: Linscheer e Vergroesen (1994) appud Gómez (2003).

2.1.4 Processamento de pescados

O rendimento no processamento de pescados será maior quanto maior for o peso do peixe, encontrando-se na literatura valores de rendimento de filetagem de jundiá de 25% chegando a 30 e 42% para peixes de até 1,2kg (KUBOTA e EMANUELLI, 2004; BOCHI et al., 2008). No entanto, um terço da captura mundial de pescado não é viabilizada para o consumo humano, podendo ser gerados até 75% de resíduos como, filés, cabeça, vísceras, espinhas, pele e outros (constituído principalmente pelas nadadeiras), ou seja, matéria-prima sem valor comercial (OETTERER, 2002).

Os resíduos gerados no processamento de pescados são atualmente aproveitados na produção de óleo bruto e farinha de peixe para alimentação animal, os quais têm baixo valor comercial. Entretanto, diversos produtos para consumo humano podem ser elaborados a partir desses resíduos, tais como, concentrados protéicos, farinhas, gelatina e *minced* (OETTERER et al., 2006).

A polpa ou carne mecanicamente separada (CMS) de pescado pode ser definida como sendo um “produto obtido a partir de uma única espécie, ou mistura de espécies de peixes com características sensoriais similares, através do processo de separação mecânica da parte comestível, gerando partículas de músculo isenta de ossos, vísceras, escamas e pele” (FAO/WHO, 1995). A obtenção da polpa de pescado mecanicamente desossado – *minced fish* - representa a primeira etapa do fracionamento de proteína para o uso como “ingrediente alimentício” e é a fração comestível do pescado com variações de textura, cor, sabor e estabilidade (OETTERER et al., 2006).

O processo de obtenção da polpa de pescados é economicamente comparável ao de filetagem com relação ao rendimento. Bochi et al., (2008) encontraram rendimento de filés de jundiá de 25,7% e resíduos de 20%, obtendo rendimento de polpa de filés de 89% e de polpa de resíduos da filetagem de 75% em relação ao peixe eviscerado. O rendimento encontrado por Bruschi (2001), para filés de corvina foi de 35% e de atum de 50%, obtendo resíduos de 65 e 50%, respectivamente.

O processamento da polpa de peixe inicia com os pescados passando pelo desossador, que consta de um cinto de borracha o qual pressiona os peixes contra

um tambor perfurado (orifícios de 3 a 5 cm) forçando a carne a passar para o interior do tambor, separando os ossos e a pele da parte comestível (OETTERER et al., 2006). Entretanto, durante esse processamento, ocorre o rompimento das células, maior superfície de exposição, incorporação de oxigênio e a conseqüente exposição à oxidação, afetando o sabor, coloração e textura (OETTERER et al., 2006). Assim, o congelamento rápido da polpa de peixe seria um dos processos mais indicados para retardar sua deterioração, aumentando sua vida útil e proporcionando sua comercialização em blocos (OETTERER, 2002; KUBOTA e EMANUELLI, 2004).

Deste modo, a possibilidade de explorar o uso da polpa estimula o desenvolvimento de novos produtos na indústria brasileira, podendo oferecer ao consumidor um alimento seguro, conveniente e tornando-o um potencial consumidor da carne de pescado (OETTERER, 2002). A polpa de pescado pode ser utilizada na elaboração de produtos enformados (blocos de polpa condimentada, cozida, enformada, fatiada e congelada) ou na indústria é aplicável a salsichas, *fishburgers*, *nuggets*, entre outros ou para preparo do surimi (OETTERER et al., 2006).

Estudos recentes informam que o interesse em utilizar a polpa de peixe no desenvolvimento de novos produtos e no aprimoramento nutricional dos já existentes é real, e traz resultados satisfatórios (TOKUR et al., 2006; BOCHI et al., 2008). Bentis et al. (2005), produziram polpa lavada de uma espécie de sardinha (*Sardinops pilchardusts*), a fim de possibilitar o beneficiamento de peixes subutilizados pela indústria. Ao final do experimento, indicaram que a polpa de sardinha apresentou alto conteúdo de ácidos graxos poliinsaturados, principalmente EPA e DHA, provando a qualidade da gordura encontrada. Riebroy et al. (2007), elaboraram formulações de lingüiças fermentadas com polpa lavada e congelada por um período de 15 dias de um pescado de origem marinha (*Priacanthus tayenus*). Os produtos elaborados com polpas congeladas por até 12 dias tiveram aceitação global excelente, não se diferenciando significativamente dos elaborados com polpa fresca (RIEBROY et al., 2007).

Estão cada vez mais evidentes na literatura os estudos relacionados ao processamento e beneficiamento de pescados de água doce nativos do Brasil, apresentando produtos de valor agregado de excelente qualidade e aceitação. Em formulações de *fishburgers* produzidos carne de jundiá encontrou-se que a substituição de até 50% do filé por polpa de resíduo da filetagem de jundiá resultou em produtos com boa aceitação sensorial e melhora no valor nutricional e

características de cocção (BOCHI et al., 2008). Tokur et al. (2006) desenvolveram formulações de *fish fingers* produzidos com polpa de carpa (*Cyprinus carpio*), os quais se mostraram aceitáveis e se mantiveram estáveis por um período de 5 meses em temperatura de congelamento. Sebben et al. (2000), encontraram maior rendimento de formulações de *fishburgers* contendo polpa não-lavada em comparação com as formulações com polpa lavada de carpa (*Cyprinus carpio*); e não apontaram diferenças significativas com relação ao perfil sensorial em 247 dias de armazenamento congelado. No estudo de Fogaça (2009), a polpa lavada de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) apresentou perda protéica e lipídica; e aumento de umidade, comparada com a polpa não lavada. No entanto, a elaboração de *fishburgers* com polpa lavada de tilápia forneceu um produto de boa a excelente aceitação global (FOGAÇA, 2009). Kirschnik (2007), avaliou a aceitação sensorial e composição de *nuggets* preparados com CMS de tilápias evisceradas e descabeçadas e; com CMS das carcaças de tilápia. Foi observado que, como na carcaça permanece o tecido ventral, o qual é rico em gordura, as formulações contendo CMS das carcaças tiveram maiores teores de gordura e menor proteína em sua composição, obtendo boa aceitação global entre crianças e adolescentes. Oliveira Filho (2009) elaborou salsichas a partir de CMS de resíduos da filetagem de tilápia do Nilo e verificou que, apesar da diminuição de textura e da tendência ao amarelo com o acréscimo da CMS, as formulações com 40 e 60% de CMS do pescado obtiveram os melhores escores na aceitação global em comparação com salsichas elaboradas com 100% de filé.

Com base no exposto nos parágrafos anteriores, observa-se o recente crescimento de estudos relacionados à viabilização da polpa de resíduos da filetagem de pescados de água doce para evitar a subutilização destas espécies. No entanto, considerando as características tecnológicas distintas entre as espécies de pescados, é necessário ampliar os estudos com jundiá, os quais ainda são escassos (BOCHI et al., 2008).

2.2 Soja

2.2.1 Do Grão à Fibra de soja

A soja [*Glycine max (L.) Merrill*], nativa da China, é uma das culturas mais antigas do Extremo Oriente (LIU, 1997). Atualmente, o Brasil ocupa o segundo lugar mundial na produção de soja, a qual compreende uma das culturas mais imponentes economicamente (LIU, 1997; EMBRAPA SOJA, 2009).

A soja é a principal fonte de matéria-prima para produção de óleo vegetal comestível. Segundo Bagger et al. (1998), a soja contém de 38 a 42% de proteínas; 18 a 22% de lipídios; 7 a 15% de fibra alimentar; 1 a 2% de amido e 4,7 a 7,6% de sacarose. Os conteúdos de umidade, cinzas e carboidratos reportados pela EMBRAPA SOJA (2009) ficam em 13; 4,4 e 31%, respectivamente. Os ácidos graxos mais predominantes no grão são: palmítico (C16:0), esteárico (C18:0), oléico (C18:1); e os ácidos graxos essenciais linoléico (C18:2 n-6) e linolênico (C18:3 n-3) (LIU, 1997).

A cultura ocidental impede que grande parte dos subprodutos dessa leguminosa, como cascas, farelo e fibras, sejam aproveitados na alimentação humana. Assim, a soja é destinada a produção de óleo vegetal e o subproduto resultante é destinado para consumo animal (LIU, 1997; GUILLON e CHAMP, 2002). Um dos motivos para que isso ocorra é que, assim como outras leguminosas, a soja possui fatores antinutricionais, os quais são substâncias que geram respostas fisiológicas adversas podendo influenciar no seu aproveitamento e digestibilidade pelo organismo e, muitas vezes, interferem na utilização desses produtos (OETTERER et al., 2006). Os inibidores de proteases são os principais fatores antinutricionais, denominados assim por reduzirem a digestibilidade e absorção protéica, já que se ligam à tripsina e/ou quimotripsina e à parede intestinal, impedindo a eficiência digestiva e crescimento de quem os consome, principalmente na forma in natura (LIENER, 1994; OETTERER et al., 2006). Porém, como a maior parte desses fatores antinutricionais é termolábil e humanos consomem leguminosas somente após cocção, eles não constituem um problema de saúde maior (BELITZ e GROSCH, 1997; SILVA e SILVA, 2000; OETTERER et al., 2006).

O processamento da soja a óleo bruto é iniciado com o processo de pré-limpeza da leguminosa com retirada das cascas, seguida de secagem mantendo até 10% de umidade no produto que será acondicionado nos silos. A quebra do grão é

efetuada em quebradores de rolo objetivando obter completa exposição das células na laminação para uma perfeita extração do óleo. A etapa seguinte é o aquecimento dos grãos a 70-75°C por 20 a 30 minutos que provoca o aumento das células de óleo. Na laminação, os grãos aquecidos passam por um par de cilindros que os achata formando uma lâmina de 0,2 a 0,3 mm. As lâminas passam para a próxima fase, a expansão, que tem como princípio umedecer o grão, aquecê-lo com ajuda da fricção e injeção de vapor e, obter uma massa expandida pela diferença de pressão. Após, os grãos laminados, condicionados e expandidos entram em extratores de óleo e saem desengordurados e úmidos de solvente, o qual é removido (LIU, 1997; OETTERER et al., 2006).

Depois da extração por solvente, restam o óleo bruto e o farelo úmido. A recuperação do solvente ocorre aquecendo-se o farelo com o óleo sob vácuo e evaporando o solvente, gerando o óleo dessolventizado que segue para o tanque de depósito. O farelo úmido sofre secagem e passa pelo dessolventizador, em seguida é resfriado, seco, e tem sua granulometria homogeneizada (OETTERER et al., 2006).

Depois da obtenção do farelo de soja, é realizado o processamento da farinha de soja, que é produzida através da moagem desse farelo descascado e desengordurado e será a partir da fração insolúvel da farinha de soja desengordurada que se originará a fibra de soja (SIEVERT et al., 1990). O farelo de soja, nas condições em que é normalmente obtido, não é próprio para consumo humano em decorrência de suas condições higiênicas. Assim, a denominação de farinha de soja é empregada para designar produto semelhante ao farelo, porém, adequado para consumo humano (MIYASAKA e MEDINA, 1981).

A farinha de soja é, provavelmente, o produto com maior aplicação na alimentação humana (MIYASAKA e MEDINA, 1981). Segundo a ANVISA (1978), a farinha de soja trata-se do “grão de soja moído, previamente descorticado e parcialmente desengordurado”. São estabelecidas como características químicas a umidade máxima de 9%; cinzas de no máximo 6,5%; proteína mínima de 45% (N* 5,27) ou 50% (N * 6,25); óleo máximo de 2%; fibra de no máximo 4% (ANVISA, 1978). Igualmente, as condições microbiológicas desse produto devem ser rigorosamente cumpridas respeitando-se tolerâncias de contagem-padrão em placas máxima de 200.000 microorganismos/g; coliformes totais máxima de 100 microorganismos/g; coliformes fecais máximo de 10 microorganismos/g; bolores e

leveduras máximo de 1.000 microorganismos/g; *Bacillus cereus* máximo de 1.000 microorganismos/g e, *Salmonella* ausência em 50 gramas (ANVISA, 1978). O emprego da farinha de soja em alimentos é destinado a incorporação em farinhas mistas de sopas e mingaus, farinhas panificáveis para massas, cereais para crianças, processamento de carne (embutidos); alimentos líquidos, refrigerantes e substitutos do leite (MIYASAKA e MEDINA, 1981).

Basicamente, no processo de obtenção da farinha de soja integral é primeiramente, realizada uma limpeza nos grãos de soja isentos de contaminação, para a remoção de palhas, pedras e metais com a ajuda de peneiras, ventilação e separadores magnéticos. Em seguida, é feita a quebra dos grãos em um moinho de discos, objetivando soltar as cascas dos cotilédones. O processo da descorticação ocorre para retirada das cascas, as quais podem gerar pigmentos escuros no produto e reduzem o teor dos outros nutrientes. A próxima etapa é a maceração dos grãos em água para facilitar o cozimento, o qual é realizado em água em ebulição por 5 a 10 minutos com a finalidade de eliminação dos fatores negativos e antinutricionais contidos na soja crua. Após isso, a água é drenada e os grãos são secos até 8% de umidade final, resfriados e moídos. Após isso, a farinha de soja integral (contendo entre 18 e 21% de óleo) é transformada em: farinha de soja lecitinada (lecitina e 15% de óleo); com alto teor de gordura (15% de óleo); com baixo teor de gordura (5 a 6% de óleo) e desengordurada (1% de óleo residual) (MIYAKASA e MEDINA, 1981).

SIEVERT et al. (1990), relataram que a fibra de soja, é o produto oriundo do processamento da soja descascada e desengordurada, sendo o principal material da parede celular do cotilédone (folhas primordiais do embrião da planta que irrompem durante a germinação da semente) da soja, sem componentes da casca. Dubois et al. (1993) e Pfoertner e Fisher (2001) referiram que o conteúdo de fibra alimentar total do cotilédone assim como o da casca foi semelhante (80 e 75%, respectivamente). Entretanto, o cotilédone pareceu conter mais fibra alimentar solúvel e proteína (21 e 13%, respectivamente) que a casca de soja (10 e 8% respectivamente). Assim, sua capacidade de retenção de água foi avaliada em 7 a 8%, enquanto que a da casca de soja foi de 4 a 5% (PFOERTNER e FISHER, 2001). Já os macronutrientes lipídios e carboidratos disponíveis mostraram menores valores no cotilédone (0,2 e 0%, respectivamente), que na casca de soja (2 e 6%, respectivamente) (DUBOIS et al., 1993; PFOERTNER e FISHER, 2001). Seibel e

Beléia (2008) também investigaram o cotilédone da soja e observaram como principais monossacarídeos a galactose, glicose e arabinose/ramnose, e o principal componente na fração de carboidratos, a hemicelulose, fibra insolúvel.

Em função de seus componentes, a fibra de soja tem se mostrado no cenário mundial de alimentos como um aditivo alimentar com potencial funcional (OLIVEIRA et al., 2002), tendo como principal motivo dessa propriedade funcional e, também tecnológica, uma ampla capacidade de retenção de água. Em laboratório, a fibra de soja absorve de 3,5 a 7 vezes o seu peso em água (OLIVEIRA et al., 2002). Essa faixa de capacidade em ligar água é importante, tanto para prover as necessidades de processamento de alimentos quanto para fornecer uma importante função fisiológica quando consumida. Em estudo sobre diarreia aguda causada por patógenos, a fibra de soja reduziu esses surtos, provavelmente devido ao seu alto potencial em ligar água (PAULE e OSTROM, 1997; VANDERHOOF et al. 1997). Estudos demonstram a eficácia da fibra de soja na redução de colesterol (LO et al., 1986), principalmente nas hiperlipidemias (CHO et al. 1985). A suplementação de fibra de soja reduziu significativamente o colesterol plasmático total e LDL-colesterol em coelhos alimentados com 15g diárias de fibra de soja (LO e COLE, 1990). Também foi demonstrado efeito da fibra de soja na prevenção da aterosclerose, quando coelhos alimentados com essa fibra mostraram consistente aumento de excreção fecal de ácido biliar e conseqüente redução de colesterol circulante e menor incidência de lesões ateroscleróticas (LO et al., 1987). A suplementação de fibra de soja (50g/ dia) na dieta de pacientes diabéticos tipo 2, evidenciou efeitos benéficos dessa fibra alimentar na redução do risco de desenvolver doenças cardiovasculares (HERMANSEN et al., 2001). Foram obtidos resultados satisfatórios também com relação à tolerância à glicose, a qual obteve melhoras quando administradas 40g de fibra de soja diárias durante 12 semanas em diabéticos tipo 2 (MADAR et al., 1985).

Assim, a fibra da soja é composta por frações de carboidratos solúveis e insolúveis. A fração de carboidratos solúveis é parcialmente digerível e contém entre outros, rafinose e estaquiose, que são cadeias complexas de difícil digestão, enquanto na fração de fibras insolúveis estão presentes a celulose e a lignina, as quais são observadas especialmente na casca. A retirada da casca ao mesmo tempo que aumenta a concentração dos nutrientes mais nobres, como a proteína,

reduz a quantidade de fibra, potencializando a utilização do farelo como fonte de aminoácidos (BUNGE BRASIL, 2009).

Em função de a fibra de soja possuir características benéficas à saúde como a redução do colesterol total (LO et al., 1986), principalmente da fração LDL (CHO et al. 1985), reduzindo riscos de desenvolvimento de doenças cardiovasculares e prevenindo a aterosclerose (LO et al., 1987; LIU, 1997; HERMANSEN et al., 2001), e pela crescente demanda no processamento de soja e geração de subprodutos, uma alternativa para a inclusão deste na alimentação humana seria sua introdução em alimentos de grande consumo pela população, como os produtos cárneos.

Sendo assim, seria viável a utilização de subprodutos do processamento da soja (fibra de soja) como fonte de fibra alimentar para enriquecimento nutricional de produtos processados.

2.2.2 Implicações nutricionais das fibras

Considerando a necessidade de uma denominação universal para fibras, o Food and Nutrition Board/ Institute of Medicine (IOM, 2005) englobou-as da seguinte maneira: fibra dietética/alimentar, como sendo os carboidratos e lignina não digeríveis intrínsecos e intactos nas plantas; fibra funcional, consistindo no isolamento de carboidratos não-digeríveis que tenham efeitos benéficos na fisiologia humana; e por fim, fibra total, a qual é a soma das fibras dietéticas com as fibras funcionais.

Sendo assim, as fibras alimentares consistem primariamente em compostos de origem vegetal constituídos, principalmente, de polissacarídeos e substâncias associadas que não sofrem hidrólise, digestão e absorção no intestino delgado (FAO/WHO, 1996; CUPPARI, 2005). Os componentes da fibra alimentar estão presentes nas dietas consumidas diariamente, sendo encontrados nas frutas, vegetais e grãos integrais (CUPPARI, 2005).

A classificação dos componentes da fibra alimentar se dá de acordo com a sua solubilidade. A fibra solúvel foi assim descrita em virtude de sua solubilidade em água e precipitação em etanol a 78%, e tem como efeitos fisiológicos o retardo do esvaziamento gástrico, redução da absorção de glicose e da absorção de lipídios, aumento do volume das fezes, além da fermentação intestinal e conseqüente

proliferação de bifidobactérias contribuindo para o equilíbrio da flora intestinal. Fazem parte dessa classificação a pectina (maçã, cascas de frutas cítricas), gomas (aveia, leguminosas secas), algumas hemiceluloses (*psyllium*) e os fruto-oligosacarídeos (alho, cebola, banana, tomate, alcachofra) (CUPPARI, 2005).

Deste modo, as fibras solúveis afetam o metabolismo dos lipídios, aumentando a excreção de ácidos biliares, elevando a conversão de colesterol para esses ácidos, e diminuindo a absorção de lipídios. E, além disso, reduzem os níveis de glicose e insulina sanguínea, em função da diminuição da velocidade de esvaziamento gástrico não causando picos de hiperglicemia pós-prandial e contribuem para maior saciedade, diminuindo a densidade energética da dieta e reduzindo a incidência de obesidade (IOM, 2005).

Já as fibras insolúveis atuam no organismo acelerando o trânsito intestinal e aumentando o volume das fezes, reduzindo incidências de obstipação intestinal e diverticulite, contribuindo para a saúde do intestino; além de redução da permanência de substâncias carcinogênicas, derivadas da nossa dieta, no trato intestinal (IOM, 2005). Dentre seus componentes estão a celulose (farinhas integrais, farelos e leguminosas), hemiceluloses tipo B (farelo, cereais, soja, grãos integrais) e lignina (vegetais maduros, trigo) (IOM, 2005).

Desse modo, as fibras alimentares de modo geral exercem ação reguladora da função gastrointestinal, além de fornecer benefícios tanto na taxa de glicose quanto de colesterol sanguíneo, e reduzir a densidade energética da dieta, prevenindo a obesidade (FAO/WHO, 1996).

As mudanças na direção de uma 'dieta ocidental' iniciaram-se nos Estados Unidos, de forma lenta, ainda na segunda metade do século XIX e durante o século XX, enquanto que nos países em desenvolvimento, estas mudanças ocorreram há bem menos tempo. Em contrapartida, nestes países elas foram significativamente mais rápidas, havendo grande consumo de produtos refinados, gorduras, especialmente as de origem animal, açúcar e reduzida em carboidratos complexos e fibras (MONTEIRO, 2000).

Em função da necessidade de ingestão de fibras, visto os efeitos benéficos causados por seus componentes e a necessidade de reintrodução destas nos hábitos diários, cada país estabelece suas recomendações diárias de consumo adequado de fibras. Na Alemanha, o consumo indicado é de 20 e 15,7g de fibra alimentar/dia, para homens e mulheres, respectivamente (COSTA e PELUZIO, 2008). Nos Estados

Unidos, o Food and Nutrition Board/ Institute of Medicine (IOM, 2005), por meio das recomendações de consumo de nutrientes, as DRI's, recomenda que a ingestão ideal diária de adultos deve estar em torno de 25g (21 a 26g para mulheres e 30 a 38g para homens) de fibra total. Já a FAO/WHO (1996), refere como ideal a ingestão de 27 a 40g por dia para a população saudável. No Brasil, o Ministério da Saúde (BRASIL, 2005), através do Guia Alimentar para a população brasileira, indica a população de adultos jovens saudáveis um consumo diário de 25g de fibra alimentar. Deste modo, a introdução de fibras alimentares em produtos usualmente desprovidos deste constituinte, como os produtos cárneos, poderia ser mais uma alternativa para o consumidor preocupado em atender às recomendações diárias de fibra.

2.3 Produtos cárneos

2.3.1 Tecnologia de produção de salsichas

O embutido cárneo é um “produto elaborado com carne ou órgãos comestíveis curados ou não, condimentado, cozido ou não, defumado e dessecado ou não, tendo como envoltório tripa natural (bexiga ou outra membrana animal) ou artificial” (MAPA, 1952). A salsicha é um dos embutidos mais tradicionais produtos cárneos do mundo (AYO et al., 2007; AYO et al., 2008), sendo definida como o “produto cárneo industrializado, obtido da emulsão de carne de uma ou mais espécies de animais de açougue, adicionados de ingredientes, embutido em envoltório natural, ou artificial ou por processo de extrusão, e submetido a um processo térmico adequado” (MAPA, 2000).

A salsicha exige uma variedade de ingredientes cárneos e não-cárneos para sua elaboração. Como ingredientes obrigatórios para sua confecção estão incluídas as carnes das diferentes espécies de animais de açougue e sal. É permitida a adição de carne mecanicamente separada (até 60% em salsichas comuns), miúdos comestíveis de diferentes espécies de animais de açougue (até 10% de estômago, coração, língua, rins, miolos, fígado), tendões, pele e gorduras, exceto nas salsichas Viena e Frankfurt (MAPA, 2000).

Dentre os ingredientes não-cárneos, destacam-se os aditivos (conservantes, fosfatos, agentes ligadores, antioxidantes, corantes), envoltórios, especiarias e condimentos (cloreto de sódio).

A água é um ingrediente que pode ser adicionado na forma fluída ou na forma sólida (gelo), sendo que o Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal - RIISPOA (MAPA, 1952), prevê que a adição de água no preparo de salsicha não ultrapasse 10% do total dos componentes; e a legislação de Parâmetros de Identidade e Qualidade de Salsichas estabelece que 65% é o conteúdo máximo de umidade aceitável no produto acabado (MAPA, 2000).

O cloreto de sódio, além de conferir sabor ao produto, possui propriedades bacteriostática, de solubilização de proteínas miofibrilares e de retenção de água. A restrição de seu uso a concentrações abaixo de 2% é devida ao possível desenvolvimento de produto com sabor excessivamente salgado e desagradável ao paladar (TAKAHASHI, 1980).

Os condimentos têm a finalidade de fornecer substâncias aromáticas ao produto sem incorporar valor alimentício, e costumam chegar às indústrias de produtos cárneos na forma de *blends* de especiarias, as quais são distribuídas de acordo com os sabores desejados no produto a ser executado (PARDI et al., 1994).

Dentre os aditivos estão os conservantes, que atuam na segurança microbiana. Os conservantes de destaque na elaboração de salsicha são o nitrato e o nitrito, que inibem o crescimento de bactérias anaeróbicas, incluindo o *Clostridium botulinum* (COULTATE, 2004), e atuam na estabilização da coloração vermelha (FERREIRA E CAMARGO, 1993). Entretanto, o nível de nitrato não deve exceder 0,03g/100g; e o de nitrito, 0,015g/100g (ANVISA, 1998; MAPA, 2006).

Os fosfatos e polifosfatos são os principais estabilizantes utilizados na indústria cárnea, e agem elevando o pH do meio, aumentando a capacidade de ligação de água das proteínas musculares durante o cozimento; elevando assim a suculência do produto (PARDI et al., 1994; COULTATE, 2004). A legislação brasileira permite níveis de, no máximo, 0,3% de fosfato sobre o peso do produto final (ANVISA, 2001).

Os agentes de liga mais comumente aplicados na elaboração de salsichas são as farinhas ou mesmo o amido (fécula). Esses ingredientes são capazes de ligar grandes quantidades de água, mas com baixa capacidade de emulsificação (COULTATE, 2004). De acordo com a legislação, a adição de fécula aos embutidos

cozidos não deve ultrapassar 2%. Além disso, os teores de carboidratos totais e amido em salsichas estão estabelecidos em valores máximos de, 7% e 2%, respectivamente (MAPA, 2000).

Outros agentes ligados, considerados proteínas não-cárnicas pela legislação, são os derivados da soja como a proteína texturizada de soja, proteína concentrada de soja e proteína isolada de soja, que variam conforme seus teores de proteína (COULTATE, 2004; GAVA, 2002). A legislação permite a adição de até 4% dessas proteínas não-cárnicas em salsichas comuns, enquanto que a proteína mínima contida no produto final está estabelecida em 12% (MAPA, 2000).

Em função da grande quantidade de gordura adicionada às salsichas, é necessária a introdução de antioxidantes, os quais retardam ou impedem a deterioração por processo de oxidação (GAVA, 2002). Os principais antioxidantes usados na indústria cárnea são o sais eritorbato e ascorbato de sódio, que originam o ácido ascórbico, sem limites estabelecidos pela legislação (ANVISA, 1998; MAPA, 2006).

Os corantes atuam na restauração da cor dos produtos afetados pelos processos, padronizando a coloração dos produtos (COULTATE, 2004). A ANVISA estabelece limites para seus usos, sendo o máximo permitido para o carmim, de 0,01g/100g e; para o urucum de 0,002/100g (ANVISA, 1998; MAPA, 2006). Os aromatizantes de fumaça são responsáveis por conferir o sabor e o aroma de defumado aos alimentos, não devendo transferir mais que 0,03 µg/Kg de 3,4-benzopireno ao alimento final (ANVISA, 2007).

Os embutidos de massa fina, como a salsicha, caracterizam-se pelo elevado grau de divisão de seus constituintes (TERRA, 1998). O processamento da salsicha inicia com as carnes magras, ricas em miosina e actina, passando pelo refino no *cutter* com a metade da quantidade de gelo e de sal. Essa solução salina extrai completamente as proteínas miofibrilares, preparando-as para o completo encapsulamento das gotículas de gordura. A seguir, adiciona-se a gordura, formando uma emulsão cárnea a qual é constituída de duas fases: uma fase contínua representada pela água e uma fase descontínua representada pelas gotículas de gordura. Essas fases, apesar de imiscíveis, são estabilizadas pelas proteínas solúveis da carne que foram extraídas durante a cominuição em *cutter*, gerando a estabilização quando recobrem integralmente as gotículas de gordura, evitando a coalescência das mesmas. Além das proteínas solúveis da carne também

agem como estabilizantes, as proteínas de soja, do leite, do soro, do plasma e o colágeno (TERRA, 1998).

Concluída a emulsificação, a massa é embutida em tripas de celulose e dividida em gomos, e passa-se para o cozimento. Nessa etapa, o calor ao desnaturar as proteínas, irá transformá-las em alvéolos contendo gotículas de gordura; além de refletir na cor, aroma, sabor e textura do produto (TERRA, 1998). Ainda falando em ingredientes não-cárneos, a gordura empregada para a formação da emulsão de salsichas é de origem animal, sendo o toucinho o mais empregado (TERRA, 1998). A adição de gordura em salsichas comuns é estabelecida em um conteúdo máximo de até 30% pela legislação (MAPA, 2000). Por ser de origem animal, a gordura utilizada na elaboração de salsichas convencionais é, portanto, pobre em ácidos graxos poliinsaturados, sendo encontrados como ácidos graxos majoritários e em ordem decrescente de quantidade, o linoléico (18:1 n-9), palmítico (16:0), linolênico (18:2 n-6), palmitoléico (16:1 n-7), esteárico (18:0), vacênico (18:1 n-7) e mirístico (14:0) (BRAGAGNOLO & RODRÍGUEZ AMAYA, 2002) e apresenta relação n-6/n-3 na faixa de 13:1 (AYO et al., 2007), bastante acima do máximo recomendado pela Organização Mundial da Saúde que é entre 3:1 e 4:1 (HORROCKS e YEO, 1999; SUAREZ-MAHECHA et al., 2002). Além disso, as salsichas convencionais são desprovidas de fibra alimentar.

Em decorrência de consumidores mais conscientes, intensificou-se a pesquisa relacionada aos produtos cárneos reduzidos em gordura (CHOI et al., 2009; COFRADES et al., 1995; GRIGELMO et al., 1999) ou adicionados de gorduras menos nocivas ao organismo como óleos vegetais, (BLOUKAS e PANERAS, 1993; YILMAZ et al., 2002), nozes (AYO et al., 2008), algas comestíveis (LÓPEZ-LÓPEZ et al., 2009), e óleo de peixe (LIN et al., 2002; VALENCIA et al., 2008).

Como a simples retirada da gordura resulta em mudanças geralmente desfavoráveis no sabor e textura tornando estes produtos menos suculentos, mais firmes de aparência mais escura e formando crostas indesejáveis na superfície (KEETON, 1994), têm sido avaliados diversos substituintes de gordura como as gomas alfarroba e xantana (LURUEÑA-MARTÍNEZ et al., 2004), concentrados e isolados de soja (CHEMPKA e BABJI, 1996; KATSARAS e PEETZ, 1994; YANG, et al., 1995); além das fibras de vários vegetais como couve-flor, tomate, cenoura e repolho (TORNBERG e SJÖHOLM, 2005), as fibras de frutas como a laranja (FERNÁNDEZ-LÓPEZ et al., 2008), maçã e pêssego (GARCÍA et al., 2007;

FERNÁNDEZ-LÓPEZ et al., 2007), e as fibras de cereais como a farinha de aveia (YANG et al., 2007), fibra de aveia (PIÑERO et al., 2008) e o farelo de arroz (CHOI et al., 2010) em produtos cárneos representando perfis sensoriais aceitáveis em relação aos produtos convencionais.

Também é permitido pela legislação brasileira o uso de até 60% de CMS (de bovinos, aves e suínos) em substituição à matéria-prima carne em salsichas comuns (MAPA, 2000). Entretanto, a utilização de CMS de pescado não está descrita na referida legislação. Além disso, o uso de grandes proporções de CMS em embutidos pode acarretar problemas de ordem sensorial ligados principalmente à textura e arenosidade, e desenvolvimento de rancidez (TRINDADE et al., 2005). Benjakul et al. (2005) observaram que a solubilidade da proteína diminuiu durante o armazenamento congelado como resultado da desnaturação e agregação das proteínas miofibrilares na polpa de peixe, o que poderia oferecer problemas estruturais aos produtos cárneos com adição de polpa.

Diante disso, a pesquisa de diferentes produtos cárneos elaborados com pescados é promissora e ainda escassa em dados precisos quanto à estabilidade estrutural dos produtos desenvolvidos.

3.1 Manuscript 1

Development of healthier meat sausages by addition of filleting waste fish pulp

Artigo em fase final de revisão pelos autores para ser submetido à revista

Meat Science

(configurado conforme as normas da revista)

Development of healthier meat sausages by addition of filleting waste fish pulp

Jaqueline Piccolo^a, Alberto Meireles dos Santos^b, Vanessa Knapp^b, Ana Paula de Lima Veeck^a, Liana Inês Guidolin Milani^a, Ana Paula de Souza Rezer^a, Ernesto Hashime Kubota^a,
Tatiana Emanuelli^{b*}

^aPrograma de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Camobi, 97105-900 Santa Maria, RS, Brazil.

^bNúcleo Integrado de Desenvolvimento em Análises Laboratoriais (NIDAL), Departamento de Tecnologia e Ciência dos Alimentos, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Camobi, 97105-900 Santa Maria, RS, Brazil.

*Corresponding author. Tel.: +55 55 3220 8547; fax: +55 55 3220 8353.

E-mail address: tatiemanuelli@gmail.com (Tatiana Emanuelli).

Corresponding author:

Tatiana Emanuelli

Núcleo Integrado de Desenvolvimento em Análises Laboratoriais (NIDAL)

Departamento de Tecnologia e Ciência dos Alimentos

Centro de Ciências Rurais

Universidade Federal de Santa Maria

Campus - Camobi, 97105-900

Santa Maria, RS – Brazil

Telephone: +55 55 3220 8547

Fax: +55 55 3220 8353

E-mail: tatiemanuelli@gmail.com

Abstract

Aiming at increasing the nutritional value of cooked sausages and making good use of an agroindustrial by-product we evaluated the effect of replacing red meat with fish pulp obtained from filleting wastes (PFW 0, 25, 37 and 50% of total batter) on the nutritional, technological and sensory properties, as well as on the shelf life of sausages. The replacement yielded acceptable cooked sausages both in a full-fat formulation (PFW-25%) and in a low-fat formulation (PFW-37%). These formulations, especially the low-fat one had improved nutritional value and technological characteristics than the full-fat control sausage. The lipid oxidation during refrigerated storage was not accelerated by fish pulp. Although fish pulp did not increase total plate counts, some caution must be taken with the microbiological stability, since fish-containing sausages had slightly higher psychrotrophic counts during refrigerated storage. Results indicated that the fish pulp can be used to develop novel healthier fish/meat sausages.

1. Introduction

Fat intake, especially saturated fat and cholesterol, is associated to increased risk of cardiovascular diseases (Daviglius, Pirzada & He, 2008). Red meat and meat products are important sources of saturated fat and cholesterol. Cooked sausages are among the meat products that have the highest fat content (20-30%) (Woo, Lee & Kim, 1995). However, they are very popular due to their low cost and high acceptance among broad sections of population (Ayo, Carballo, Olmedilla-Alonso, Ruiz-Capillas & Jiménez-Colmenero, 2007; Pearson & Gillett, 1999). Therefore, efforts have been made to increase the amount of polyunsaturated fatty acids and hence to improve the nutritional quality of this product, by adding different vegetable oils (Bloukas & Paneras, 1993; Yilmaz, Şimşek & Işikli, 2002), edible seaweed (López-López, Cofrades & Jiménez-Colmenero, 2009) and fish oil (Cáceres, García & Selgas, 2008). However, some of these products, especially those made with seaweed and fish oil, would have a higher cost. Moreover, addition of seaweed was not well accepted by the panelists due to the off-flavor of this product (López-López, Cofrades, Jiménez-Colmenero, 2009). Similarly, the fish taste would not be accepted by the population in a red meat product.

Besides the concern with fat, the consumer preference for alternative healthier food products has also stimulated the development of meat analogs using alternative protein sources. Various sausage formulations were developed with different alternative protein sources, like egg white (Jiménez-Colmenero, Barreto, Fernández & Carballo, 1996), whey proteins (Lyons, Kerry, Morrissey & Buckley, 1999), soy and plasma proteins (Cofrades Guerra, Carballo, Fernández-Martín & Jiménez-Colmenero, 2000) and wheat proteins (Yang, Keeton, Beilken & Trout, 2001), which were used either as functional ingredients or adjuncts. Fish are important sources of protein having all the essential amino acids for human diet (FAO, 2008). However, the use of fish proteins in mixed fish/meat products has been scarcely investigated. Murphy, Gilroy, Kerry, Buckley & Kerry (2004) successfully replaced part of pork meat from breakfast sausages by surimi, which is a concentrate of myofibrillar proteins obtained after mincing and water washing of fish flesh. In addition, fish sausages

where hake or cod flesh substituted for pork meat were recently studied (Cardoso, Mendes, Pedro & Nunes, 2008a; Cardoso, Mendes & Nunes, 2009).

Silver catfish (*Rhamdia quelen*) is a freshwater fish widely spread from southern Mexico to central Argentina (Perdices, Bermingham, Montilla & Doadrio, 2002). This species has been identified as promising for the Brazilian aquaculture, because it is easy to handle, resistant to cold and has good feed efficiency (Carneiro, Mikos, Schorer, Oliveira & Bendhack, 2003). In addition, this species has no intramuscular bones, making it ideal for filleting in the industry and having an excellent acceptance by consumers (Meyer & Fracalossi, 2005). The best cultivation conditions for raising silver catfish have been widely investigated recently (Melo, Neto, Silva, & Trombetta, 2002; Meyer & Fracalossi, 2004; Coldebella & Radünz Neto, 2002; Copatti, Coldebella, Radünz Neto, Garcia, Da Rocha & Baldisseroto, 2005; Lazzari et al., 2006). However, studies on the technological performance and stability of silver catfish flesh are scarce (Bochi, Weber, Ribeiro, Victório & Emanuelli, 2008; Weber, Bochi, Ribeiro, Victório & Emanuelli, 2008).

We have recently demonstrated that a pulp from filleting wastes of silver catfish could substitute up to 50% of fish fillets in fishburgers, with no changes in sensory acceptance and an improvement of nutritional value (lower n-6/n-3 ratio) and cooking characteristics (Bochi, Weber, Ribeiro, Victório & Emanuelli, 2008). The use of filleting wastes is desirable because it would reduce the environmental impact caused by these residues. In addition, it is also interesting because polyunsaturated fatty acids, especially n-3, are essential to the neural development (Ruxton, Reed, Simpson & Milington, 2004) and have beneficial cognitive and motor effects (Barcelos et al., 2009). Furthermore, there are evidences that they decrease cholesterol levels and consequently the risks of cardiovascular diseases (Ruxton, Reed, Simpson & Milington, 2004). They also have a beneficial role against inflammatory diseases (Ruxton, Reed, Simpson & Milington, 2004) and certain cancers such as prostate, colon and breast (Rose & Connolly, 1999).

Therefore, the use of this pulp in the formulation of novel meat/fish products could be a valuable alternative for this low-cost by-product of the fish industry. Moreover, the

development of new fish products, free of fishy odor and taste, and with the nutritional benefits of the fish would enlarge the range of consumers of healthier products. The objective of this study was to evaluate the effect of increasing levels of fish pulp obtained from filleting wastes on the characteristics of cooked red meat sausage, in order to develop a healthier low-cost meat/fish product. We assessed the nutritional, technological and sensory properties, as well as the shelf life of the products.

2. Materials and methods

2.1 Filleting waste pulp

Fresh silver catfish (*Rhamdia quelen*) were obtained from local market. After purchasing, fish were transferred to the laboratory in bags. On arrival at the laboratory, they were washed in cold water with 5 ppm chlorine, beheaded, gutted, and filleted. Ventral muscles and backbone without fins were considered as residues of the filleting process and amounted to $26.5 \pm 2.1\%$ of total carcass. These residues were washed in cold water containing 5 ppm of chlorine and passed once through a meat grinder fitted with a 5 mm plate and once through a 2 mm plate to obtain a fish pulp without visible fishbone ($72.4 \pm 3.4\%$ of yield). The resulting mass, which was called pulp obtained from filleting wastes, was packed in plastic jars with lids and kept at -20°C until use (about 30 days). This fish pulp had the following composition: $73.2 \pm 0.5\%$ moisture; $1.8 \pm 0.01\%$ ash; $12.0 \pm 0.1\%$ protein and $6.8 \pm 0.02\%$ fat.

2.2 Sausage formulation

Three independent replicates were made for each cooked sausage formulation. Lean beef and pork samples were obtained from boneless rounds and trimmed from all subcutaneous and intermuscular fat, as well as thick visible connective tissue. Meat portions were thawed at 5°C for 24 hours, sliced and weighed. Pork back fat was previously crushed and weighed. The powder ingredients were supplied by Bremil S./A. (Arroio do Meio, Rio Grande do Sul, Brazil) and were previously weighed, packed in plastic jars with lids and kept

at room temperature until use. Four different sausage formulations were made with increasing levels of pulp from filleting wastes (0, 25, 37 or 50%), which was added to replace the beef and pork meat in full-fat sausages (Table 1). In addition, we also investigated the effect of pulp from filleting wastes (0 or 37%) in a low-fat sausage formulation (Table 1). In a pilot study we observed that all formulations containing the fish pulp were very soft compared to the control (data not shown). For this reason, we included wheat fiber to increase the firmness of the formulations containing fish pulp (Table 1).

In the control formulations (no filleting waste pulp) the meat were comminuted in a cutter with the salt and cold water containing the liquid smoke. After complete extraction of myofibrillar proteins, the meat was emulsified with pork back fat. Then the powder ingredients were added in the following order: sodium tripolyphosphate, seasoning mix, sodium nitrite, soybean protein isolate, sodium erythorbate and starch. The wheat fiber and the natural coloring carmine were added only in formulations containing filleting waste pulp. Wheat fiber was added after the addition of the soybean protein isolate and the natural coloring was dissolved in the cold water.

The batters were stuffed into synthetic cellulose casings (20mm diameter) and hand linked at 15 cm intervals. The sausages were pre-incubated at 60°C for 30 minutes prior to cooking at 74-76°C until the center temperature of the sausage reached 72°C. Then they were cooled with cold water (5°C), casings were removed and sausages were stored at 5±1°C in plastic jars with lids for up to 24h until evaluation of the chemical composition, sensory characteristics, fatty acid profile and water activity. Another set of sausages were vacuum packed and stored at 5±1°C for shelf life analysis. Microbiological, lipid oxidation and pH assays were performed after 1, 7, 14, 21, 28 and 42 days of storage for determining the shelf life of sausages.

2.3 Proximate composition

Moisture was determined by the weight loss after 4 h at 60°C in an assisted air circulation oven, followed by 8 h at 105°C. Ash content was determined at 550°C (method 923.03) according to AOAC (1995). Crude protein (N x 6.25) was determined by the microKjeldahl procedure (method 960.52) of the AOAC (1995). Fat was extracted using chloroform and methanol as described by Bligh & Dyer (1959) and used for determination of fat content and fatty acid profile. To prevent lipid oxidation during and after extraction, 0.02% butyl hydroxy toluene was added to the chloroform used. The caloric content (kcal) was estimated on a basis of 9 kcal/g for fat, 4 kcal/g for protein and 4 kcal/g for available carbohydrates (Jiménez-Colmenero, Cofrades, López-López, Ruiz-Capillas, Pintado & Solas, 2010).

2.4 Sensory analysis

Sensory analysis followed the procedures described by Meilgaard, Civille & Carr (1991). The research protocol was previously approved by the local Research Ethics Committee (23081.001270/2009-27) and all the panelists gave their informed consent prior to the inclusion in the study.

Panelists were selected by a questionnaire for determining their interest in participating and possible factors of exclusion like allergic problems, smoking habit and others. Training sessions for development of a unique concern about the selection parameters studied were made. A triangular test was applied after training process for exclusion of non-sensible panelists. Thirteen trained panelists were selected for sensory evaluation of sausages. Each panelist was instructed to cleanse their palate between samples tasting using the tap water. Samples were prepared by steeping sausages in boiling water in individual pans for 2 min. Then, they were codified and randomly offered to the panelists at similar amount and temperature. Panelists were asked to evaluate sample color, texture and taste using a structured 7-point hedonic scale (1=dislike very much; 7=like very much).

Overall acceptability was evaluated by non-trained panelists (30) that received the six samples of sausages and were asked to rank samples according to the increase of overall acceptability, so that the most preferred sample received the highest score.

2.5 Technological characteristics

2.5.1 Cooking loss

The batters were stuffed into casing, weighed and heated at 60-75°C for 1 hour in a water bath and then cooled to room temperature. After cooling, the remaining exudates were removed with absorbent paper, the cooked batters were reweighed and the cooking loss was calculated (Lee et al., 2008).

Cooking loss (%) = [cooked batter weight (g) – raw batter weight (g)]/ raw batter weight x 100

2.5.2 Water holding capacity (WHC)

The procedure of Lin & Huang (2003) was followed. Approximately 5 g of raw batter was placed in a 50 mL centrifuge tube with 10 mL of distilled water. Following a 10 min centrifugation at 2000 x g at 15°C, the supernatant was decanted and the final sample weight was determined. WHC was calculated as follows:

WHC = [(final sample weight (g) - original sample weight (g)) / original sample weight (g) x 100

2.5.3 Emulsion stability

The procedure of Hughes, Cofrades & Troy (1997) was followed. Raw batter (25 g) was weighed in a 50 mL centrifuge tube, and centrifuged for 1 min at 2700 x g. The tube was heated at 70°C in a water bath for 30 min and centrifuged for 3 min at 2700 x g. The supernatant was decanted into a preweighed crucible and the centrifuge tube (plus pellet) was reweighed. The crucible was heated overnight at 105°C and reweighed. Total expressible fluid (TEF) and %fat expressed were calculated as follows:

TEF = (weight of centrifuge tube and sample) – (weight of centrifuge tube and pellet)

%TEF = (TEF/original sample weight) x 100

%Fat = {[(weight of crucible + dried supernatant) – (weight of empty crucible)] / TEF} x 100

2.6 Fatty acids profile

Aliquots (2-3 mL) of the chloroform lipid extract from Bligh & Dyer (1959) were evaporated at 50°C using a vacuum pump, followed by saponification in methanolic KOH solution and esterification in methanolic H₂SO₄ solution (Hartman & Lago, 1973). Methylated fatty acids were analyzed using an Agilent Technologies gas chromatograph (HP 6890) equipped with a capillary column HP-INNOWax (polyethylene glycol, 30 m x 0.25 mm x 0.25 µm) and flame ionization detector. The temperature of the injector port was set at 250°C and the carrier gas was nitrogen (0.9 mL/min). After injection (1 µL, split ratio 50:1), the oven temperature was increased from 120°C to 250°C at 20°C/min and hold at this temperature for 13.5 min. Standard fatty acid methyl esters (Sigma, Saint Louis, USA) were subjected to the same conditions and the following retention times were used to identify the fatty acids. Results were expressed as percentage of total area of the identified fatty acids.

2.7 Aw

The water activity of the sausages was determined after 1 day of refrigerated storage using an ACQUA LAB CX-2 system (Decagon devices Inc.), which is based on the chilled-mirror dewpoint method.

2.8 pH

The pH of the sausages was measured during the whole storage period as described by Pastoriza & Sampedro (1994). Homogenized samples (1 g) were mixed with 9 mL distilled and assessed using a pH meter (DMPH – 2 Digimed) previously calibrated.

2.9 Lipid oxidation

The conjugated dienes value was determined in the fat, extracted by the Bligh & Dyer method (1959). Cyclohexane was used as the solvent and the optical density was recorded at 233 nm (Recknagel & Glende, 1984). All measurements were corrected to a uniform base of 1 mg lipid/mL of cyclohexane.

The peroxide value was determined in the fat, extracted by the Bligh & Dyer method (1959), using a ferric thiocyanate method according to Chapman & Mackay (1949). No preliminary dilution with a benzene/methanol solution was necessary. A standard curve using ferric iron solution was used to calculate the content of peroxides in the fat.

Thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) were determined spectrophotometrically as described by Buege & Aust (1978). The sausages were homogenized with 1.5% KCl and the supernatant was incubated at 100°C for 15 min, in a medium containing trichloroacetic acid and thiobarbituric acid. After incubation, butyl alcohol was used to extract the reaction product that was determined at 535 nm.

2.10 Microbiological counts

Enumeration of microorganisms in samples consisted of total plate count and psychrotrophic plate count assessed as described by Morton (2001) and Cousin, Jay & Vasada (2001), respectively. For all analysis sausage samples (10g) were aseptically obtained, followed by blending in 0.1% (w/v) peptone for 2 min in a stomacher. Appropriate serial dilutions were then plated onto plate count agar (Difco, Detroit, MI). Total count was determined by the pour plate method after incubation at 35-37°C for 48 h and psychrotrophic count was determined by the spread plate method after incubation at 7-10°C for 10 days.

2.11 Statistical analysis

All measurements were made at least in duplicate and the results are means of three independent experiments. Proximate composition, technological and sensory characteristics

(color, texture and taste), fatty acid profile and A_w were analyzed using one-way analysis of variance (ANOVA). Shelf life data (microbiological data, pH and lipid oxidation data) were evaluated using two-way factorial ANOVA (3 formulations x 6 storage times). Post hoc comparisons were made using Tukey's test ($P < 0.05$). Statistical analyses were carried out using Statistica 6.0 (Copyright® Stat Soft, Inc 1984–2001). Results of the overall acceptability test were evaluated using Friedman test and the Newell and MacFarlane's table of critical absolute rank sum differences (Newell & MacFarlane, 1987).

3. Results and discussion

3.1 Proximate composition

The proximate composition and caloric content of cooked sausages are shown in Table 2. The substitution of filleting waste pulp for red meat (up to 50% of total batter formulation) did not affect the moisture content of sausages, but moisture was higher in the low-fat sausages when compared to the full-fat ones ($P < 0.05$). This behavior is typical of low-fat products, and is the result of fat substitution by moisture (Lurueña-Martínez, Vivar-Quintana & Revilla, 2004). Ash content was similar among sausages, with the exception of the full-fat sausage containing 25% fish pulp, which had higher ash content than the full-fat control sausage. The presence of small bone fragments with an unequal distribution in the fish pulp could be responsible for this result. The protein content was lower in all fish-containing full-fat sausages than in the full-fat control ($P < 0.05$), which could be related to the addition of wheat fiber in these formulations. In addition, all low-fat sausages had lower protein content when compared to the full-fat control sausages ($P < 0.05$), which could be related to the higher moisture content of the first formulations. Fat content was not affected by the addition of fish pulp ($P < 0.05$). As expected, the low-fat sausages had lower fat content than the full-fat sausages ($P < 0.05$). This reduction of fat content reduced the caloric content of sausages about 20% when compared to the full-fat formulations ($P < 0.05$). However, the addition of filleting waste pulp did not change the caloric content of sausages.

3.2 Sensory analysis

Sensory scores of cooked sausages are shown in Table 3. The substitution of filleting waste pulp (37 and 50% of total batter formulation) for red meat reduced the color scores of full-fat sausages when compared to control ($P<0.05$), but 25% pulp caused no change in this score. Similarly, low-fat sausages with 37% fish pulp had lower color scores than the low-fat control ($P<0.05$). Fish flesh has a lower content of heme pigments when compared to red meat (Cardoso, Mendes & Nunes, 2008a), which must have contributed to the paler color and the lower color scores of pulp-containing formulations. The low-fat control sausage had higher color score than the full-fat control ($P<0.05$), which could be related to the higher amount of red meat in the first. Interestingly, low-fat sausage containing 37% fish pulp had color score similar to the full-fat control. The full-fat sausage containing 25% fish pulp had texture score higher than full-fat control ($P<0.05$), but no other relevant differences were observed in the texture among samples. Similar results concerning color and texture changes were found when pork meat was replaced by cod mince (up to 50% replacement) in a cod frankfurter sausage (Cardoso, Mendes & Nunes, 2009).

The taste scores were similar among all formulations, indicating that no undesirable fishy odor was detected in the pulp-containing sausages. This result is better than that obtained with the addition of fish oil to cooked sausages, which reduced the scores of flavor (Cáceres, García & Selgas, 2008; Valencia, O'Grady, Ansorena, Astiasarán & Kerry, 2008).

The overall acceptance of sausages evaluated by the ordering test showed that only the addition of 50% fish pulp reduced the acceptance of sausages when compared to the control ($P<0.05$).

Thus, only the full-fat sausage containing 25% fish pulp and the low-fat sausage containing 37% fish pulp had scores equal or better than the full-fat control in all sensory evaluations. For this reason we selected these formulations as the better for further evaluation. These levels of fish pulp addition are similar or slightly higher than the maximum levels of whiting surimi (up to 25%) that did not change the flavor and acceptability of pork cooked sausages (Murphy, Gilroy, Kerry, Buckley & Kerry, 2004), which suggests a

greater potential of the pulp from silver catfish filleting wastes as an ingredient in cooked sausages.

3.3 Technological characteristics

Cooking loss was not changed in the full-fat sausage containing 25% fish pulp, but it was lower in the low-fat sausage containing 37% fish pulp when compared to the full-fat control ($P < 0.05$; Table 4). Previous studies showed that the reduction of fat level increases the cooking loss of sausages (Cofrades, Guerra, Carballo, Fernández-Martín & Jiménez-Colmenero, 2000; Ayo, Carballo, Solas & Jiménez-Colmenero, 2008). However, the addition of 50% filleting waste pulp improved the cooking yield of fishburgers (Bochi, Weber, Ribeiro, Victório & Emanuelli, 2008). Based on these evidences we suggest that the fish pulp was responsible for the lower cooking loss of the pulp-37 low-fat sausage.

Fat and moisture retention are related to the ability of the protein matrix to hold water and bind fat. Both fish pulp-containing formulations had higher water holding capacity when compared to the full-fat control ($P < 0.05$; Table 4). Thus, we suggest that the fish pulp has better water holding capacity than red meat or the wheat fiber that was added only in the fish-containing formulations could have contributed for this effect.

Fat separation and emulsion stability indicate hydration/binding properties, which represent the ability of the meat emulsion to retain moisture and fat during processing (Lurueña-Martínez, Vivar-Quintana & Revilla, 2004). A lower total expressible fluid, indicates a more stable emulsion, because less fluid is released during processing. Both fish pulp containing formulations had lower total expressible fluid when compared to the full-fat control ($P < 0.05$; Table 4). This finding parallels with the higher water holding capacity of these formulations. The amount of fat in the expressible fluid (fat loss) was similar in both full-fat formulations, but significantly lower in the low-fat sausage with 37% fish pulp ($P < 0.05$; Table 4), which is probably related to the lower initial fat content of this formulation. These results indicate that the low-fat sausage containing 37% fish pulp had the highest emulsion stability.

3.4 Fatty acids profile

The major fatty acids found in sausages were oleic acid followed by palmitic, linoleic and stearic acids (Table 5). These fatty acids were found at a proportion similar to that previously described for red meat cooked sausages (Ayo, Carballo, Olmedilla-Alonso, Ruiz-Capillas & Jiménez-Colmenero, 2007). No significant differences were observed in the levels of C20:1n9, C18:2n6, C20:3n3 or in the sum of n-6 fatty acids or monounsaturated fatty acids among samples.

An important nutritional characteristic of fish is the higher content of polyunsaturated fatty acids, especially long chain n-3 fatty acids when compared to red meat (McAfee et al., 2010). As expected the addition of fish pulp caused important changes in the fatty acids profile of sausages (Table 5). The content of docosahexaenoic acid (DHA), the sum of n-3 fatty acids and the (EPA+DHA)/C16:0 ratio increased in the full-fat sausage containing 25% fish pulp when compared to the control, and had an additional increase in the low-fat sausage containing 37% fish pulp, which suggests a behavior linear with the fish pulp content. Accordingly, the n-6/n-3 ratio showed an inverse behavior to the fish pulp content, with significant reductions in this value in the formulation containing 25% fish pulp and further reduction in the formulation containing 37% fish pulp.

The importance of the intake of fatty acids n-6 and n-3 was demonstrated by various studies (Krauss et al., 2000). However, the diet must have a balance between the consumption of n-6 and n-3 fatty acids. The recommendation of health organizations as the World Health Organization, the Brazilian Society of Nutrition and the Health Department of the United Kingdom to prevent cardiovascular diseases is an ingestion of n-6/n-3 fatty acids on a ratio lower than 4:1 (Enser, 2001; Okuyama & Ikemoto, 1999; Horrocks & Yeo, 1999). However, the n-6/n-3 ratio in Western diets is estimated to be in the range 20:1 to 25:1 (Simopoulos, Leaf & Salem, 1999), well above the recommended ratio. Although the fish-containing sausages did not reach the recommended ratio, they had a severe reduction in their n-6/n-3 ratio reaching values well below those found in Western diets (Table 5). This

indicates that fish-containing sausages, especially the low-fat sausage containing 37% fish pulp, are healthier formulations.

Since the total fat content was very different among sausages (Table 2) and the fatty acid profile was expressed as the percent of total fatty acids, we also calculated the total amount of n-3 provided by 100 g sausage (Table 5). We observed that the low-fat sausage containing 37% fish pulp provided the highest EPA+DHA content per 100 g sausage, followed by the full-fat sausage containing 25% fish pulp and the full-fat control that provided the lowest values ($P < 0.05$; Table 5). The International Society for the Study of Fatty acids and Lipids recommends that the intake of EPA+DHA should be at least 0.22g/day until the optimum value of 0.65g/day (Simopoulos, Leaf & Salem, 1999). Thus, 100g of the low-fat sausage containing 37% fish pulp provides 27% of the minimum recommended EPA+DHA daily intake, while the full-fat sausage containing 25% fish pulp provides 14%.

The content of C14:0, C16:0, C16:1, C18:3n3, C20:5n3, as well as the sum of PUFA and the PUFA/SFA ratio were higher in the low-fat sausage containing 37% fish pulp than in the full-fat control ($P < 0.05$), with no differences among both full-fat formulations. The content of C20:4n6 was also higher in the low-fat sausage containing 37% fish pulp than in both full-fat sausages ($P < 0.05$). In contrast, the content of C18:0, C18:1n9, C20:2 and the sum of SFA were lower in the low-fat sausage containing 37% fish pulp than in the full-fat control ($P < 0.05$), with no differences among both full-fat formulations. This could be explained because the back fat used in higher amount in the full-fat formulations is rich in saturated fatty acids, especially C18:0 and poor in polyunsaturated fatty acids, when compared to the red meat and fish pulp (Wood et al., 2003).

3.5 Lipid stability of sausages

Since fish polyunsaturated fatty acids are more prone to oxidation than saturated fatty acids (Ólafsdóttir et al., 1997), we found it important to evaluate if the fish-containing sausage formulations would have decreased lipid stability during refrigerated storage. Lipid oxidative changes were determined by measuring conjugated dienes (CD) and peroxide

value (PV) that are the primary oxidation products, as well as thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) that are secondary oxidation products.

ANOVA revealed a significant formulation x storage time interaction on the CD and PV values (Fig 1). CD values of both full-fat formulations were very similar and showed almost no changes during the storage time. In contrast, CD values of the low-fat formulation with 37% fish pulp increased in the first 7 days of storage, yielding values higher than those of the full-fat control from the 7th day of storage onwards ($P < 0.05$; Fig. 1A).

PV values of all samples increased during the storage, but this increase seemed to be less accentuated for the low-fat sausages with 37% fish pulp, which had lower PV values than the full-fat control in the 14th and 42th days of storage ($P < 0.05$; Fig. 1B). Full-fat sausage containing 25% fish pulp had a PV behavior similar to that of full-fat control.

TBARS values of all samples had no significant changes during the storage time (0.12 ± 0.04 mg MDA/kg sausage at the first day vs. 0.15 ± 0.04 mg MDA/kg after 42 days of storage) and remained well below the maximum value considered to be indicative of meat products in good conservation state concerning to oxidative changes (3 mg/kg; Al-Kahtani, Abu-Tarboush, Bajaber, Atia, Abou-Arab & El-Mojaddidi, 1996). Although fish-containing sausages had higher content of polyunsaturated fatty acids than control sausages, there were no differences in the TBARS values among the formulations (data not shown). Cardoso, Mendes, Pedro & Nunes (2008b) also did not find important TBARS changes during the refrigerated storage of fish (hake) sausages (no red meat) for up to 83 days under vacuum. Our results indicate that sausages did not undergo important lipid oxidation during the storage period, since only the primary oxidation products (CD and peroxides) increased during this period, with no changes in the secondary oxidation products (TBARS). Peroxides are formed after CD in the lipid oxidative chain reactions (Simic & Taylor, 1987). Thus, both full-fat sausages seem to be at a slightly more advanced oxidative stage than the low-fat sausage, since their CD values were already at a plateau and only their peroxide value were increasing, while in the low-fat sausages CD values were still increasing and these sausages had lower peroxides value than both full-fat formulations. Meat products with higher fat

content are more prone to lipid oxidation than those with reduced fat content (Morrissey, Sheehy, Galvin, Kerryh & Buckleyh, 1998), which was probably responsible for the lower oxidative reactions of the fish-containing low-fat sausage, despite its higher content of polyunsaturated fatty acids. In addition, the increase of polyunsaturated fatty acids by fish pulp addition (25%) to the full-fat formulation also did not accelerate lipid oxidation, when compared to the full-fat control. Similar results were found for pork/surimi sausages, where the higher fat level was found to be the major factor associated to increased lipid oxidation during storage (Murphy, Gilroy, Kerry, Buckley & Kerry, 2004).

3.5 Microbiological stability of sausages

Although the pulp from filleting wastes was obtained under hygienic conditions and from resources at good conservation state, the microbiological characteristics of this ingredient are different from those of the red meat. Thus, we found it important to evaluate the microbiological stability of the fish-containing sausages during refrigerated storage. Since microbiological growth is dependent on the water activity (Lund, Baird-Parker & Gould, 1999), we determined this parameter in the three sausage formulations (control full-fat, pulp-25 full-fat and pulp-37 low-fat) over the storage time. Water activity ranged from 0.983 to 0.989, which is similar to values previously reported for frankfurters (González-Viñas, Caballero, Gallego & García Ruiz, 2004). No significant changes were observed over the storage time or among the three sausage formulations (data not shown).

ANOVA revealed a significant formulation x storage time interaction ($P < 0.05$) on the total plate counts (Fig. 2A). At the beginning of the storage all formulations had similar and low total plate counts as a result of the thermal processing. Total plate counts increased significantly over the storage time. Both fish-containing formulations had higher total plate counts than the full-fat control sausages at the 14th day of storage ($P < 0.05$). However, the total plate counts of full-fat control had a remarkable increase from the 14th to the 21th day of storage, so that the low-fat sausage containing 37% fish pulp had lower total plate counts than control at the 21th day of storage ($P < 0.05$). Despite, these differences among samples

in the middle of the storage, from the 28th day of storage onwards all sausages had similar total plate counts. In addition, there is no specific microbiological limit for cooked sausages, and there is usually little change on the organoleptic quality with counts up to 10^8 CFU/g, which are common at the point of consumption (Varnam & Sutherland, 1995). In our experiment, only the full-fat sausage containing 25% fish pulp exceeded this value at 42 days of storage.

Psychrotrophic microflora consists mainly of lactic acid bacteria (Reuter, 1981), which can tolerate the anaerobic environment and delay the quality alterations in product, due to the acidification (Björkroth & Korkeala, 1996). ANOVA revealed significant main effects of the formulation and the storage time on the psychrotrophic counts and pH, but no significant interaction among these factors. For this reason, the effects of formulation and storage time on these parameters were presented separately (Fig. 2B, Fig. 3). Psychrotrophic counts increased over the storage time ($P < 0.05$). Although counts were already different from control at the 7th day of storage, the greater increase occurred between the 7th and the 14th day, which parallels with a decrease in the pH (Fig. 3), indicating that this was probably related to the development of lactic acid bacteria. The growth of lactic acid bacteria leads to a decrease of pH, and this helps to create an unfavorable environment for the development of pathogenic microorganisms (Nielsen & Zeuthen, 1985). Psychrotrophic counts reached 7.97 log CFU/g at 42 days of storage (Fig. 2B), which is similar to the values previously reported for frankfurters at 41 days of storage (López-López, Cofrades & Jiménez-Colmenero, 2009). Fish-containing sausages had higher psychrotrophic counts than the full-fat control ($P < 0.05$; Fig. 2B) and the pH of these sausages was significantly higher than the full-fat control ($P < 0.05$; Fig. 3). These findings suggest that the higher psychrotrophic counts of these samples are unrelated to lactic acid bacteria and could possibly represent deteriorating microorganisms.

4. Conclusion

The substitution of filleting waste pulp for red meat yielded acceptable cooked sausages both in a full-fat formulation (up to 25% fish pulp) and in a low-fat formulation (37% fish pulp). These fish-containing formulations, especially the low-fat one had improved nutritional value and technological characteristics than the full-fat control sausage. The addition of fish pulp did not accelerate lipid oxidation during refrigerated storage. Although the addition of fish pulp did not reduce the shelf life of the sausages assessed by total plate count, some caution must be taken with the microbiological stability, since both fish-containing sausages had slightly higher psychrotrophic counts during refrigerated storage. Thus, results indicate that the pulp obtained from filleting wastes can be used to develop novel healthier meat products, which is a valuable alternative for this processing by-product.

Acknowledgments

Tatiana Emanuelli is the recipient of CNPq research Fellowship. Jaqueline Piccolo is the recipient of a CNPq Master degree Fellowship. Vanessa Knapp and Alberto Meireles dos Santos are the recipients of a PIBIC-CNPq/UFSM Scientific Initiation Fellowship. The authors thank to Bremil S.A. for supplying the powder ingredients, Carlos Rubini Junior for valuable assistance in the gas chromatography analysis, and Ana Paula Daniel for assistance in the sausage formulations.

References

- Al-Kahtani, H. A., Abu-Tarboush, H. M., Bajaber, A. S., Atia, M., Abou-Arab, A. A., & El-Mojaddidi, M. A. (1996). Chemical changes after irradiation and post-irradiation storage in tilapia and Spanish mackerel. *Journal of Food Science*, 91, 729–733.
- AOAC (1995). *Official methods of analysis of the association of the official analysis chemists*. (16th ed.). Arlington, Virginia: Association of Official Analytical Chemists.

- Ayo, J., Carballo, J., Olmedilla-Alonso, B., Ruiz-Capillas, C., & Jiménez-Colmenero, F. (2007). Effect of total replacement of pork backfat with walnut on the nutritional profile of frankfurters. *Meat Science*, 77, 173-181.
- Ayo, J., Carballo, J., Solas, M. T., & Jiménez-Colmenero, F. (2008). Physicochemical and sensory properties of healthier frankfurters as affected by walnut and fat content. *Food Chemistry*, 107, 1547–1552.
- Barcelos, R. C. S., Benvegnú, D. M., Bouffleur, N., Reckziegel, P., Müller, L. G., Pase, C., Emanuelli, T., & Bürger, M. E. (2009). Effects of n-3 essential fatty acids (n-3 EFAs) on motor disorders and memory dysfunction typical neuroleptic-induced: behavioral and biochemical parameter. *Neurotoxicity Research*. Retrieved from: <http://www.springerlink.com/content/6013741352w2l7x1/>.
- Björkroth, J., & Korkeala, H. (1997). Ropy slime-producing *Lactobacillus sake* strains possess a strong competitive ability a commercial biopreservative. *International Journal of Food Microbiology*, 38, 117–123.
- Bligh, E. G., & Dyer, W. J. (1959). A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, 37, 911–917.
- Bloukas, J. G., & Paneras, E. D. (1993). Substituting olive oil for pork back fat affects quality of low-fat frankfurters. *Journal of Food Science*, 58(4), 705-709.
- Bochi, V. C., Weber, J., Ribeiro, C. P., Victório, A. M., & Emanuelli, T. (2008). Fishburgers with silver catfish (*Rhamdia quelen*) filleting waste. *Bioresource Technology*, 99, 8844–8849.
- Buege, J. A., & Aust, S. D. (1978). Microsomal lipid peroxidation. *Methods in Enzymology*, 52, 302–310.
- Cáceres, E., García, M. L., & Selgas, M. D. (2008). 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*, 80(2), 183-193.
- Cardoso, C., Mendes, R., & Nunes, M. L. (2008a). Development of a healthy low-fat fish sausage containing dietary fibre. *International Journal of Food Science and Technology*, 43, 276–283.

- Cardoso, C., Mendes, R., Pedro, S. & Nunes, M. L. (2008b). Quality changes during storage of fish sausages containing dietary fiber. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 17, 73-95.
- Cardoso, C., Mendes, R., & Nunes, M. L. (2009). Instrumental texture and sensory characteristics of cod frankfurter sausages. *International Journal of Food Properties*, 12, 625-643.
- Carneiro, P. C. F.; Mikos, J. D.; Schorer, M.; Oliveira, P. R. C. F.; & Bendhack, F. (2003). Live and formulated diet evaluation through initial growth and survival of jundiá larvae, *Rhamdia quelen*. *Scientia Agrícola*, 60(4), 615-619.
- Chapman, R. A., & Mackay, K. (1949). The estimation of peroxides in fats and oils by the ferric thiocyanate method. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 26, 360–363.
- Cofrades, S., Guerra, M. A., Carballo, J., Fernández-Martín, F., & Jiménez-Colmenero, F. (2000). Plasma protein and soy fiber content effect on bologna sausage properties as influenced by fat level. *Journal of Food Science*, 65(2), 281-287.
- Coldebella, I. J., & Radünz Neto, J. (2002). Soybean meal in the diets for South American catfish (*Rhamdia quelen*) fingerlings. *Rural Science*, 32, 499–503 (in Portuguese, Brazil).
- Copatti, C. E., Coldebella, I. J., Radünz Neto, J., Garcia, L. O., Da Rocha, M. C., & Baldisseroto, B. (2005). Effect of dietary calcium on growth and survival of silver catfish fingerlings, *Rhamdia quelen* (Heptapteridae), exposed to different water pH. *Aquaculture Nutrition*, 11, 345–350.
- Cousin, M. A., Jay, J. M., & Vasada, P. C. (2001). Psychrotrophic microorganisms. In F. P. Downes, & K. Ito (Eds.). *Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods*. (4th ed., Chapter 13, pp. 159-166). Washington, D.C.: American Public Health Association.
- Daviglius, M. L., Pirzada, A., & He, K. (2008). Meat consumption and cardiovascular disease. *International Encyclopedia of Public Health*, 281-308.
- Enser, M. (2001). The role of fats in human nutrition. In B. Rossell (Ed.) *Animal carcass fats* (Vol. 2). *Oils and fats* (pp.77-122). Leatherhead. Surrey. UK: Leatherhead Publishing.

- FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2008). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2008*. FAO Fisheries and Aquaculture Departments. Rome, Italy: Electronic Publishing Policy and Support Branch.
- González-Viñas, M. A., Caballero, A. B., Gallego, I., & García Ruiz, I. (2004). Evaluation of the physico-chemical, rheological and sensory characteristics of commercially available frankfurters in Spain and consumer preferences. *Meat Science*, 67, 633–641.
- Hartman, L., & Lago, B. C. (1973). A rapid preparation of fatty methyl esters from lipids. *Laboratory Practice*, 22, 475–477.
- Horrocks, L. A., & Yeo, Y. K. (1999). Health benefits of docosahexaenoic acid (DHA). *Pharmacology Research*, 40(3), 211-225.
- Hughes, H., Cofrades, S., & Troy, D. J. (1997). Effect of fat level, oat fibre and carageenan on frankfurters formulated with 5, 12 and 30% fat. *Meat Science*, 45(2), 273–281.
- Jiménez-Colmenero, F., Barreto, G., Fernández, P., & Carballo, J. (1996). Frozen storage of bologna sausage as a function of fat content and of levels of added starch and egg white. *Meat Science*, 42(3), 325–332.
- Jiménez-Colmenero, F., Cofrades, S., López-López, I., Ruiz-Capillas, C., Pintado, T., & Solas, M. T. (2010). Technological and sensory characteristics of reduced/low-fat, low-salt frankfurters as affected by the addition of konjac and seaweed. *Meat Science*, 84(3), 356-363.
- Krauss, R. M., Eckel, R. H., Howard, B., Appel, L. J., Daniels, S. R., Deckelbaum, R. J. et al. (2000). AHA Dietary Guidelines. Revision 2000: A statement for healthcare professionals from the nutrition committee of the American Heart Association. *Circulation*, 102(18), 2284-2299.
- Lazzari, R., Radünz Neto, J., Emanuelli, T., Pedron, F. A., Costa, M. L., Losekann, M. E., Correia, V., & Bochi, V. C. (2006). Different protein sources for jundia (*Rhamdia quelen*) feeding. *Rural Science*, 36, 240–246 (in Portuguese, Brazil).

- Lee, M. A., Han, D. J., Jeong, J. Y., Choi, J. H., Choi, Y. S., Kim, H. Y., Paik, H. D., & Kim, C. J. (2008). Effect of kimchi powder level and drying methods on quality characteristics of breakfast sausage. *Meat Science*, 80(3), 708–714.
- Lin, K. W., & Huang, H. Y. (2003). Konjac/gellan gum mixed gels improve the quality of reduced-fat frankfurters. *Meat Science*, 65, 749–755.
- López-López, I., Cofrades, S., & Jiménez-Colmenero, F. (2009). Low-fat frankfurters enriched with n-3 PUFA and edible seaweed: Effects of olive oil and chilled storage on physicochemical, sensory and microbial characteristics. *Meat Science*, 83, 148–154.
- Lurueña-Martínez, M. A., Vivar-Quintana, A. M., & Revilla, I. (2004). Effect of locust bean/xanthan gum addition and replacement of pork fat with olive oil on the quality characteristics of low-fat frankfurters. *Meat Science*, 68, 383–389.
- Lyons, P. H., Kerry, J. F., Morrissey, P. A., & Buckley, D. J. (1999). The influence of added whey protein/carrageenan gels and tapioca starch on the textural properties of low fat pork sausages. *Meat Science*, 51(1), 43–52.
- Lund, B. M., Baird-Parker, A. C., & Gould, G. W. (1999). *The microbiological safety and quality of foods*. Maryland (USA): Aspen Publishers.
- McAfee, A. J., McSorley, E. M., Cuskelly, G. J., Moss, B. W., Wallace, J. M. W., Bonham, M. P., & Fearon, A. M. (2010). Red meat consumption: An overview of the risks and benefits. *Meat Science*, 84, 1–13.
- Meilgaard, M., Civille, G. V., & Carr, B. T. (1991). *Sensory Evaluation Techniques*, 2nd ed. Boca Raton (USA): CRC.
- Melo, J. F. B., Neto, J. R., Silva, J. H. S., & Trombetta, C. G. (2002). Development and Body Composition of South American catfish (*Rhamdia quelen*) fingerlings fed with different lipid dietary sources. *Rural Science*, 32, 323–327 (in Portuguese, Brazil).
- Meyer, G., & Fracalossi, D. M. (2004). Protein requirement of jundia fingerlings, *Rhamdia quelen*, at two dietary energy concentrations. *Aquaculture*, 240, 331–343.
- Meyer, G.; & Fracalossi, D. M. (2005). Estimation of jundiá (*Rhamdia quelen*) dietary amino acid requirements based on muscle amino acid composition. *Scientia Agrícola*, 62, 401-405.

- Murphy, S. C., Gilroy, D., Kerry, J. F., Buckley, D. J., & Kerry, J. P. (2004). Evaluation of surimi, fat and water content in a low/no added pork sausage formulation using response surface methodology. *Meat Science*, 66, 689-701.
- Morrissey, P. A., Sheehy, P. J. A., Galvin, K., Kerryh, J. P., & Buckleyh, D. J. (1998). Lipid Stability in Meat and Meat Products. *Meat Science*, 49(1), 73-86.
- Morton, R. D. (2001). Aerobic plate count. In F. P. Downes, & K. Ito (Eds.). *Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods*. (4th ed., Chapter 7, pp. 63-67). Washington, D.C.: American Public Health Association.
- Newell, G. J., & MacFarlane, J. D. (1987). Expanded tables for multiple comparison procedures in the analysis of ranked data. *Journal of Food Science*, 52, 1721–1725.
- Nielsen, H. J. S., & Zeuthen, P. (1985). Influence of lactic acid bacteria and the overall flora on development of pathogenic bacteria in vacuum-packed, cooked emulsion-style sausages. *Journal of Food Protection*, 48, 28–34.
- Okuyama, H., & Ikemoto, A. (1999). Needs to modified the fatty acid of meats for human health. In *Proceedings of 45th international congress of meat science and technology* (pp. 638-639).
- Ólafsdóttir, G., Martinsdóttir, E., Oehlenschläger, J., Dalgaard, P. Jensen, B., Undeland, I. et al. (1997). Methods to evaluate fish freshness in research and industry. *Trends in Food Science and Technology*, 8, 258-265.
- Pastoriza, L. & Sampedro, G. (1994). Influence of ice storage on Ray (*Raja clavate*) wing muscle. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 64(1), 9-18.
- Pearson, A. M.; & Gillett, T. A. (1999). *Processed meats*. 3rd ed. Maryland (USA): Aspen Publication.
- Perdices, A., Bermingham, E., Montilla, A., & Doadrio, I. (2002). Evolutionary history of genus *Rhamdia* (*Teleostei: Pimelodidae*) in Central America. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 25, 172–189.
- Recknagel, R. O., & Glende, E. A. Jr. (1984). Spectrophotometric detection of lipid conjugated dienes. *Methods in Enzymology*, 105, 331–337.

- Reuter, G. (1981). Psychrotrophic lactobacilli in meat products. In Rose, D. P., & Connolly, J. M. (1999). Omega-3 fatty acids as cancer chemopreventive agents. *Pharmacology and Therapeutics*, 83(3), 217–244.
- Ruxton, C. H. S., Reed, S. C., Simpson, M. J. A., Milington, K. J. (2004). The health benefits of omega-3 polyunsaturated fatty acids: a review of the evidence. *Journal of Human Nutrition and Dietetics*, 17, 449-459.
- Simic, M. G., & Taylor, K. A. (1987). Free radical mechanisms of oxidation reactions. In A. J. St. Angelo, & M. E. Bailey (Eds.), *Warmer-Over Flavor of Meat*. (pp. 69-117). Orlando FL: Acad. Press.
- Simopoulos, A. P., Leaf, A., & Salem, N. Jr. (1999). Workshop on the essentiality of and recommended dietary intakes for omega-6 and omega-3 fatty acids. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 43, 127-130.
- Valencia, I., O'Grady, M. N., Ansorena, D., Astiasarán, I., & Kerry, J. P. (2008). Enhancement of the nutritional status and quality of fresh pork sausages following the addition of linseed oil, fish oil and natural antioxidants. *Meat Science*, 80, 1046–1054.
- Varnam, A. H., & Sutherland, J. P. (1995). *Meat and meat products. technology, chemistry and microbiology*. London: Chapman & Hall.
- Weber, J., Bochi, V. C., Ribeiro, C. P., Victório, A. M., & Emanuelli, T. (2008). Effect of different cooking methods on the oxidation, proximate and fatty acid composition of silver catfish (*Rhamdia quelen*) fillets. *Food Chemistry*, 106, 140–146.
- Woo, M. J., Lee, K. T., & Kim, C. J. (1995). Quality characteristics of emulsion-type sausages manufactured with cottonseed oil. *Journal of Korean Society for Food Science of Animal Resources*, 15(2), 187–191.
- Wood, J. D., Richardson, R. I., Nute, G. R., Fisher, A. V., Campo, M. M., Kasapidou, E., et al. (2003). Effects of fatty acids on meat quality: A review. *Meat Science*, 66(1), 21–32.
- Yang, A., Keeton, J. T., Beilken, S. L., & Trout, G. R. (2001). Evaluation of some binders and fat substitutes in low-fat frankfurters. *Journal of Food Science*, 66(7), 1039–1046.

Yilmaz, İ, Şimşek, O., & Işikli, M. (2002). Fatty acid composition and quality characteristics of low-fat cooked sausages made with beef and chicken meat, tomato juice and sunflower oil. *Meat Science*, 62, 253-258.

Table 1

Batter formulations (for 100 kg) of sausages with different levels of filleting waste pulp and fat

Formulations ^A	Ingredients (kg)				
	Beef meat	Pork meat	Filleting waste pulp	Back fat	Wheat fiber
Control full-fat	34.3	34.3	0	17	0
Pulp-25 full-fat	20.3	20.3	25	17	3
Pulp-37 full-fat	14.3	14.3	37	17	3
Pulp-50 full-fat	7.8	7.8	50	17	3
Control low-fat	40.8	40.8	0	4	0
Pulp-37 low-fat	20.8	20.8	37	4	3

^A All formulations contained salt (1.0%), water (8.4%), sodium tripolyphosphate (0.2%), seasoning mix (0.9%), sodium nitrite (0.3%), soybean protein isolate (1.7%), sodium erythorbate (0.2%), starch (1.7%), and liquid smoke (0.01%). Natural coloring carmine (0.01%) was added only in the pulp-containing formulations, Control full-fat: 0% filleting waste pulp + 17% fat; Pulp-25 full-fat: 25% filleting waste pulp + 17% fat; Pulp-37 full-fat: 37% filleting waste pulp + 17% fat; Pulp-50 full-fat: 50% filleting waste pulp + 17% fat; Control low-fat: 0% filleting waste pulp + 4% fat; Pulp-37 low-fat: 37% filleting waste pulp + 4% fat.

Table 2

Effect of filleting waste pulp and fat level on the chemical composition (%) of cooked sausages on wet weight basis

Formulations ^A	Moisture	Ash	Protein	Fat	Caloric Content (Kcal)
Control full-fat	64.8 ± 0.7 ^b	1.8 ± 0.2 ^b	14.7 ± 0.1 ^a	11.6 ± 0.7 ^{ab}	191.5 ± 6.7 ^a
Pulp-25 full-fat	63.9 ± 1.2 ^b	2.6 ± 0.1 ^a	12.5 ± 0.4 ^b	11.6 ± 0.2 ^{ab}	177.0 ± 6.1 ^a
Pulp-37 full-fat	63.0 ± 1.5 ^b	2.2 ± 0.1 ^{ab}	12.2 ± 0.4 ^b	12.4 ± 1.6 ^a	181.1 ± 9.6 ^a
Pulp-50 full-fat	63.1 ± 0.6 ^b	2.1 ± 0.2 ^{ab}	12.4 ± 0.8 ^b	12.2 ± 0.8 ^a	184.9 ± 4.1 ^a
Control low-fat	71.4 ± 2.0 ^a	1.9 ± 0.3 ^b	10.7 ± 0.7 ^c	8.0 ± 1.9 ^c	155.0 ± 10.2 ^b
Pulp-37 low-fat	68.5 ± 0.5 ^a	2.0 ± 0.1 ^b	11.7 ± 0.4 ^{bc}	9.1 ± 1.2 ^{bc}	148.2 ± 5.2 ^b

^A Control full-fat: 0% filleting waste pulp + 17% fat; Pulp-25 full-fat: 25% filleting waste pulp + 17% fat; Pulp-37 full-fat: 37% filleting waste pulp + 17% fat; Pulp-50 full-fat: 50% filleting waste pulp + 17% fat; Control low-fat: 0% filleting waste pulp + 4% fat; Pulp-37 low-fat: 37% filleting waste pulp + 4% fat.

All values are mean ± standard deviation of three replicates (n = 3).

^{a-c} Means within a column that have no common superscript letter are significantly different (P<0.05).

Table 3

Effect of filleting waste pulp and fat level on sensory attributes of cooked sausages

Formulations ^A	Trained panel (n=13)			Non-trained panel (n=30)
	Color ^B	Texture ^B	Taste ^B	Overall acceptability ^C
Control full-fat	4.1 ^{bc}	3.8 ^{bc}	3.8 ^a	107 ^a
Pulp-25 full-fat	5.1 ^{ab}	5.1 ^a	5.0 ^a	116 ^a
Pulp-37 full-fat	3.1 ^d	4.2 ^{abc}	4.3 ^a	91 ^{ab}
Pulp-50 full-fat	2.0 ^e	3.5 ^c	3.6 ^a	59 ^b
Control low-fat	5.9 ^a	4.9 ^{ab}	4.3 ^a	132 ^a
Pulp-37 low-fat	4.0 ^{cd}	4.8 ^{ab}	4.4 ^a	125 ^a

^A Control full-fat: 0% filleting waste pulp + 17% fat; Pulp-25 full-fat: 25% filleting waste pulp + 17% fat; Pulp-37 full-fat: 37% filleting waste pulp + 17% fat; Pulp-50 full-fat: 50% filleting waste pulp + 17% fat; Control low-fat: 0% filleting waste pulp + 4% fat; Pulp-37 low-fat: 37% filleting waste pulp + 4% fat.

^B Results are mean values for the evaluated attribute using a structured 7-point hedonic scale (1=dislike very much; 7=like very much).

^C Sum of ranks in the ordering test, where a higher value indicates a higher degree of likeness. The critical value at 5% of significance for 30 panelists and 6 samples is 42, according to Newell and MacFarlane's Table.

^{a-e} Values within a column that have no common superscript letter are significantly different ($P < 0.05$).

Table 4

Cooking loss, water holding capacity and emulsion stability of cooked sausages with different levels of filleting waste pulp

Formulations ^A	Cooking loss (%)	Water holding capacity (%)	Emulsion stability	
			Total expressible fluid (%)	Fat loss (%)
Control full-fat	20.3 ± 1.0 ^a	63.4 ± 5.5 ^b	7.6 ± 2.0 ^a	57.5 ± 6.5 ^a
Pulp-25 full-fat	16.7 ± 3.9 ^a	77.4 ± 7.6 ^a	3.5 ± 1.6 ^b	55.2 ± 8.4 ^a
Pulp-37 low-fat	2.8 ± 1.7 ^b	79.1 ± 7.2 ^a	1.4 ± 0.4 ^b	6.8 ± 2.1 ^b

^A Control full-fat: 0% filleting waste pulp + 17% fat; Pulp-25 full-fat: 25% filleting waste pulp + 17% fat; Pulp-37 low-fat: 37% filleting waste pulp + 4% fat.

All values are mean ± standard deviation of three replicates.

^{a-b} Means within the same column that have no common superscript letters are significantly different (P<0.05).

Table 5

Fatty acid composition (g/100g total fatty acids) of cooked sausages with different levels of filleting waste pulp

Fatty acids	Formulations ^A		
	Control full-fat	Pulp-25 full-fat	Pulp-37 low-fat
C14:0 myristic	1.11 ± 0.06 ^b	1.13 ± 0.10 ^b	1.37 ± 0.10 ^a
C16:0 palmitic	22.48 ± 0.25 ^b	22.37 ± 0.10 ^b	23.02 ± 0.22 ^a
C18:0 stearic	14.00 ± 0.37 ^a	13.39 ± 0.03 ^a	11.71 ± 0.28 ^b
ΣSFA	39.64 ± 0.61 ^a	38.94 ± 0.29 ^{ab}	38.16 ± 0.30 ^b
C16:1 palmitoleic	1.34 ± 0.02 ^b	1.62 ± 0.06 ^b	3.07 ± 0.24 ^a
C18:1n9 oleic	36.13 ± 0.25 ^a	36.02 ± 0.30 ^a	34.55 ± 0.35 ^b
C20:1n9 eicosenoic	0.87 ± 0.00	0.88 ± 0.01	0.89 ± 0.04
ΣMUFA	39.66 ± 0.27	39.84 ± 0.28	39.84 ± 0.41
C18:2n6 linoleic	17.29 ± 0.41	17.55 ± 0.10	17.05 ± 0.28
C18:3n3 α-linolenic	0.99 ± 0.01 ^b	1.02 ± 0.01 ^b	1.08 ± 0.03 ^a
C20:2 eicosadienoic	0.84 ± 0.00 ^a	0.84 ± 0.01 ^a	0.73 ± 0.03 ^b
C20:3n3 eicosatrienoic	0.15 ± 0.01	0.16 ± 0.01	0.16 ± 0.02
C20:4n6 arachidonic	0.58 ± 0.00 ^b	0.53 ± 0.01 ^c	0.79 ± 0.02 ^a
C20:5n3 eicosapentaenoic	0.05 ± 0.02 ^b	0.06 ± 0.01 ^b	0.15 ± 0.01 ^a
C22:6n3 docosahexaenoic	0.00 ± 0.00 ^c	0.20 ± 0.05 ^b	0.58 ± 0.05 ^a
ΣPUFA	20.70 ± 0.39 ^b	21.25 ± 0.15 ^b	22.04 ± 0.28 ^a
PUFA/SFA	0.52 ± 0.02 ^b	0.54 ± 0.01 ^b	0.58 ± 0.01 ^a
Σn-6	18.61 ± 0.38	18.93 ± 0.11	19.28 ± 0.24
Σn-3	1.22 ± 0.03 ^c	1.46 ± 0.08 ^b	2.01 ± 0.05 ^a
n-6/n-3	15.18 ± 0.39 ^a	12.96 ± 0.66 ^b	9.59 ± 0.27 ^c
(EPA+DHA) g/100 g sausage	0.005 ± 0.001 ^c	0.031 ± 0.002 ^b	0.059 ± 0.002 ^a
(EPA+DHA)/C16:0	0.002 ± 0.001 ^c	0.011 ± 0.003 ^b	0.031 ± 0.002 ^a

^A All values are mean ± standard deviation of three replicates. Values within the same row that have no common superscript letters are significantly different (P<0.05). Control full-fat: 0% filleting waste pulp + 17% fat; Pulp-25 full-fat: 25% filleting waste pulp + 17% fat; Pulp-37 low-fat: 37% filleting waste pulp + 4% fat. EPA: eicosapentaenoic; DHA: docosahexaenoic; SFA: saturated fatty acids; MUFA: monounsaturated fatty acids; PUFA: polyunsaturated fatty acids.

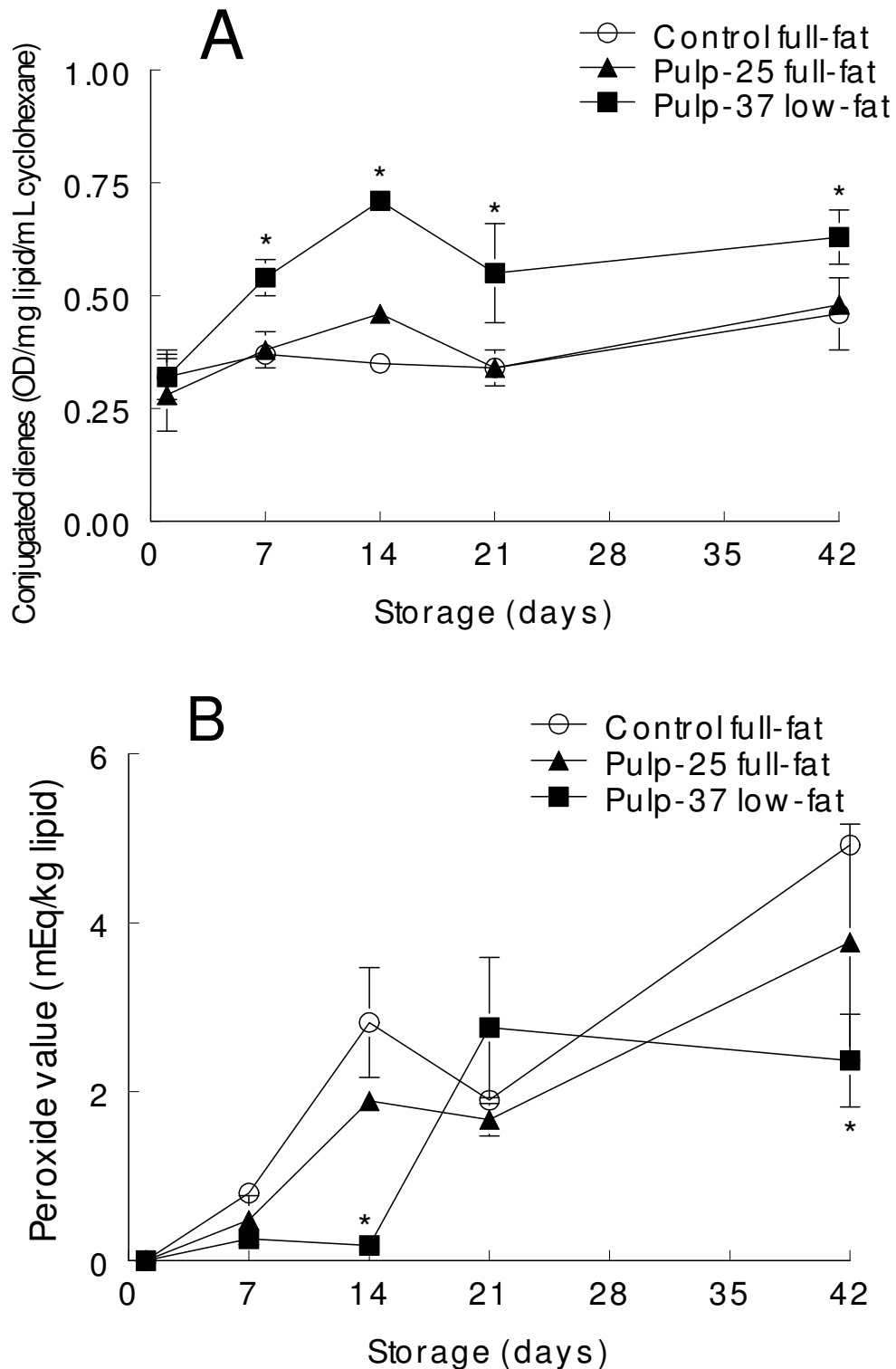


Fig 1. Effect of filleting waste pulp level on conjugated dienes (A) and peroxide value (B) of cooked sausages during refrigerated storage. Results are mean \pm standard deviation of three replicates. *Significantly different from control full-fat the same day ($P < 0.05$).

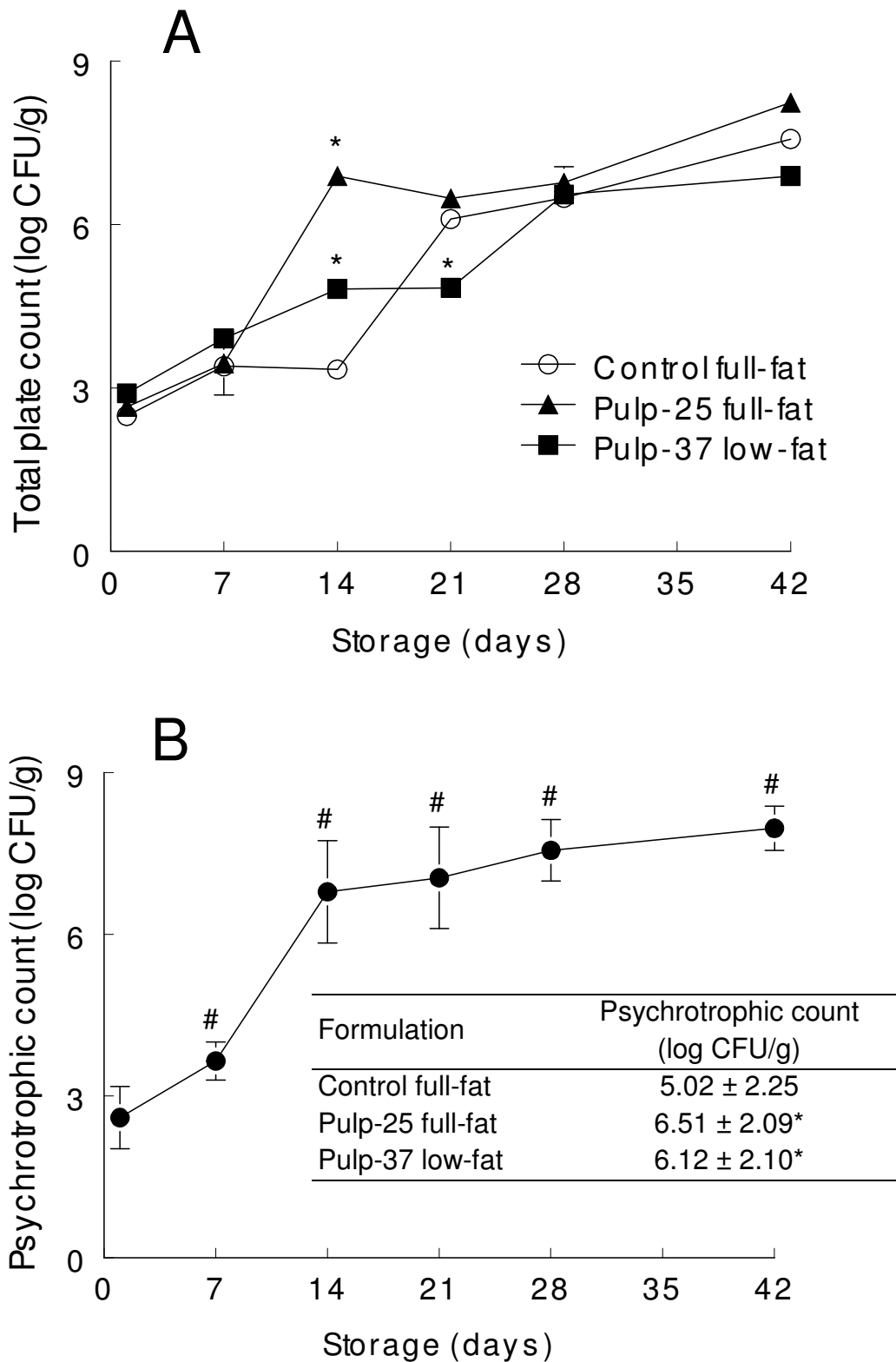


Fig 2. Effect of filleting waste pulp level on total plate count (A) and psychrotrophic count (B) of cooked sausages during refrigerated storage. Results are mean ± standard deviation of three replicates. *Significantly different from control full-fat at the same day ($P < 0.05$). #Significantly different from day 1 ($P < 0.05$).

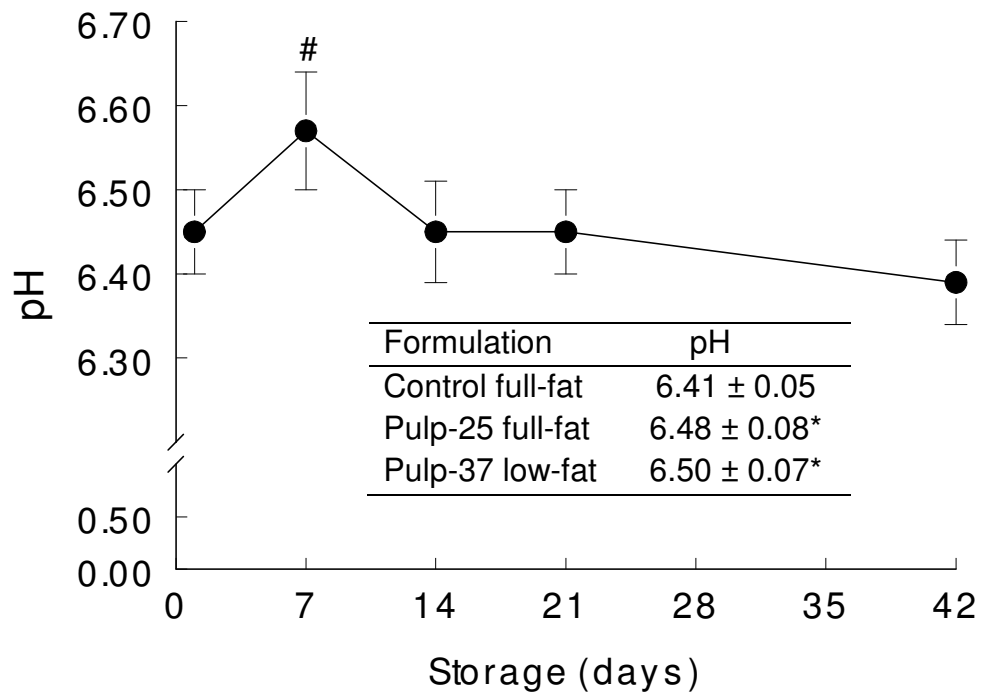


Fig 3. Effect of filleting waste pulp level on pH of cooked sausages during refrigerated storage. Results are mean \pm standard deviation of three replicates. *Significantly different from control full-fat ($P < 0.05$). #Significantly different from day 1 ($P < 0.05$).

3.2 Manuscript 2

Low-fat sausages using fish filleting and soybean by-products

Artigo em fase final de revisão pelos autores para ser submetido à revista

Bioresource Technology

(configurado conforme as normas da revista)

Low-fat sausages using fish filleting and soybean by-products

Jaqueline Piccolo^a, Alberto Meireles dos Santos^b, Vanessa Knapp^b, Tatiana Emanuelli^{b*}

^aPrograma de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Camobi, 97105-900 Santa Maria, RS, Brazil.

^bNúcleo Integrado de Desenvolvimento em Análises Laboratoriais (NIDAL), Departamento de Tecnologia e Ciência dos Alimentos, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Camobi, 97105-900 Santa Maria, RS, Brazil.

*Corresponding author. Tel.: +55 55 3220 8547; fax: +55 55 3220 8353.

E-mail address: tatiemanuelli@gmail.com (Tatiana Emanuelli).

Corresponding author:

Tatiana Emanuelli

Núcleo Integrado de Desenvolvimento em Análises Laboratoriais (NIDAL)

Departamento de Tecnologia e Ciência dos Alimentos

Centro de Ciências Rurais

Universidade Federal de Santa Maria

Campus - Camobi, 97105-900

Santa Maria, RS – Brazil

Telephone: +55 55 3220 8547

Fax: +55 55 3220 8353

E-mail: tatiemanuelli@gmail.com

Abstract

Aiming at enlarging the range of applications of agroindustrial by-products, we investigated the effect of soybean fiber (0, 1.6, 2.4, 3.8 and 4.5%) addition on the physiochemical, technological and sensory properties of low-fat meat/fish cooked sausages made with a pulp from filleting wastes. Soybean fiber decreased the moisture and increased ash and protein content, with no changes in water activity or pH of sausages. All fiber-containing sausages had greater tendency to yellowness (higher b^* value) and increased hardness, gumminess and chewiness, while the other changes in color (chroma and hue angle) and texture parameters (springiness and cohesiveness) were observed only in the formulations containing intermediate and higher soybean fiber levels. Soybean fiber reduced cooking loss and improved emulsion stability. Sensory evaluation revealed that up to 2.4% soybean dietary fiber (5.4% soybean fiber powder) can be added to low-fat meat/fish sausage formulations without changes in the overall acceptability.

1. Introduction

Cooked sausages are one of the most traditional meat products in the world and usually contain up to 30% animal fat (Lin and Huang, 2003). Fat plays a major role in mouthfeel, binding properties, hardness, juiciness and, for consequence, in the overall appearance and acceptability of meat products (Cofrades et al., 2000a). However, because it is a product of animal origin, the fat used in the preparation of conventional cooked sausages is rich in saturated fatty acids (Bragagnolo and Rodríguez-Amaya, 2002), which have been associated to cardiovascular disorders (Daviglius et al., 2008).

Nowadays, the increasing consumer awareness and health-consciousness, created a great demand for low-fat products, while retaining good flavor and overall acceptability (Lin and Huang, 2003). Thus, the research related to low-fat meat products (Choi et al., 2009; Grigelmo-Miguel, Abadias-Seros and Martin-Belloso, 1999) or meat products containing less harmful fat, as vegetable oils (Bloukas and Paneras, 1993; Choi et al., 2009), walnuts (Ayo et al., 2008), seaweeds (López-López et al., 2009) and fish oil (Lin et al., 2002; Valencia et al., 2008) has been intensified (Jiménez-Colmenero, 2007).

However, the simple removal of fat from cooked sausages usually results in unfavorable changes like undesirable taste, texture and appearance, making these products less juicy, harder and forming dark crusts on the surface side (Keeton, 1994). For this reason, it is convenient to use non-meat ingredients that enhance water-holding capacity and can help to obtain a desirable texture. Thus, carbohydrates and fiber from vegetables such as cauliflower, tomato, carrot and cabbage (Tornberg and Sjöholm, 2005), cereal fiber such as oatmeal (Yang et al., 2007), and rice bran (Choi et al., 2010) have been successfully employed to improve cooking losses and enhance texture (Jiménez-Colmenero, 1996; Akoh, 1998) yielding acceptable sensory profiles compared to the conventional sausages. These and other fibers have been used in meat products not only as potential fat substitutes, but also because of their possible health benefits (Hughes et al., 1997), since they may reduce the risk of obesity, cardiovascular diseases, colon cancer, and others (Slavin, 2004).

Legumes have a relevant amount of dietary fiber. Fibers from different legumes such as chickpea (Tushan Sanjeeva et al., 2010), pea (Pietrasik and Janz, 2010), blackeye bean and lentil flour (Serdaroğlu et al., 2005) have been studied as extenders in bologna and other cooked sausages with minimal effects on flavor. Among legumes, soybean has gaining importance nowadays due to its use for the production of biodiesel (Roman, 2003). Brazil is the second world producer of this grain. According to the Brazilian Union of Biodiesel, in 2008, the soybean oil was responsible for about 80% of the national biodiesel. In addition, most of the biodiesel that is currently made all over the world uses soybean oil (Demirbas, 2009). In terms of sustainability, the use of vegetable oils for biodiesel production generates an extensive amount of solid by-products (pressed seed/grain cakes) (Nunes et al., 2009). The soybean by-products, which are rich in protein and dietary fiber are mainly used in animal feed. However, due to their nutritional value, they could also be used in human nutrition. There is considerable evidence that the major component of dietary fiber in soybean fiber (insoluble fiber) helps to reduce cholesterol (Lo et al., 1987), reducing the risks of cardiovascular disease (Hermansen et al., 2001). Nevertheless, studies on the incorporation of soybean fiber into cooked sausages are scarce (Cofrades et al., 2000a).

As the seed/grain industry, the fish industry also generates large amounts of solid residues. In 2006, the world fish production was 141.6 million tons of fish, however, around 50% of the total fish material processed became waste material (FAO, 2006). Thus, if disposed improperly, these fishery wastes can cause serious environmental problems. Moreover, fishery wastes, mainly filleting wastes, can be considered as important bio-resources due to their valuable components (Shih et al., 2003), such as healthy lipid sources (Bochi et al., 2008). We have recently demonstrated that a pulp from filleting wastes of silver catfish could substitute up to 50% of fish fillets in fishburgers, with no changes in sensory acceptance and an improvement of nutritional value (lower n-6/n-3 ratio) and cooking characteristics (Bochi et al., 2008). Moreover, we also demonstrated that the substitution of filleting waste pulp for red meat yielded acceptable cooked sausages both in a full-fat formulation (up to 30% substitution) and in a low-fat formulation (45% substitution) (Piccolo

et al., unpublished data). These fish-containing formulations, especially the low-fat one had improved nutritional value and technological characteristics than the full-fat control sausage (Piccolo et al., unpublished data).

The development of new fish products added by soybean dietary fibers, with all nutritional benefits of the fish and legume fiber would enlarge the range of applications of by-products from the fish and grain industry. Therefore, the objective of our study was to investigate the effect of soybean fiber addition on the physicochemical, technological and sensory properties of low-fat meat/fish cooked sausages made with a pulp obtained from fish filleting wastes.

2. Materials and methods

2.1. Filleting waste pulp

Fresh silver catfish (*Rhamdia quelen*) were obtained from local market. After purchasing, fish were transferred to the laboratory in bags. On arrival at the laboratory, they were washed in cold water with 5 ppm chlorine, beheaded, gutted, and filleted. Ventral muscles and backbone without fins were considered as residues of the filleting process and amounted to $26.5 \pm 2.1\%$ of total carcass. These residues were washed in cold water containing 5 ppm chlorine and passed once through a meat grinder fitted with a 5 mm plate and once through a 2 mm plate to obtain a fish pulp without visible fishbone ($72.4 \pm 3.4\%$ of yield). The resulting mass, which was called pulp obtained from filleting wastes, was packed in plastic jars with lids and kept at -20°C until use (no more than 30 days).

2.2 Soybean fiber

Three different lots (500g) of edible soybean fiber powder were obtained at local market and stored at -20°C until required. This soybean fiber had $8.1 \pm 0.04\%$ moisture, $5.0 \pm 0.01\%$ ash, $27.8 \pm 1.0\%$ protein, $4.0 \pm 0.3\%$ fat, $55.1 \pm 1.0\%$ total carbohydrates, among which $11.2 \pm 0.54\%$ nitrogen-free extract and $44.2 \pm 0.1\%$ total dietary fiber ($42.0 \pm 0.3\%$ insoluble fiber and $2.2 \pm 0.4\%$ soluble fiber).

2.3 Sausage formulation

Three independent replicates were used for each cooked sausage formulation. Lean beef and pork samples were obtained from boneless rounds and trimmed from all subcutaneous and intermuscular fat as well as thick visible connective tissue. Meat portions were thawed at 5°C for 24 hours, sliced and weighed. Pork back fat was previously crushed and weighed. The powder ingredients were supplied by Bremil S/A. (Arroio do Meio, Rio Grande do Sul, Brazil) and were previously weighed, packed in plastic jars with lids and kept at room temperature until use. The basic low-fat meat/fish sausage formulation used had 42.4% red meat, 38.2% filleting waste pulp and 4.2% back fat (control: DF-0, Table 1). This basic formulation was modified by including increasing levels of soybean fiber to yield the following test formulations with increasing levels of dietary fiber: 1.6, 2.4, 3.8 or 4.5% (Table 1). The amounts of meat (red meat and fish pulp), back fat, soybean protein isolate and starch from the basic formulation were proportionally reduced to include the soybean fiber in the test formulations. Preliminary tests showed that the addition of fiber (3.8 and 4.5%) generated a drier batter. For this reason the amount of water used in these formulations was slightly increased (Table 1).

In the control formulation (no dietary fiber/soybean fiber) the meat was comminuted in a cutter with the salt and cold water containing the liquid smoke. After complete extraction of the myofibrillar proteins, the meat was emulsified with pork back fat. Then the powder ingredients were added in the following order: sodium tripolyphosphate, seasoning mix, sodium nitrite, soybean protein isolate, sodium erythorbate and starch. The natural coloring was diluted in the water and added only to the formulations containing soybean fiber.

The batters were stuffed into synthetic cellulose casings (20mm diameter) and hand linked at 15 cm intervals. The sausages were pre-incubated at 60°C for 30 minutes prior to cooking at 74-76°C until the center temperature of the sausage reached 72°C. Then they were cooled with cold water (5°C), casings were removed and sausages were stored at

5±1 °C in closed plastic jars for 24 hours before analysis. Samples for textural analysis were vacuum packed and kept at 5±1 °C.

2.4 Composition and physicochemical characteristics

Moisture was determined by the weight loss after 4h at 60°C in an assisted air circulation oven, followed by 8h at 105°C. Ash content was determined at 550°C (method 923.03) according to AOAC (1995). Crude protein (N x 6.25) was determined by the microKjeldahl procedure (method 960.52) of the AOAC (1995). Fat was extracted using chloroform and methanol as described by Bligh and Dyer (1959) and used for determination of fat content and fatty acid profile. To prevent lipid oxidation during and after extraction, 0.02% butyl hydroxytoluene was added to the chloroform used. Total dietary fiber and insoluble fiber were evaluated in soybean fiber according to AOAC (1995) methods 985.29 and 991.42, respectively, and soluble fiber was calculated by difference. All the enzymes used in chemical analysis, Termamyl 120L[®] (amylase), AMG 200[®] (amyloglycosidase) and Alcalase 2.4L[®] (protease), were provided by Novozymes Latin America Ltd. Total dietary fiber of each sausage formulation was estimated from the fiber content of soybean fiber and the amount of fiber incorporated into the formulation. Available carbohydrates (Nitrogen-free extract, NFE fraction) were calculated by difference, as follows: [NFE fraction % = 100 – (moisture% + crude ash% + crude fat% + crude protein% + dietary fiber%)]. The caloric content (kcal) was estimated on a basis of 9 kcal/g for fat, 4.0 kcal/g for protein and NFE fraction (Jiménez-Colmenero et al., 2010).

The pH of the sausages was measured as described by Pastoriza and Sampedro (1994). Homogenized samples (1 g) were mixed with 9 ml distilled and assessed using a pH meter (DMPH – 2 Digimed) previously calibrated. The water activity of the sausages was determined using an ACQUA LAB CX-2 system (Decagon devices Inc.), which is based on the chilled-mirror dewpoint method.

2.5 Color

The color of sausages was assessed using a CR-300 colorimeter (Minolta Ltd., Osaka, Japan), according to the International Commission on Illumination (CIE 1976 L* a* b* and CIE L* C* H*), using a standard illuminant D65, with a standard angle of 10° observation, calibrated with a white plate (number 15233011). The sausages were homogeneized in a blender for a set time (15 seconds) and placed on a Petry dish, which was placed over a smooth white surface. Three measurements were recorded directly on the samples after turning 90 from the previous reading. According to the International Commission on Illumination (CIE 1976) the chromaticity coordinates a* and b* indicate the direction of color, where +a* is the red direction and -a* is the green direction; +b* is the yellow direction and -b* is the blue direction. L* is the luminosity that ranges from 0 (absolute black) to 100 (full white). C* is the chroma or saturation of the color. Hue angle is the observable color, which is expressed in degrees: 0° (red), 90° (yellow), 180° (green) to 270° (blue).

2.6 Technological properties

2.6.1 Cooking loss

The batters were stuffed into casing, weighed and heated at 60-75°C for 1 hour in a water bath and then cooled to room temperature. After cooling, the remaining exudates were removed with absorbent paper, the cooked batters were reweighed and the cooking loss was calculated (Lee et al., 2008).

Cooking loss (%) = [cooked batter weight (g) – raw batter weight (g)]/ raw batter weight x 100

2.6.2 Water holding capacity (WHC)

The procedure of Lin and Huang (2003) was followed. Approximately 5 g of raw batter was placed in a 50 ml centrifuge tube with 10 ml of distilled water. Following a 10 min centrifugation at 2000 x g at 15°C, the supernatant was decanted and the final sample weight was determined. WHC was calculated as follows:

WHC = [(final sample weight (g) - original sample weight (g)) / original sample weight (g) x 100

2.6.3 Emulsion stability

The procedure of Hughes et al. (1997) was followed. Raw batter (25 g) was weighed in a 50 ml centrifuge tube, and centrifuged for 1 min at 2700 x g. The tube was heated at 70°C in a water bath for 30 min and centrifuged for 3 min at 2700 x g. The supernatant was decanted into a preweighed crucible and the centrifuge tube (plus pellet) was reweighed. The crucible was heated overnight at 105°C and reweighed. Total expressible fluid (TEF) and %fat expressed were calculated as follows:

$$\text{TEF} = (\text{weight of centrifuge tube and sample}) - (\text{weight of centrifuge tube and pellet})$$

$$\% \text{TEF} = (\text{TEF} / \text{original sample weight}) \times 100$$

$$\% \text{Fat} = \{[(\text{weight of crucible with the dried supernatant}) - (\text{weight of empty crucible})] / \text{TEF}\} \times 100$$

2.7 Texture profile analysis

Texture profile analysis (TPA) was performed in a TA-XT.plus Texture Analyzer and Texture Expert Exponent Software (Stable Microsystems Ltd., Surrey, England). Prior to analysis, samples were allowed to equilibrate to room temperature. The cooked sausages were prepared (diameter 2.0 cm, height 1.0 cm) and a double compression cycle test was performed up to 50% compression of the original portion height with an aluminum cylinder probe of 45 mm diameter. As in the other assays three independent replicates were evaluated for each sausage formulation. For each replication nine determinations were made and the average was used in the statistical analysis. The conditions of texture analysis were as follows: pre-test speed 1 mm/s, post-test speed 5.0 mm/s, head speed 5.0 mm/s, force 1 g, trigger 5 g. The following parameters were quantified (Bourne, 1978) hardness: peak force (N) required for the first compression; springiness: distance (cm) of sample recovery after the

first compression; cohesiveness: ratio of active work done under the second compression curve to that done under the first compression curve (dimensionless); and chewiness: hardness x Cohesiveness x springiness (N • cm).

2.8 Sensory evaluation

Sensory analysis followed the procedures described by Meilgaard et al. (1991). The research protocol was previously approved by the local Research Ethics Committee (23081.001270/2009-27) and all the panelists gave their informed consent prior to the inclusion in the study.

Panelists were selected by a questionnaire for determining their interest in participating and possible factors of exclusion (allergic problems, smoking habit and others). Training sessions for development of unique concern about the selection parameters studied were made. A triangular test was applied after the training process for exclusion of non-sensible panelists. Twelve trained panelists were selected for sensory evaluation of sausages. Each panelist was instructed to cleanse the palate between sample tasting using the water provided. Samples were prepared by steeping low-fat cooked fish sausages in boiling water in individual pans for 2 min. Then, they were codified and randomly offered to the panelists at similar amount and temperature. A descriptive test using a structured seven-point scale provided with verbal descriptions at the end points was used to evaluate the color (1=little intense; 7=very intense), texture (1=very firm; 7=very soft) and juiciness (1=very dry; 7=very juicy). Overall acceptability was evaluated by the ordering test of preference. Panelists received samples of the five sausage formulation and were asked to rank samples according to the increase of overall acceptability, so that the most preferred sample received the highest score.

2.9 Statistical analysis

All measurements were made at least in duplicate and the results are means of three independent experiments. Results were analyzed using one-way analysis of variance

(ANOVA) and post hoc comparisons were made using Duncan's test ($P < 0.05$). Statistical analyses were carried out using Statistica 6.0 (Copyright© Stat Soft, Inc 1984–2001). Results of the overall acceptability test were evaluated using Friedman test and the Newell and MacFarlane's table of critical absolute rank sum differences (Newell and MacFarlane, 1987).

3. Results and discussion

3.1 Composition and physicochemical characteristics

The composition of meat/fish low-fat sausages with increasing levels of soybean fiber are shown in Table 2. Moisture content of cooked low-fat sausages linearly decreased with the increase of soybean fiber content, being significantly lower in all fiber-containing formulations than in the control (DF-0). Yilmaz (2005) showed that wheat bran, which has higher insoluble fiber content than soybean fiber, also decreased the moisture content of meatballs. Despite the reduction of moisture content, soybean fiber did not affect the water activity (range: 0.988-0.990) or the pH (range: 6.51-6.59) of low-fat sausages (data not shown). Dietary fiber from other leguminous (pea) also did not change the pH values of low-fat sausages (Pietrasik and Janz, 2010). Cofrades et al. (2000a) also did not find any effect of soybean fiber on the pH of pork bologna sausages.

The addition of soybean fiber significantly increased the ash content in all formulations. Leguminous seeds contain appreciable amounts of some vitamins and minerals as well as dietary fiber (Guillon and Champ, 2002). The dietary fiber of grains is primarily associated to the cell wall and hulls that also have the higher mineral content (Pfoertner and Fisher, 2001), which explains the ash increase. Protein content showed the same behavior, but the increase was only significant for the sausages containing dietary fiber levels equal to or higher than 3.8%. This finding is in agreement with the relatively high protein content of the soybean fiber powder used. Similar increase of protein and ash content were observed after incorporation of wheat bran and rye bran in meatballs (Yilmaz, 2004; 2005). Protein content also had a slight increase with addition of 4% pea flour bologna sausages which meat content was held constant, compared to low-fat control (Pietrasik and

Janz, 2010). As the soybean fiber powder has a low fat content, the fat content of sausages did not change with the addition of this fiber.

Dietary fiber is the edible, nondigestible carbohydrate and lignin components as they exists naturally in the plant foods; functional fiber is the isolated, extracted or synthetic fiber that has proven health benefits; and the total fiber refers to the combination of the both cited ones (Institute of Medicine, 2005). Thus, the Institute of Medicine (2005) recommends a dietary reference intake of total fiber for the healthy adult population of 25g/day for female and 38g/day for male. Thus, a 100g portion (two sausages) of the sausages containing 1.6, 2.4, 3.8 and 4.5% dietary fiber would provide, respectively, 6.4, 9.6, 15.2 and 18% of the total daily fiber recommendation for females and 4.2, 6.3, 10 and 11.8%, respectively, for males. These are important amounts considering that meat products usually provide no fiber.

Addition of 4.5% dietary fiber reduced the caloric content of low-fat cooked meat/fish low-fat sausages (8%) when compared to the control ($P < 0.05$; Table 2). This is not a great decrease, but it is important to point out that this was not the focus of the present study, because the control formulation was already low-fat sausage.

3.2 Color

The color parameters of low-fat cooked meat/fish sausages are shown in Table 3. Neither lightness (L^*) nor redness (a^*) were affected by the presence of soybean fiber. A decrease in fat content produces darker meat products (Hand et al., 1987; Claus and Hunt, 1991). Although all formulations evaluated in the present study are low-fat, we found higher lightness values (63.0-64.5) than in full-fat bologna sausages enriched with lemon albedo (47.3-50.3) (Fernández-Ginés et al., 2004), and similar values to those of low-fat frankfurters enriched with walnut (around 65.5) (Ayo et al., 2008). On the other hand, the yellowness (b^*) increased linearly with the increase of soybean fiber in the sausages and this increase was significant in all fiber-containing formulations as compared to the control (DF-0). As found in the addition of rye bran to reduced-fat sausages (Yilmaz, 2004), this increase in yellowness might be a result of soybean carotenoid pigments. Similar results were found by Cofrades et

al. (2000a) that added soybean fiber to pork bologna sausages with various fat levels and by Cardoso et al. (2009) that added pea protein and carragenan to cod frankfurter sausage.

The saturation (chroma) represents the intensity and purity of the color or the amount of gray in proportion to the hue. A highly saturated hue has a vivid, intense color, while a less saturated hue appears more muted and grey. The saturation and hue angle (H°) of cooked meat/fish low-fat sausage formulations linearly increased with the increase of soybean fiber, and this increase was significant in the formulations containing dietary fiber levels equal to or higher than 2.4%. The observed increase in the hue angle from 32° to about 43° indicates a greater tendency to yellowness as compared to the control. This effect of soybean fiber on L^* , a^* and b^* values is similar to that observed after the addition of peach, orange and apple fibers to reduced-fat dry fermented sausages (García et al., 2002). In contrast, the chroma and hue angle of low-fat bologna sausages were not affected by 4% pea fiber (Pietrasik and Janz, 2010).

3.3 Technological properties

Soluble and insoluble fibers from various sources (seaweed, oat, lemon albedo, hazelnut pellicle) increase the cooking yield in cooked meat products, because of their ability to bind water and fat (Thebaudin et al., 1997; Fernández-Ginés et al., 2004; Turhan et al., 2005; Piñero et al., 2008; López-López et al., 2009). Accordingly, soybean fiber linearly decreased the cooking loss of low-fat cooked meat/fish sausages when compared to the control (DF-0) ($P < 0.05$; Table 4). Also, soybean fiber reduced the cooking loss of pork bologna sausages (Cofrades et al., 2000a). Cooking loss of low-fat meat products with added dietary fiber improved as fat concentration decreased and dietary fiber increased (Chin et al., 2004).

The water holding capacity is measured as the amount of water absorbed per meat amount (sausage batter). Although fibers have the ability to bind water (Thebaudin et al., 1997), we found no increase of water holding capacity after the addition of soybean fiber in the low-fat meat/fish sausages (Table 4). The porosity of fibers, chemical structure of the

components and size of the particles can affect the water holding capacity (Thebaudin et al., 1997). Cooking loss assay is developed in hot water (around 70°C), while the water holding capacity assay is developed in cold water. Thus, it is possible that the fiber can swell and prevent the exit of water and fat in the first assay, but not in the second assay. Thus, this physical difference of the fiber may give less water holding capacity to the fiber in the later assay.

However, soybean fiber increased the emulsion stability as evidenced by the reduction of total expressible fluid observed in the formulations containing 3.8% dietary fiber level onwards ($P < 0.05$; Table 4). This effect is probably related to the binding of both water and fat by soybean fiber, since no changes were observed in the proportion of fat in the expressible fluid (Table 4). Similarly, various other fibers were reported to increase emulsion stability, like locust bean/xanthan gum in frankfurters (Lurueña-Martínez et al., 2004), oat's fiber in beef patties (Piñero et al., 2008), and carrageenan and oat's fiber in frankfurters (Hughes et al., 1997).

3.4 Texture profile analysis

Hardness, gumminess and chewiness of low-fat meat/fish sausages increased with the addition of soybean fiber, while the springiness and the cohesiveness decreased ($P < 0.05$; Table 5). Sausages with 3.8 and 4.5% dietary fiber were considered the hardest, even though the addition of 1.6-2.4% dietary fiber already increased hardness when compared to control ($P < 0.05$). Springiness decreased in sausages with 3.8 and 4.5% dietary fiber, indicating that these formulations were less elastic than control (DF-0). The cohesiveness was reduced only in sausages containing 4.5% dietary fiber ($P < 0.05$). Gumminess and chewiness increased in all formulations containing soybean dietary fiber ($P < 0.05$), indicating that these samples were more rubbery. Wheat fiber also increased gumminess and chewiness in reduced-fat sausages (Choi et al., 2010). Our results are in agreement with Cofrades et al. (2000a), who observed that hardness and chewiness increased as the soybean fiber content increased, while the cohesiveness decreased in pork

bologna sausages. Cardoso et al. (2008) also observed increased hardness and chewiness after addition of a pea fiber to pork sausages.

3.5 Sensory evaluation

The sensory characteristics of low-fat cooked meat/fish sausages are shown in Table 6. Despite the changes in b^* values, chroma and hue angle (Table 3), the sensory panel found no significant differences in the color among samples with increasing soybean fiber levels.

In contrast to the color, the texture and juiciness of meat/fish low-fat sausages evaluated by a sensory panel were significantly affected by the increasing of dietary fiber. Although no significant texture change was detected in sausages containing 1.6-2.4% dietary fiber, sausages containing 3.8-4.5% dietary fiber had lower texture scores than control, being considered firmer than control ($P < 0.05$). In addition, sausages with 2.4-4.5% dietary fiber had lower juiciness scores than control ($P < 0.05$), being considered drier than control. These findings are in agreement with the increase of hardness, gumminess and chewiness, and the decrease of springiness and cohesiveness found in the texture analysis profile of sausages containing increasing levels of soybean dietary fiber. Chickpea flour addition caused similar changes in bologna: increased firmness and decreased juiciness sensory scores (Tushan Sanjeewa et al., 2010).

The overall acceptance of the different formulations was evaluated using the ordering test of preference. Low fat meat/fish sausages formulated with 3.8-4.5% soybean dietary fiber were significantly less preferred than control and 1.6-2.4% soybean dietary fiber sausages, but the acceptability of control and 1.6-2.4% soybean dietary fiber sausages was similar. This behavior is similar to that observed in the sensory evaluation of texture, which indicates that the texture change is the limiting factor that reduces the acceptability of low-fat meat/fish sausages containing soybean fiber. Similar results were obtained for pea fiber that did not change the overall acceptability of bologna sausages when added at 4% level (Pietrasik and Janz, 2010).

4. Conclusion

Addition of soybean fiber to low-fat cooked meat/fish sausages decreased the moisture and increased ash and protein content, with no changes in water activity or pH. All fiber-containing sausages had greater tendency to yellowness (higher b^* value) and increased hardness, gumminess and chewiness, while the other changes in color (chroma and hue angle) and texture parameters (springiness and cohesiveness) were observed only in the formulations containing intermediate and higher soybean fiber levels. The sensory panel found no changes in the color of meat/fish sausages with soybean fiber addition, but a firmer texture was found in the sausages containing 3.8-4.5% dietary fiber, and sausages with 2.4-4.5% dietary fiber were considered dry. Low-fat meat/fish sausages formulated with 3.8-4.5% soybean dietary fiber were significantly less preferred than control and 1.6-2.4% soybean dietary fiber sausages, but the acceptability of control and 1.6-2.4% soybean dietary fiber sausages was similar, which indicates that texture change is the limiting factor that reduces the acceptability of low-fat meat/fish sausages containing soybean fiber. In addition, soybean fiber reduced the cooking loss and increased the emulsion stability. Our results indicate that up to 2.4% soybean dietary fiber (5.4% soybean fiber powder) can be added to low-fat meat/fish sausage formulations without sensory changes, and improving the technological characteristics, when compared to a control sausage without fiber. A 100g portion of this sausage can provide 9.6% and 6.3% of the daily fiber recommendation for healthy adult females and males, respectively.

Acknowledgments

Tatiana Emanuelli is the recipient of CNPq research Fellowship. Jaqueline Piccolo is the recipient of a CNPq Master degree Fellowship. Vanessa Knapp and Alberto Meireles dos Santos were the recipients of PIBIC-CNPq/UFMSM Scientific Initiation Fellowships. The authors thank Bremil S.A. for supplying the powder ingredients. The authors also thank to Luisa Helena R. Hecktheuer and Leila Picolli da Silva for the helpful discussions on the sensory analysis and soybean dietary fiber.

References

- Akoh, C.C., 1998. Fat replacers. *Food Technol.* 52(3), 47–53.
- AOAC, 1995. Official methods of analysis of the association of the official analysis chemists (16th ed.). Arlington, Virginia: Association of Official Analytical Chemists.
- Ayo, J., Carballo, J., Solas, M.T., Jiménez-Colmenero, F., 2008. Physicochemical and sensory properties of healthier frankfurters as affected by walnut and fat content. *Food Chem.* 107, 1547–1552.
- Bligh, E.G., Dyer, W.J., 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can. J. Biochem. Physiol.* 37, 911–917.
- Bloukas, J.G., Paneras, E.D., 1993. Substituting olive oil for pork back fat affects quality of low-fat frankfurters. *J. Food Sci.* 58(4), 705-709.
- Bochi, V.C., Weber, J., Ribeiro, C.P., Victório, A.M., Emanuelli, T. 2008. Fishburgers with silver catfish (*Rhamdia quelen*) filleting waste. *Bioresource Technol.* 99, 8844–8849.
- Bourne, M.C., 1978. Texture profile analysis. *Food Technol.* 32, 62–66.
- Bragagnolo, N., Rodríguez-Amaya, D.B., 2002. Simultaneous determination of total lipid, cholesterol and fatty acids in meat and back fat of suckling and adult pigs. *Food Chem.* 79, 255–260.
- Cardoso, C., Mendes, R., Nunes, M.L., 2008. Development of a healthy low-fat fish sausage containing dietary fibre. *Int. J. Food Sci. Technol.* 43, 276–283.
- Cardoso, C., Mendes, R., Nunes, M.L., 2009. Instrumental texture and sensory characteristics of cod frankfurter sausages. *Int. J. Food Prop.* 12, 625-643.
- Chin, K.B., Lee, H.L., Kook, S.H., Yoo, S.S., 2004. Evaluation of various combinations of pork lean and water added on the physicochemical, textural and sensory characteristics of low fat sausages. *Food Sci. Biotechnol.* 13, 481–485.

- Choi, Y.S., Choi, J.H., Han, D.J., Kim, H.Y., Lee, M.A., Kim, H.W., Jeong, J.Y., Kim, C.J., 2009. Characteristics of low-fat meat emulsion systems with pork fat replaced by vegetable oils and rice bran fiber. *Meat Sci.* 82, 266–271.
- Choi, Y.S., Choi, J.H., Han, D.J., Kim, H.Y., Lee, M.A., Kim, H.W., Lee, J.W., Chung, H.J., Kim, C.J., 2010. Optimization of replacing pork back fat with grape seed oil and rice bran fiber for reduced-fat meat emulsion systems. *Meat Sci.* 84, 212–218.
- Claus, J.R., Hunt, M.C., 1991. Low-fat, high added water bologna formulated with texture-modifying ingredients. *J. Food Sci.* 56(3), 643-647.
- Cofrades, S., Guerra, M.A., Carballo, J., Fernández-Martín, F., Jiménez-Colmenero, F., 2000a. Plasma protein and soy fiber content effect on bologna sausage properties as influenced by fat level. *J. Food Sci.* 65(2), 281-287.
- Daviglus, M.L., Pirzada, A., He, K., 2008. Meat consumption and cardiovascular disease. *International Encyclopedia of Public Health*, 281-308.
- Demirbas, A., 2009. Progress and recent trends in biodiesel fuels. *Energ. Convers. Manage.* 50, 14-34.
- FAO – Food and Agriculture Organization, 2006. *The State of World Fisheries and Aquaculture 2006*. FAO Fisheries and Aquaculture Departments. FAO and Agriculture Organization of United Nations. Rome, Italy.
- Fernández-Ginés, J.M., Fernandez-Lopez, J., Sayas-Barbera, E., Sendra, E., Perez-Alvarez, J.A., 2004. Lemon albedo as a new source of dietary fiber: Application to bologna sausages. *Meat Sci.* 67(1), 7–13.
- García, M.L., Dominguez, R., Galvez, M.D., Casas, C., Selgas, M.D., 2002. Utilization of cereal and fruit fibres in low fat dry fermented sausages. *Meat Sci.* 60, 227–236.
- Grigelmo-Miguel, N., Abadias-Seros, M.I., Martin-Belloso, O., 1999. Characterization of low-fat high dietary fibre frankfurters. *Meat Sci.* 52(3), 247–256.
- Guillon, F., Champ, M.J., 2002. Carbohydrate fractions of legumes: uses in human nutrition and potential for health. *Br. J. Nutr.* 88(3), 293–306.

- Hand, L.W., Hollingsworth, C.A., Calkins, C.R., Mandigo, R.W., 1987. Effects of preblending, reduced fat and salt levels on frankfurters characteristics. *J. Food Sci.* 52(5), 1149-1151.
- Hermansen, K., Søndergaard, M., Høie, I., Carstensen, M., Brock, B., 2001. Beneficial Effects of a Soy-Based Dietary Supplement on Lipid Levels and Cardiovascular Risk Markers in Type 2 Diabetic Subjects. *Diabetes Care.* 24(2), 228-233.
- Hughes, E., Cofrades, S., Troy, D.J., 1997. Effects of fat level, oat fiber and carrageenan on frankfurters formulated with 5%, 12% and 30% fat. *Meat Sci.* 45(3), 273–281.
- Institute of Medicine, 2005. Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein, and Amino Acids (Macronutrients), (2005). National Academy of Sciences. Institute of Medicine. Food and Nutrition Board.
- Jiménez-Colmenero, F., 1996. Technologies for developing low-fat meat products. *Trends Food Sci. Technol.* 7, 41–48.
- Jiménez-Colmenero, F., 2007. Healthier lipid formulation approaches in meatbased functional foods. Technological options for replacement of meat fats by non-meat fats. *Trends Food Sci. Technol.* 18, 567-578.
- Jiménez-Colmenero, F., Cofrades, S., López-López, I., Ruiz-Capillas, C., Pintado, T., Solas, M.T., 2010. Technological and sensory characteristics of reduced/low-fat, low-salt frankfurters as affected by the addition of konjac and seaweed. *Meat Sci.* 84(3), 356-363.
- Keeton, J.T., 1994. Low-fat meat products – Technological problems with processing. *Meat Sci.* 36, 241–276.
- Lee, M. A., Han, D.J., Jeong, J.Y., Choi, J.H., Choi, Y.S., Kim, H.Y., Paik, H.D., Kim C.J., 2008. Effect of kimchi powder level and drying methods on quality characteristics of breakfast sausage. *Meat Sci.* 80(3), 708–714.
- Lin, J.H., Lin, Y.H., Kuo, C.C., 2002. Effect of dietary fish oil on fatty acid composition, lipid oxidation and sensory property of chicken frankfurters during storage. *Meat Sci.* 60, 161–167.
- Lin, K.W., Huang, H.Y., 2003. Konjac/gellan gum mixed gels improve the quality of reduced-fat frankfurters. *Meat Sci.* 65, 749–755.

- Lo G.S., Evans R.H., Phillips K.S., Dahlgren R.R., Steinke, F.H., 1987. Effect of soy fiber and soy protein on cholesterol metabolism and atherosclerosis in rabbits. *Atherosclerosis*. 64(1), 47-54.
- López-López, I., Cofrades, S., Jiménez-Colmenero, F., 2009. Low-fat frankfurters enriched with n-3 PUFA and edible seaweed: Effects of olive oil and chilled storage on physicochemical, sensory and microbial characteristics. *Meat Sci*. 83, 148–154.
- Lurueña-Martínez, M.A., Vivar-Quintana, A.M., Revilla, I., 2004. Effect of locust bean/xanthan gum addition and replacement of pork fat with olive oil on the quality characteristics of low-fat frankfurters. *Meat Sci*. 68, 383–389.
- Meilgaard, M., Civille, G.V., Carr, B.T., 1991. *Sensory Evaluation Techniques*, 2nd ed. Boca Raton (USA): CRC.
- Newell, G.J., MacFarlane, J.D., 1987. Expanded tables for multiple comparison procedures in the analysis of ranked data. *J. Food Sci*. 52, 1721–1725.
- Nunes, A.A., Franca, A.S., Oliveira, L.S., 2009. Activated carbons from waste biomass: An alternative use for biodiesel production solid residues. *Bioresour. Technol*. 100, 1786–1792.
- Pastoriza, L., Sampedro, G., 1994. Influence of ice storage on Ray (*Raja clavate*) wing muscle. *J. Sci. Food Agric*. 64(1), 9-18.
- Pfoertner, H.N., Fischer, J., 2001. Dietary fibres of lupins and other grain legumes, in: McCleary B.V., Prosky, L. (Eds.), *Advanced Dietary Fibre Technology*. Oxford, Blackwell Science Ltd, pp. 361–366.
- Pietrasik, Z., Janz, J.A.M., 2010. Utilization of pea flour, starch-rich and fiber-rich fractions in low fat bologna. *Food Res. Int*. 43(2), 602-608.
- Piñero, M.P., Parra, K., Huerta-Leidenz, N., Arenas de Moreno, L., Ferrer, M., Araujo, S., Barboza, Y., 2008. Effect of oat's soluble fibre (β -glucan) as a fat replacer on physical, chemical, microbiological and sensory properties of low-fat beef patties. *Meat Sci*. 80, 675–680.
- Roman, K., 2003. *From the Fryer to the Fuel Tank*, 3rd ed. New Orleans (USA): Joshua Tickell Media Productions.

- Serdaroğlu, M., Yıldız-Turp, G., Abrodímov, K., 2005. Quality of low-fat meatballs containing Legume flours as extenders. *Meat Sci.* 70, 99–105.
- Shih, I.L., Chen, L.G., Yu, T.S., Chang, W.T., Wang, S.L., 2003. Microbial reclamation of fish processing wastes for the production of fish sauce. *Enzyme Microb. Technol.* 33, 154–162.
- Slavin, J., 2004. Whole grains and human health. *Nutr. Res. Rev.* 17, 99–110.
- Thebaudin, J.Y., Lefebvre, A.C., Harrington, M., Bourgeois, M.C., 1997. Dietary fibres: Nutritional and technological interest. *Trends Food Sci. Technol.* 81, 41-48.
- Tornberg, E., Sjöholm, I., 2005. Vegetable fat replacement in meat products. World Intellectual Property Organisation, WO 2005/107500, A1, 2005.
- Turhan, S., Sagir, I., Ustun, N.S., 2005. Utilization of hazelnut pellicle in low-fat beef burgers. *Meat Sci.* 71(2), 312–316.
- Tushan Sanjeewa, W.G., Wanasundra, J.P.D., Pietrasik, Z., Shand, P.J., 2010. Characterization of chickpea (*Cicer arietinum L.*) flours and application in low-fat pork bologna as a model system. *Food Res. Int.* 43, 617–626.
- Valencia, I., O’Grady, M.N., Ansorena, D., Astiasarán, I., Kerry, J.P. 2008. Enhancement of the nutritional status and quality of fresh pork sausages following the addition of linseed oil, fish oil and natural antioxidants. *Meat Sci.* 80, 1046–1054.
- Yang, H.S., Choi, S.G., Jeon, J.T., Park, G.B., Joo, S.T., 2007. Textural and sensory properties of low fat pork sausages with added hydrated oatmeal and tofu as texture-modifying agents. *Meat Sci.* 75, 283–289.
- Yilmaz, I., 2004. Effects of rye bran addition on fatty acid composition and quality characteristics of low-fat meatballs. *Meat Sci.* 67, 245–249.
- Yilmaz, I., 2005. Physicochemical and sensory characteristics of low fat meatballs with added wheat bran. *J. Food Eng.* 69, 369–373.

Table 1

Batter formulations (g or ml for 100 g) of low-fat sausages with different levels of soybean fiber^A

Ingredients	Formulations				
	DF-0	DF-1.6	DF-2.4	DF-3.8	DF-4.5
Beef meat	21.2	20.3	19.9	19.1	18.7
Pork meat	21.2	20.3	19.9	19.1	18.7
Filleting waste pulp	38.2	36.7	35.9	34.4	33.8
Back fat	4.2	4.0	3.9	3.8	3.7
Soybean protein isolate	1.7	1.6	1.6	1.5	1.5
Starch	1.7	1.6	1.6	1.5	1.5
Soy fiber	0	3.7	5.4	8.7	10.2
Water	9.2	9.2	9.2	9.3	9.3

^A All formulations contained salt (1.0%), sodium tripolyphosphate (0.2%), seasoning mix (0.9%), sodium nitrite (0.3%), sodium erythorbate (0.2%), liquid smoke (0.01%) and natural coloring carmine (0.01%). DF-0 = 0% dietary fiber; DF-1.6 = 1.6% dietary fiber; DF-2.4 = 2.4% dietary fiber; DF-3.8 = 3.8% dietary fiber; DF-4.5 = 4.5% dietary fiber.

Table 2

Effect of soybean fiber level on the composition (g/100g wet matter) and caloric content (Kcal) of cooked low-fat sausages^A

Formulations	DF-0	DF-1.6	DF-2.4	DF-3.8	DF-4.5
Moisture	69.5 ± 0.4 ^a	67.3 ± 0.3 ^b	66.7 ± 0.2 ^b	65.1 ± 0.3 ^c	65.0 ± 0.26 ^c
Ash	1.9 ± 0.1 ^b	2.1 ± 0.0 ^a	2.1 ± 0.0 ^a	2.2 ± 0.0 ^a	2.1 ± 0.6 ^a
Protein	11.2 ± 0.2 ^c	11.6 ± 0.1 ^{bc}	11.5 ± 0.2 ^c	12.0 ± 0.0 ^{ab}	12.2 ± 0.2 ^a
Fat	10.7 ± 0.4	10.9 ± 0.3	10.3 ± 0.3	10.1 ± 0.3	9.9 ± 0.3
Total fiber*	0.00	1.6	2.4	3.8	4.5
Insoluble fiber*	0.00	1.55	2.27	3.65	4.28
Soluble fiber*	0.00	0.08	0.12	0.19	0.22
Caloric content	167.7 ± 2.6 ^a	167.8 ± 2.2 ^a	163.2 ± 1.9 ^{ab}	161.3 ± 2.3 ^{ab}	154.4 ± 4.3 ^b

^A All values are mean ± standard error of three replicates. DF-0 =0% dietary fiber; DF-1.6 = 1.6% dietary fiber; DF-2.4 = 2.4% dietary fiber; DF-3.8 = 3.8% dietary fiber; DF-4.5 = 4.5% dietary fiber.

^{a-c} Means within the same line that have no common superscript letters are different (P<0.05).

*Calculated from the content found in the soybean fiber and the amount of soybean fiber added in the sausage formulation.

Table 3Effect of soybean fiber level on the color parameters of cooked low-fat sausages^A

Formulations	L*	a*	b*	Chroma	Hue angle
DF-0	64.4 ± 0.7	14.2 ± 0.4	9.1 ± 0.2 ^d	16.9 ± 0.3 ^d	32.6 ± 1.1 ^c
DF-1.6	63.8 ± 0.4	14.2 ± 0.9	10.6 ± 0.2 ^c	17.8 ± 0.6 ^{cd}	37.0 ± 2.3 ^{bc}
DF-2.4	63.2 ± 0.6	14.1 ± 0.1	11.4 ± 0.7 ^{bc}	18.2 ± 0.4 ^{bc}	38.8 ± 2.1 ^{ab}
DF-3.8	63.0 ± 0.2	14.3 ± 0.3	12.9 ± 0.5 ^{ab}	19.3 ± 0.1 ^{ab}	41.9 ± 1.9 ^{ab}
DF-4.5	64.5 ± 1.1	14.2 ± 0.3	13.4 ± 0.3 ^a	19.5 ± 0.2 ^a	43.1 ± 1.4 ^a

^A All values are mean ± standard error of three replicates. DF-0 =0% dietary fiber; DF-1.6 = 1.6% dietary fiber; DF-2.4 = 2.4% dietary fiber; DF-3.8 = 3.8% dietary fiber; DF-4.5 = 4.5% dietary fiber.

^{a-d} Means within the same column that have no common superscript letters are different (P<0.05).

Table 4

Effect of soybean fiber level on the cooking loss, water holding capacity and emulsion stability of low-fat sausages^A

Formulations	Cooking loss (%)	Water holding capacity (%)	Emulsion stability	
			Total expressible fluid (%)	Fat loss (%)
DF-0	7.0 ± 0.3 ^a	32.9 ± 1.1	2.6 ± 0.5 ^a	9.4 ± 0.5
DF-1.6	4.8 ± 0.5 ^b	32.7 ± 1.9	2.2 ± 0.3 ^a	9.4 ± 0.4
DF-2.4	4.2 ± 0.5 ^b	33.5 ± 1.3	2.0 ± 0.3 ^a	9.6 ± 0.4
DF-3.8	2.2 ± 0.1 ^c	33.6 ± 3.6	0.7 ± 0.2 ^b	8.1 ± 0.6
DF-4.5	0.8 ± 0.3 ^d	32.9 ± 1.8	0.5 ± 0.1 ^b	8.0 ± 0.5

^A All values are mean ± standard error of three replicates. DF-0 =0% dietary fiber; DF-1.6 = 1.6% dietary fiber; DF-2.4 = 2.4% dietary fiber; DF-3.8 = 3.8% dietary fiber; DF-4.5 = 4.5% dietary fiber.

^{a-d} Means within the same column that have no common superscript letters are different (P<0.05).

Table 5Effect of soybean fiber level on the texture profile of cooked low-fat sausages^A

Formulations	Hardness (N)	Springiness (cm)	Cohesiveness (dimensionless)	Gumminess (N)	Chewiness (N • cm)
DF-0	36.4 ± 0.8 ^c	0.90 ± 0.01 ^a	0.71 ± 0.01 ^a	25.5 ± 1.0 ^c	22.9 ± 1.1 ^b
DF-1.6	48.8 ± 2.1 ^b	0.88 ± 0.01 ^{ab}	0.71 ± 0.01 ^a	35.5 ± 2.1 ^{ab}	30.5 ± 1.5 ^a
DF-2.4	51.5 ± 1.6 ^b	0.87 ± 0.01 ^{ab}	0.70 ± 0.01 ^a	35.3 ± 2.0 ^b	31.2 ± 1.5 ^a
DF-3.8	62.8 ± 3.5 ^a	0.85 ± 0.05 ^b	0.70 ± 0.01 ^a	44.0 ± 2.6 ^a	35.4 ± 2.2 ^a
DF-4.5	63.7 ± 2.9 ^a	0.81 ± 0.01 ^c	0.66 ± 0.01 ^b	41.5 ± 1.0 ^{ab}	34.4 ± 1.2 ^a

^A All values are mean ± standard error of three replicates. DF-0 =0% dietary fiber; DF-1.6 = 1.6% dietary fiber; DF-2.4 = 2.4% dietary fiber; DF-3.8 = 3.8% dietary fiber; DF-4.5 = 4.5% dietary fiber.

^{a-c} Means within the same column that have no common superscript letters are different (P<0.05).

Table 6

Effect of soybean fiber level on the sensory attributes of cooked low-fat sausages

Formulations	Color*	Texture*	Juiciness*	Overall acceptability**
DF-0	2.2 ± 0.2	4.4 ± 0.3 ^a	4.4 ± 0.3 ^a	50 ^a
DF-1.6	2.3 ± 0.2	3.9 ± 0.3 ^{ab}	3.9 ± 0.2 ^{ab}	45 ^a
DF-2.4	2.5 ± 0.3	3.8 ± 0.5 ^{ab}	3.3 ± 0.5 ^{bc}	39 ^{ab}
DF-3.8	2.2 ± 0.3	3.1 ± 0.4 ^b	2.6 ± 0.5 ^c	23 ^b
DF-4.5	2.0 ± 0.3	2.8 ± 0.3 ^b	2.2 ± 0.3 ^c	23 ^b

DF-0 = 0% dietary fiber; DF-1.6 = 1.6% dietary fiber; DF-2.4 = 2.4% dietary fiber; DF-3.8 = 3.8% dietary fiber; DF-4.5 = 4.5% dietary fiber.

*Evaluated using a structured seven-point scale provided with verbal descriptions at the end points: color (1=little intense; 7=very intense), texture (1=very firm; 7=very soft) and juiciness (1=very dry; 7=very juicy). Results are mean ± standard error (n = 12).

**Sum of scores of the ordering test (higher scores of acceptability were attributed to the most preferred sample). The critical value at 5% of significance for 12 panelists and 5 samples is 22, according to Newell and MacFarlane's Table.

^{a-c} Means within the same column that have no common superscript letters are different (P<0.05).

4 DISCUSSÃO

A salsicha é um dos mais tradicionais produtos cárneos embutidos do mundo (PEARSON & GILLETT, 1999) e trata-se de um alimento com elevado conteúdo de gordura (até 30%) (MAPA, 2000). Os pescados são importantes fontes de proteína e ricos em ácidos graxos poliinsaturados n-3 (FENNEMA, 2000; SUÁREZ-MAHECHA et al., 2002), os quais fornecem benefícios na melhora do perfil lipídico sanguíneo (LIU et al., 2003; RIVELLESE et al., 2003). Além disso, o processamento de pescados na indústria gera uma quantidade grande de resíduos, logrando sérios problemas ambientais (BRUSCHI, 200) e desperdício de partes do pescado ricas em gorduras benéficas à saúde (BOCHI et al., 2008). A legislação brasileira permite o uso de até 60% de carne mecanicamente separada (CMS) de bovinos, aves e suínos em substituição à matéria-prima cárnea em salsichas convencionais (MAPA, 2000). Porém, a utilização de CMS/polpa de pescado não está descrita na legislação brasileira. Além disso, o uso de grandes proporções de CMS em embutidos pode acarretar problemas de ordem sensorial ligados principalmente à textura e ao desenvolvimento de rancidez (TRINDADE et al., 2005).

Assim, foi proposto na primeira parte deste estudo (manuscrito 1), incrementar o valor nutricional das salsichas através da inclusão de ácidos graxos ômega-3, aliado à viabilização do aproveitamento de subprodutos da indústria de beneficiamento de pescados. Nesta parte do estudo (manuscrito 1), foram otimizadas e avaliadas características físico-químicas, tecnológicas e a vida útil de formulações de salsicha com alto e baixo teor de gordura, contendo, além de carne bovina e suína, resíduos da filetagem de jundiá.

A substituição de carne por resíduos da filetagem de jundiá em até 50% não afetou a umidade das salsichas com alta gordura. Assim, todas as formulações com alto teor de gordura mostraram valores de umidade dentro do máximo preconizado pela legislação brasileira (65%), enquanto que as formulações reduzidas em gordura ficaram com valores de umidade maiores que o permitido de 65% (MAPA, 2000). Somente as salsichas com alta gordura cumpriram a obrigatoriedade de presença

mínima de 12% de proteínas, estabelecida pelo MAPA (2000). Já nas formulações com baixa gordura, o conteúdo protéico foi menor devido à alta umidade dessas salsichas. No entanto, é importante ressaltar que o conteúdo de proteína destas formulações ficou muito próximo do estabelecido pelo MAPA (2000), ainda que levemente abaixo. A gordura não foi afetada pela adição de polpa de resíduo de pescado, porém a redução da gordura diminuiu em 20% o conteúdo calórico das formulações.

Foi verificada diferença significativa no conteúdo de gordura das formulações contendo alta e baixa gordura, entretanto, essa redução não foi tão expressiva quanto esperado, já que nas formulações contendo alta gordura foi adicionado 17% de gordura animal e nas contendo baixa gordura foi adicionado somente 4% de gordura animal (Table 4, Manuscrito 1). Isso pode ser explicado pelo fato de que ambas formulações com alta gordura (a controle e a contendo 25% PRF) mostraram grandes perdas no cozimento, $20,3 \pm 1,0\%$ e $16,7 \pm 3,9\%$, respectivamente. Ao contrário disso, a formulação de salsicha com baixa gordura (37% PRF e 4% gordura) mostrou uma perda no cozimento ($2,8 \pm 1,7\%$) muito inferior em comparação à formulação controle com alta gordura. Assim, sugere-se que a maior perda durante o cozimento tenha sido de gordura, fazendo com que a diferença no teor de gordura entre as salsichas com alta e baixa gordura não fosse tão grande quanto aquela encontrada na massa das duas salsichas (Table 2, Manuscrito 1).

A análise sensorial revelou que a substituição de carne por polpa de resíduos da filetagem reduziu os escores de cor das salsichas, o que pode ser explicado devido ao menor conteúdo de pigmentos heme no peixe do que na carne vermelha (CARDOSO et al., 2008). Além disso, a introdução da polpa de pescado elevou o escore de textura (1=desgostei muitíssimo; 7=gostei muitíssimo) e a aceitabilidade geral, avaliada por teste de ordenação de preferência, foi reduzida somente com a adição de 50% de polpa de pescado, não sendo detectado nas salsichas odor desagradável de peixe. Porém, somente as formulações contendo 37% de polpa de resíduo da filetagem de pescado e baixa gordura, e as com 25% de polpa de resíduo da filetagem de pescado e alta gordura apresentaram escores iguais ou maiores que seus controles, razão pela qual foram escolhidas para o restante das análises.

Quanto às características tecnológicas, estas foram melhoradas com a introdução de polpa de pescado e, principalmente, com a redução da gordura. Em ambas formulações contendo PRF (25% PRF com alta gordura; e 37% PRF com

baixa gordura) houve maior capacidade de ligar água e menor líquido exsudado, porém, a percentagem de gordura no líquido exsudado foi menor nas salsichas com menor teor de gordura, demonstrando maior estabilidade da emulsão nesta do que no controle. Além disso, esta formulação também apresentou menores perdas no cozimento do que a formulação controle.

Por ser de origem animal, a gordura utilizada na elaboração de salsichas convencionais é mais rica em ácidos graxos saturados comparada às carnes e à polpa de peixe (WOOD et al., 2003). O conteúdo de ácidos graxos C18:0; C18:1n9, C20:2 e a soma de ácidos graxos saturados encontrados na formulação contendo alta gordura e 25% de PRF não foi diferente daquele encontrado no seu controle. No entanto, o conteúdo de DHA, a soma de ácidos graxos n-3 e a razão (EPA+DHA)/C16:0 aumentaram com o acréscimo de polpa, sendo que esse aumento foi mais acentuado com adição de 37% de PRF e redução da gordura. Diante da elevação no conteúdo de ácidos graxos n-3, houve redução significativa da razão n-6/n-3, conforme foi acrescida a polpa e reduzida a gordura ($P < 0.05$). Ainda que não tenha sido atingida a razão n-6/n-3 preconizada pela Organização Mundial da Saúde e pela Sociedade Brasileira de nutrição (4:1), como ideal para consumo humano, este índice foi bastante melhorado nas formulações com polpa de peixe, quando comparado a formulação convencional (controle).

A Sociedade Internacional do Estudo de Ácidos Graxos e Lipídios (SIMOPOULOS, LEAF & SALEM, 1999) recomenda um consumo mínimo diário de 0,22g/dia de EPA+DHA. Diante dessa indicação, encontrou-se que uma porção de 100g da formulação de 25% de PRF e alta gordura forneceria 14% do consumo mínimo recomendado, enquanto que a mesma porção da formulação de 37% PRF com baixa gordura proveria até 27% dessa recomendação.

Os pescados são mais susceptíveis às reações de oxidação lipídica, comparados às carnes suína e de aves, pois possuem alto conteúdo de ácidos graxos insaturados (SÁNCHEZ-ALONSO et al, 2007), os quais, ao longo do tempo, sofrem redução em seu conteúdo em decorrência de reações como a lipólise e a peroxidação (ACKMAN et al., 1986). A estabilidade lipídica ocorrida nas salsichas foi avaliada pela mensuração de produtos primários (dienos conjugados e peróxidos) e produtos secundários da oxidação lipídica (substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico - TBARS).

Os valores de dienos conjugados nas formulações com alta gordura (25%PRF e controle) não mostraram mudanças durante o período de armazenamento refrigerado, enquanto que as salsichas com baixa gordura e 37% PRF tiveram aumento de dienos nos primeiros 7 dias, atingindo valores maiores que na formulação controle a partir do 7° dia. Já os valores de peróxidos aumentaram durante o armazenamento, mas esse aumento pareceu ser menos acentuado nas salsichas com baixa gordura e 37% PRF.

Assim, somente os produtos primários da oxidação (dienes e peróxidos) apresentaram aumento durante o armazenamento, não havendo mudanças significativas nos produtos secundários (TBARS) da oxidação lipídica, que permaneceram bem abaixo do considerado indicativo de boa conservação (3mg/kg; AL KAHTANI et al., 1996).

Apesar de a matéria-prima ter se apresentado em boas condições de conservação e a polpa de pescado ter sido obtida sob condições higiênicas, foram avaliadas as características microbiológicas das formulações de salsicha. Como a atividade de água está relacionada ao desenvolvimento de microorganismos, esse parâmetro foi determinado nas formulações, não apresentando mudanças significativas durante o armazenamento já que a variação foi entre 0,983 e 0,989. A contagem de mesófilos teve aumento significativo durante o armazenamento refrigerado ($P < 0,05$). As salsichas adicionadas de polpa de pescado apresentaram alta contagem de mesófilos no 14° dia, comparadas ao controle ($P < 0,05$). Porém, do 14° ao 21° dia, o controle apresentou aumento de sua contagem, sendo que a formulação com baixa gordura e 37% de polpa apresentou menor contagem que o controle no 21° dia. Já a partir do 28° dia, todas as formulações tiveram contagem de mesófilos similar ao controle. Apesar de não existir um limite microbiológico específico para salsichas, somente as formulações acrescidas de 25% de PRF com alta gordura excederam o valor usual de qualidade organoléptica (10^8 UFC/g) aos 42 dias de armazenamento refrigerado.

Quanto aos microrganismos psicotróficos, sua contagem nas formulações aumentou ao longo do período de armazenamento ($P < 0,05$). A contagem de psicotróficos nas salsichas adicionadas de PRF foi diferente do controle no 7° dia e mostrou grande aumento entre o 7° e 14° dias. Esse aumento de psicotróficos provavelmente está relacionado ao crescimento de bactérias lácticas, já que esteve

associado ao decréscimo de pH nesse período, o que ajuda a criar um ambiente desfavorável ao desenvolvimento de microorganismos patogênicos (NIELSEN & ZEUTHEN, 1985). As maiores contagens de psicotróficos foram apresentadas pelas salsichas com polpa de pescado em relação ao controle ($P < 0,05$). Estas formulações também apresentaram valor de pH superior ao do controle, o que sugere que neste caso a maior contagem não estaria relacionada a bactérias ácido lácticas, mas poderia representar a presença de microorganismos deteriorantes nas formulações com pescado .

Esses resultados indicam que a polpa obtida a partir de resíduos da filetagem pode ser usada para desenvolver produtos cárneos novos e mais saudáveis, além de ser uma valiosa alternativa para a agregação de valor a esse subproduto.

Diante de consumidores cada vez mais conscientes e voltados à melhora da qualidade de vida, as salsichas convencionais já não são uma boa alternativa de consumo. A adição máxima permitida pela legislação de altos teores de gordura (até 30%) de origem animal (MAPA, 2000), a qual é pobre em ácidos graxos poliinsaturados (BRAGAGNOLO & RODRÍGUES AMAYA, 2002), e o desprovimento de fibra alimentar fornecem um produto escasso em características nutricionais benéficas à saúde a esses consumidores. Além de incrementar o valor nutricional quanto ao conteúdo de ácidos graxos ômega-3, o teor nutricional em relação às gorduras e ao conteúdo de fibras também foi otimizado. Assim, diante dos altos escores de aceitação; do valor nutricional e de características tecnológicas vantajosas; e de a oxidação lipídica não ter sido acelerada, salsichas contendo até 37% de PRF e com baixa gordura foram selecionadas para a continuação deste trabalho, que se deu pela introdução de fibras às salsichas. Assim, foram avaliadas características físico-químicas, tecnológicas, texturais e sensoriais de formulações de salsicha mistas à base de carne vermelha/pescado com baixa gordura, as quais continham quatro diferentes níveis de inclusão de fibra de soja. O objetivo da análise foi viabilizar o aproveitamento de subprodutos do processamento da soja nas salsichas à base de carne/pescado. A fibra de soja foi escolhida tendo em vista, que este grão tem sido o mais utilizado como fonte de óleo para a produção de biodiesel, o que tem aumentado grandemente a quantidade de subprodutos (DEMIRBAS, 2009). Estes subprodutos são ricos em proteína e fibra, e atualmente muito empregados na alimentação animal. No entanto, o seu aproveitamento na

alimentação humana poderia agregar valor a estes subprodutos, além de contribuir para a sustentabilidade de cadeia produtiva do biodiesel.

Por ter sido a formulação que apresentou as melhores características nutricionais, tecnológicas e sensoriais (manuscrito 1), a formulação contendo 37% de polpa de resíduo da filetagem de jundiá e gordura reduzida foi escolhida como formulação básica para as salsichas formuladas no manuscrito 2. Porém, como no segundo trabalho queríamos avaliar o efeito da fibra de soja, a fibra de trigo usada nessa formulação no manuscrito 1, foi excluída da formulação no manuscrito 2, fazendo com que as quantidades do restante dos ingredientes fossem aumentadas proporcionalmente, resultando em maior quantidade de polpa na formulação controle do manuscrito 2 que na formulação contendo 37% de polpa e gordura reduzida do manuscrito 1. Neste segundo trabalho a fibra de soja foi adicionada substituindo parcialmente as carnes vermelhas, a polpa de resíduo da filetagem, a gordura, a proteína isolada de soja e o amido. Foram selecionados os níveis de inclusão de fibra de soja entre 3,7 e 10,2%, para resultar em níveis de fibra alimentar entre 1,6 e 4,5%, pois, segundo a legislação brasileira de rotulagem de alimentos, alimentos contendo acima de 3% de fibra alimentar podem ser rotulados, como “produto fonte de fibras” (ANVISA, 1998). É permitida pela legislação brasileira a adição de até 4% de proteínas não-cárnicas nas salsichas convencionais (exceto Viena e Frankfurt) (MAPA, 2000). Sendo assim, como a fibra de soja é rica em proteínas (em torno de 27%), sua introdução nas formulações de salsicha não pode ultrapassar esse teor máximo estipulado. Deste modo, o conteúdo de proteína do isolado de soja e o conteúdo de proteína da fibra de soja de todas as formulações foi somado tomando-se o cuidado para que não fosse ultrapassado o limite de 4%. Assim, todas as formulações se encontraram dentro dos limites estabelecidos pela legislação para os conteúdos de proteínas não-cárnicas.

As salsichas mistas à base de carne/pescado mostraram redução linear no conteúdo de umidade com a adição de fibra de soja, sendo que a adição de 3,8 e 4,5% de fibra permitiu atingir os valores de umidade máxima (65%) e proteína mínima (12%) estipulados pela legislação brasileira (MAPA, 2000), os quais não eram atendidos pela formulação controle com redução de gordura, com ou sem adição de pescado (manuscrito 1). Entretanto, o conteúdo de carboidratos totais (obtido por diferença) foi maior que o limite de 7% estabelecido pela legislação em todas as formulações com fibra (8,2 a 10,7%, dados não mostrados). Considerando

que a legislação vigente foi estabelecida para os produtos convencionais existentes no mercado atualmente, e que a fibra alimentar está incluída na fração de carboidratos totais, é possível que o desenvolvimento de embutidos cárneos enriquecidos em fibra impulse uma revisão da legislação. Já os valores de gordura estiveram dentro do que prevê o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Salsichas (MAPA, 2000). Além disso, a A_w , o pH e o teor de gordura não foram afetados pela inclusão de fibra de soja.

O consumo ideal de fibra total recomendado pelo “Institute of Medicine” (2005) para uma população adulta saudável é de 25g/dia para mulheres e 38g/dia para homens. Sendo assim, uma porção de 100g (2 unidades) de salsicha mista à base de carne/pescado com baixo teor de gordura, adicionada de 1,6; 2,4; 3,8 e 4,5% de fibra alimentar poderia fornecer, respectivamente, 6,4; 9,6; 15,2 e 18% da ingestão diária recomendada de fibra total para uma população adulta saudável feminina. Já para a população masculina, esses mesmos níveis de adição de fibra alimentar poderiam fornecer até 12% da recomendação diária de fibra total: 4,2; 6,3; 10; 11,8%; respectivamente. Especificamente para a população brasileira, o Ministério da Saúde recomenda um consumo diário de 25g de fibra alimentar, sendo fornecido até 18% em uma porção de 100g de salsicha introduzida do máximo nível de adição de fibra alimentar (4,5%).

A cor é um dos principais atributos de qualidade, constituindo-se na primeira impressão que o consumidor tem de um determinado produto. Assim, foi avaliado o efeito da adição de fibra de soja nos parâmetros de cor das salsichas com baixa gordura. A tendência ao amarelo (b^*), saturação (chroma) e ângulo de cor (hue) foram afetados pela incorporação de fibra alimentar. A tendência ao amarelo foi significativamente maior em todas as formulações com fibra; enquanto que a saturação e o ângulo de cor mostraram valores maiores que o controle ($P < 0,05$) somente a partir da adição de 2,4% ou mais de fibra de soja. O aumento do ângulo de cor (de 32 para 43°) indicou aumento da tendência à cor amarela. Como encontrado na adição de farelo de centeio em salsichas com reduzida gordura (YILMAZ, 2004), esse fato pode ser devido aos pigmentos carotenóides encontrados na soja.

As fibras podem ser usadas nos embutidos cárneos para aumentar o rendimento na cocção, devido a sua habilidade em reter água e gorduras (THEBAUDIN, 1997). As características tecnológicas de perda no cozimento e

estabilidade da emulsão foram melhoradas com a incorporação da fibra de soja nas formulações de salsicha com baixa gordura. Apesar da estabilidade da emulsão ter sido significativamente melhorada somente nas formulações adicionadas de 3,8% ou mais de fibra alimentar, a perda no cozimento foi significativamente menor em todas as formulações adicionadas de fibra, comparadas ao controle.

Ainda que a formulação controle (contendo 37% PRF e gordura reduzida) do manuscrito 2 tenha sido baseada na formulação contendo 37% PRF e gordura reduzida do manuscrito 1, estas duas formulações não iguais, pois no artigo 2 foi excluída a fibra de trigo desta formulação, o que fez com que a proporção de alguns dos outros ingredientes também mudasse levemente, conforme discutido anteriormente. Assim as discrepâncias nas características tecnológicas entre as duas formulações estão relacionadas a esta diferença de composição. A menor perda no cozimento e maior capacidade de ligar água da formulação no manuscrito 1 em relação ao manuscrito 2, provavelmente se deve à fibra de trigo que foi adicionada apenas no primeiro. Já a menor estabilidade da emulsão dessa formulação no manuscrito 1 em relação ao manuscrito 2 se deve ao fato de que no primeiro, as formulações foram desenvolvidas em processador de alimentos doméstico, enquanto que no segundo, elas foram elaboradas em minicutter, proporcionando melhora da estabilidade da emulsão no segundo em função dessa melhor incorporação dos ingredientes com esse equipamento.

A incorporação de fibras produz modificações de textura e de estabilidade em produtos alimentícios (THEBAUDIN, 1997). Assim, as características de textura foram afetadas pela adição de fibra de soja nas salsichas mistas à base carne/pescado com baixa gordura. Dureza, gomabilidade e mastigabilidade aumentaram, enquanto que elasticidade e coesividade diminuíram com a introdução de fibra. Assim, a adição de fibra tornou as salsichas avaliadas menos elásticas e mais firmes em relação ao controle. Porém, essa diferença na elasticidade só foi evidenciada com a adição de 3,8% ou mais de fibra alimentar.

As mudanças no perfil de textura podem resultar em significativas mudanças na avaliação sensorial dos alimentos. Deste modo, as salsichas com baixo teor de gordura à base de carne/pescado adicionadas de 3,8% ou mais de fibra alimentar foram avaliadas pelo painel treinado como tendo textura significativamente mais firme que o controle. Já a suculência foi significativamente reduzida com a introdução de 2,4% ou mais de fibra. Assim, as salsichas adicionadas de 1,6-2,4%

de fibra alimentar obtiveram aceitação global semelhante ao controle, enquanto que a adição de 3,8% ou mais de fibra alimentar reduziu significativamente sua aceitação.

5 CONCLUSÕES

Os resultados desse trabalho demonstraram a viabilidade nutricional, tecnológica de salsichas mistas elaboradas com subprodutos obtidos da indústria de processamento de pescados e de grãos, polpa de resíduos da filetagem de jundiá e fibra de soja, tendo sido possível obter produtos sensorialmente equivalentes aos convencionais produzidos com carne vermelha e elevado teor de gordura.

*É possível substituir a carne vermelha por polpa de resíduos da filetagem de jundiá obtendo salsichas com aceitação sensorial semelhante a do controle, tanto em formulações contendo o teor convencional de gordura (até 25% de polpa de jundiá), quanto em formulações contendo gordura reduzida (37% de polpa de jundiá).

*A substituição da carne vermelha por polpa de jundiá (em níveis sensorialmente aceitos) resulta em aumento do valor nutritivo (maior conteúdo de EPA+DHA e menor razão n-6/n-3) e melhoria das características tecnológicas das salsichas, especialmente nas formulações com gordura reduzida.

*A substituição da carne vermelha por polpa de jundiá (em níveis sensorialmente aceitos) não acelera a oxidação lipídica das salsichas durante o armazenamento refrigerado. Embora a adição de polpa de jundiá também reduza a vida útil das salsichas avaliada pela contagem de mesófilos, alguns cuidados devem ser tomados com a estabilidade microbiológica, uma vez que as formulações contendo polpa de pescado apresentaram contagem de psicrotrofos ligeiramente maior durante o armazenamento refrigerado.

*A adição de fibra de soja a salsichas mistas de carne/pescado com gordura reduzida aumenta intensidade da coloração amarela e a dureza, e reduz a elasticidade.

*A adição de fibra de soja confere vantagens tecnológicas as salsichas mistas com gordura reduzida, tais como redução das perdas no cozimento e aumento da estabilidade da emulsão.

*A modificação na textura é o fator limitante para a aceitação sensorial de salsichas com adição de fibra, sendo possível incorporar até 2,4% de fibra alimentar de soja (5,4% de farinha rica em fibra) em salsichas mistas à base de carne/pescado com gordura reduzida, sem modificação na sua aceitação.

*É possível atender entre 6,5 e 10% da recomendação diária de fibras para adultos saudáveis dos sexos masculino e feminino, respectivamente, com a ingestão de uma porção de 100g da salsicha mista que apresentou aceitação sensorial equivalente a do controle (2,4% de fibra alimentar de soja).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACKMAN, R.G.; TAKEUCHI, T. Comparison of fatty acids and lipids of smolting hatchery fed and wild atlantic salmon *Salmo salar*. **Lipids**, v. 21, p. 117-120, 1986.

ALEMDAR, A.; SAIN, M. Isolation and characterization of nanofibers from agricultural residues – Wheat straw and soy hulls. **Bioresource Technology**, v. 99, p. 1664–1671, 2008.

AL-KAHTANI, H. A.; ABU-TARBOUSH, H. M.; BAJABER, A. S.; ATIA, M.; ABOU-ARAB, A.-A.; EL-MOJADDIDI, M.-A. Chemical changes after irradiation and post-irradiation storage in tilapia and Spanish mackerel. **Journal of Food Science**, v. 91, p. 729–733, 1996.

ANVISA. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução CNNPA n. 14, de 28 de junho de 1978. Estabelece o Padrão de Identidade e Qualidade para Farinha Desengordurada de Soja, Proteína Texturizada de Soja, Proteína Concentrada de Soja, Proteína Isolada de Soja e Extrato de Soja. **Diário Oficial da União**, Brasília, 28 de agosto de 1978. Seção 1. pt. 1, 1978.

_____. Portaria n. 1.004, de 11 de dezembro de 1998. Aprova o Regulamento Técnico: "Atribuição de Função de Aditivos, Aditivos e seus Limites Máximos de uso para a Categoria 8 - Carne e Produtos Cárneos", constante do Anexo desta Portaria. **Diário Oficial da União**; Poder Executivo, Brasília, 14 de dezembro de 1998, Seção 1, p. 28, 1998.

_____. Portaria n. 27, de 13 de janeiro de 1998. Aprova o Regulamento Técnico referente à Informação Nutricional Complementar (declarações relacionadas ao conteúdo de nutrientes), constantes do anexo desta Portaria. **Diário Oficial da União**; Poder Executivo, Brasília, 16 de janeiro de 1998.

_____. Resolução RDC n. 34, de 09 de março de 2001. Aprova o "Regulamento Técnico que aprova o uso de Aditivos Alimentares, estabelecendo suas funções e seus limites máximos para a Categoria de Alimentos 21: Preparações culinárias industriais". **Diário Oficial da União**; Poder Executivo, Brasília, 12 de março de 2001, Seção 1, 2001.

_____. Resolução n. 2, de 15 de janeiro de 2007. Aprova o Regulamento Técnico sobre Aditivos Aromatizantes", que consta como Anexo da presente Resolução. **Diário Oficial da União**; Poder Executivo, Brasília, 17 de janeiro de 2007, Seção 1, 2007.

AYO, J. et al. Physicochemical and sensory properties of healthier frankfurters as affected by walnut and fat content. **Food Chemistry**, v. 107, n. 4, p. 1547–1552, 2008.

AYO, J. et al. Effect of total replacement of pork backfat with walnut on the nutritional profile of frankfurters. **Meat Science**, v. 77, p. 173-181, 2007.

BAGGER, C. L. et al. Biorefining lupin seeds to obtain high value protein concentrates and isolates. In: PROCEEDINGS OF THE 3RD EUROPEAN CONFERENCE ON GRAIN LEGUMES, 14., 1998, Valladolid, Spain. **Anais...** Paris: AEP Editions, 1998. p. 48-49.

BALDISEROTTO, B.; RADÜNZ NETO, J. **Criação de Jundiá**. Santa Maria: Ed. UFSM, 2004. 227 p.

BATISTA, F. Biodiesel aumenta esmagamento de soja. **Gazeta Mercantil**, São Paulo, 05 dez. 2007. Disponível em: <<http://www.biodieselbr.com/noticias/em-foco/biodiesel-incrementa-esmagamento-soja-05-12-07.htm>>. Acesso em: 07 mai 2008.

BELITZ, H.-D.; GROSCH, W. **Química de los alimentos**. 2. ed. Zaragoza: Acribia, 1997. 1087 p.

BELDA, M. C. R.; POURCHET-CAMPOS, M. A. Ácidos graxos essenciais em nutrição: uma visão atualizada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 11, n. 1, p. 5-35, 1991.

BENJAKUL, S. et al. Effect of frozen storage on chemical and gel-forming properties of fish commonly used for surimi production in Thailand. **Food Hydrocolloids**, v. 19, p. 197–207, 2005.

BENTIS, C. A.; ZOTOS, A.; PETRIDIS, D. Production of fish-protein products (surimi) from small pelagic fish (*Sardinops pilchardus*) underutilized by the industry. **Journal of Food Engineering**, v. 68, p. 303–308, 2005.

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

BOCHI, V. C. et al. Fishburgers with silver catfish (*Rhamdia quelen*) filleting residue. **Bioresource Technology**, v. 99, p. 8844–8849, 2008.

BONACINA, M.; QUEIROZ, M. I. Elaboração de empanado a partir da corvina. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, p. 544-552, 2007.

BRAGAGNOLO, N.; RODRÍGUEZ-AMAYA, D. B. Simultaneous determination of total lipid, cholesterol and fatty acids in meat and backfat of suckling and adult pigs. **Food Chemistry**, v. 79, p. 255–260, 2002.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Coordenação-Geral da Política de Alimentação e Nutrição. **Guia alimentar para a população brasileira, 2005**. Brasília, 2005. 283 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Decreto n. 30691, de 29 de março de 1952. Aprova o novo Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA). **Diário Oficial da União**, Brasília, 07/07/1952, Seção 1, p. 10785, 1952.

_____. Portaria n. 795, de 15 de dezembro de 1993. Aprova as Normas de Identidade, Qualidade, Embalagem, Marcação e Apresentação do Óleo e do Farelo de Soja. **Diário Oficial da União**, Brasília 20/12/1993, Seção 1, p. 19737, 1993.

_____. Instrução normativa n. 4, de 31 de março de 2000. Aprova os Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade de Carne Mecanicamente Separada, de Mortadela, de Lingüiça e de Salsicha. **Diário Oficial da União**, Brasília 05/04/2000, Seção 1, p. 6-10, 2000.

_____. Instrução normativa n. 51, de 29 de dezembro de 2006. “Adota o Regulamento Técnico de Atribuição de Aditivos, e seus Limites das seguintes Categorias de Alimentos 8: Carne e Produtos Cárneos”. **Diário Oficial da União**, Brasília, 04/01/2007, Seção 1, p. 14, 2006.

BROUGHTON, K. S. et al. Reduced asthma symptoms with n-3 fatty acid ingestion are related to 5-series leukotriene production. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 65, n. 4, p. 1011-1017, 1997.

BRUSCHI, F. L. F. **Rendimento, composição química e perfil de ácidos graxos de pescados e seus resíduos: uma comparação.** 2001. 65 f. Monografia (Graduação em Oceanografia) - Universidade do Vale do Itajaí, Itajaí, 2001.

BUNGE BRASIL, Site da empresa. Disponível em: <<http://www.bungealimentos.com.br/home/default.asp>>. Acesso em: 15 jan. 2009.

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

CARNEIRO, P. C. F. et al. Live and formulated diet evaluation through initial growth and survival of jundiá larvae, *Rhamdia quelen*. **Scientia Agrícola**, v. 60, n. 4, p. 615-619, 2003.

CARDOSO, C.; MENDES, R.; NUNES, M. L. Development of a healthy low-fat fish sausage containing dietary fibre. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 43, p. 276–283, 2008.

CARVALHO, P. O. et al. Aplicação de lipases microbianas na obtenção de concentrados de ácidos graxos poliinsaturados. **Química Nova**, v. 26, n. 1, p. 75-80, 2003.

CHEMPKA, M. Y. S.; BABJI, A. Effect of non-meat proteins, soy protein isolate and sodium caseinate, on the textural properties of chicken bologna. **International Journal of Food Science and Nutrition**, v. 47, p. 323–329, 1996.

CHO, B. H. S.; EGWIM, P. O.; FAHEY, G. C. Jr. Plasma lipid and lipoprotein cholesterol levels in Swine Modification of protein-induced response by added cholesterol and soy fiber. **Atherosclerosis**, v. 56, n.1, p. 39-49, 1985.

CHOI, Y-S. et al. Characteristics of low-fat meat emulsion systems with pork fat replaced by vegetable oils and rice bran fiber. **Meat Science**, v. 82, p. 266–271, 2009.

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

COFRADES, S. et al. Plasma Protein and Soy Fiber Content Effect on Bologna Sausage Properties as Influenced by Fat Level. **Journal of Food Science: Food Chemistry and Toxicology**, v. 65, n. 2, p. 281-287, 2000.

COFRADES, S.; TROY, D. J.; HUGHES, E. The effect of fat level on textural characteristics of low-fat emulsion type meat products. In: PROCEEDINGS OF THE 41ST INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 20., 1995, San Antonio, USA. **Anais...** San Antonio: [s.n.], 1995. p. 66-67.

COLONNA, P.; GUEGUEN, J.; MERCIER, C. Pilot scale preparation of starch and cell wall material from *Pisum sativum* and *Vicia faba*. **Sciences des Aliments**, v. 1, p. 415-426, 1981.

COSTA, N. M. B.; PELUZIO, M. C. G. **Nutrição básica e metabolismo**. Viçosa: UFV, 2008. 400 p.

COULTATE, T. P. **Alimentos: a química de seus componentes**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 328 p.

CUPPARI, L. **Nutrição clínica no adulto**. 2. ed. Barueri: Manole, 2005. 474 p.

DEMIRBAS, A. Progress and recent trends in biodiesel fuels. **Energy Conversion and Management**, v. 50, p. 14-34, 2009.

DUBOIS, C. et al. Effects of pea and soybean fibre on postprandial lipaemia and lipoproteins in healthy adults. **European Journal of Clinical Nutrition**, v. 47, p. 508-520, 1993.

EMBRAPA SOJA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2009. **A soja**. Disponível em: <http://www.cnpso.embrapa.br/index.php?op_page=22&cod_pai=16>. Acesso em: 29 set. 2009.

FAO/WHO. FOOD ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS/ WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Preparation and use of food-based dietary guidelines. Annex three - The scientific basis for diet, nutrition and health relationships**. Genova: Nutrition Programme – WHO Geneva, 1996.

FAO/WHO. FOOD AND AQUACULTURAL ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS/ WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Síntesis Regional del Desarrollo**

de la Acuicultura 1. América Latina y el Caribe – 2005. Rome, 2006. 194 f. (FAO Circular de Pesca, n. 1017/1).

_____. **Codex standard quick frozen blocks of fish fillet, minced fish flesh and mixtures of fillets and minced flesh.** Codex Standard: 165-1989. Rev. 1, 1995. Disponível em: <http://www.codexalimentarius.net/web/index_en.jsp>. Acesso em: 06 out. 2009.

_____. **El Estado Mundial de la Pesca y la Acuicultura (2008).** 198 f. Rome, 2009. Disponível em: <<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/011/i0250s/i0250s.pdf>>. Acesso em: 16 set. 2009.

FENNEMA, R. O. **Química de los Alimentos**, 3. ed. Zaragoza, Spain: Acríbia, 2000. 1258 p.

FERNÁNDEZ-GINES, J. M. et al. Lemon albedo as a new source of dietary fiber: Application to bologna sausages. **Meat Science**, v. 67, p. 7–13, 2004.

FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J. et al. Physico-chemical and microbiological profiles of “salchichón” (Spanish dry-fermented sausage) enriched with orange fiber. **Meat Science**, v. 80, p. 410–417, 2008.

FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J. et al. Orange fibre as potential functional ingredient for dry-cured sausages. **European Food Research and Technology**, v. 226, n. 1–2, p. 1–6, 2007.

FERNÁNDEZ-MARTÍN, F. et al. Characteristics of pressurised pork meat batters as affected by addition of plasma proteins, apple fibre and potato starch. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 80, n. 8, p. 1230–1236, 2000.

FERREIRA, S. M. R.; CAMARGO, L. Aditivos em Alimentos. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 11, n. 2, p. 159-175, 1993.

FOGAÇA, F. H. S. **Caracterização do surimi de tilápia do Nilo: morfologia e propriedades físicas, químicas e sensoriais.** 2009. 60 f. Tese (Doutorado em Aquicultura) – UNESP, Jaboticabal, São Paulo, 2009.

FRACALOSSO, D. M. et al. Desempenho do jundiá, *Rhamdia quelen*, e do dourado, *Salminus brasiliensis*, em viveiros de terra na região sul do Brasil. **Acta Scientiarum**, v. 26, n. 3, p. 345-352, 2004.

GARCÍA, M. L.; CÁCERES, E.; SELGAS, M. D. Utilisation of fruit fibres in conventional and reduced-fat cooked-meat sausages. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 87, n. 4, p. 624–631, 2007.

GAVA, A. J. **Princípios de tecnologia de alimentos**. 1. edição. São Paulo: Nobel, 2002. 284 p.

GÓMEZ, M. E. D. **Modulação da composição de ácidos graxos poliinsaturados ômega 3 de ovos e tecidos de galinhas poedeiras, através da dieta. I. Estabilidade oxidativa**. 2003. 129 f. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

GRIGELMO, N.; ABADÍAS, M. I.; MARTÍN, O. Characterization of low-fat high-dietary fibre frankfurters. **Meat Science**, v. 52, p. 247-256, 1999.

GUEGUEN, J. Legume seed protein extraction, processing and end product characteristics. **Qualitas Plantarum Plant Food and Human Nutrition**, v. 32, p. 267–303, 1983.

GUILLON, F.; CHAMP, M. M. J. Carbohydrate fractions of legumes: uses in human nutrition and potential for health. **British Journal of Nutrition**, v. 88, n. 3, p. 293–306, 2002.

HERMANSEN, K. et al. Beneficial Effects of a Soy-Based Dietary Supplement on Lipid Levels and Cardiovascular Risk Markers in Type 2 Diabetic Subjects. **Diabetes Care**, v. 24, n. 2, p. 228-233, 2001.

HORROCKS, L. A.; YEO, Y. K. Health benefits of docosahexaenoic acid (DHA). **Pharmacological Research**, v. 40, n.3, p. 211-225, 1999.

IOM. INSTITUTE OF MEDICINE OF THE NATIONAL ACADEMIES. **Dietary Reference Intakes: energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein and amino acids**. Washington, DC: National Academic Press, 2002. 1331 p.

_____. **Dietary reference intakes for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein, and amino acids (Macronutrients) 2005**. Washington: National Academy Press, 2005. Disponível em: <http://books.nap.edu/openbook.php?record_id=10490>. Acesso em: 14 out. 2009.

ISBILEN, B.; FRASER, S. P.; DJAMGOZ, M. B. A. Docosahexaenoic acid (omega-3) blocks voltage-gated sodium channel activity and migration of MDA-MB-231 human breast cancer cells. **The International Journal of Biochemistry & Cell Biology**, v. 38, p. 2173–2182, 2006.

JAMES, M. L.; CLELAND, L. G. Dietary n-3 fatty acids and therapy for rheumatoid arthritis. **Seminars in Arthritis and Rheumatism**, v. 27, n.2, p. 85-97, 1997.

JIMENEZ-COLMENERO, F. Relevant factors in strategies for fat reduction in meat products. **Trends in Food Science and Technology**, v. 11, p. 56–66, 2000.

JOBLING, M. et al. Influence of a dietary shift on temporal changes in fat deposition and fatty acid composition of Atlantic salmon post-smolt during the early phase of seawater rearing. **Aquaculture Research**, v. 33, p. 875–889, 2002.

JOHNSON, L. A. Processing and utilizing soybean meal. In: BARRERA-ARELLANO, D. et al. **Proceedings of the Latin American Congress and exhibition on fats and oils processing**. Campinas: SBOG, 1995. 20 p.

JUDÉ, S. et al. Dietary long-chain omega-3 fatty acids of marine origin: A comparison of their protective effects on coronary heart disease and breast cancer. **Progress in Biophysics and Molecular Biology**, v. 90, p. 299-325, 2006.

KATSARAS, K.; PEETZ, P. Soy protein. Effects on the technological and morphological properties of bologna type frankfurters. **Fleischwirtschaft**, v. 74, p. 839–842, 1994.

KEETON, J. T. Low-fat meat products – Technological problems with processing. **Meat Science**, v. 36, p. 241–276, 1994.

KIRSCHNIK, P. G. **Avaliação da estabilidade de produtos obtidos de carne mecanicamente separada de tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*)**. 2007. 92 f. Tese (Doutorado em Aquicultura) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2007.

KRIS-ETHERTON, P. M. et al. Polyunsaturated fatty acids in the food chain in the United States. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 71, p. 179–188, 2000.

KUBOTA, E. H.; EMANUELLI, T. Processamento do pescado. In: BALDISSEROTO, B.; RADÜNZ NETO, J. (Orgs.). **Criação de Jundiá**. Santa Maria: Ed. UFSM, 2004. cap. 11, p. 201-222.

LAZZARI, R. et al. Diferentes fontes protéicas para a alimentação do jundiá (*Rhamdia quelen*). **Ciência Rural**, v. 36, n. 1, p. 240-246, 2006.

LIENER, I. E. Implications of antinutritional components in soybean foods. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 34, n. 1, p. 31-67, 1994.

LIN, J-H.; LIN, Y-H.; KUO, C-C. Effect of dietary fish oil on fatty acid composition, lipid oxidation and sensory property of chicken frankfurters during storage. **Meat Science**, v. 60, p. 161–167, 2002.

LIU, K. **Soybeans**: chemistry, technology and utilization. New York: Chapman & Hall Food Science, 1997. 532 p.

LIU, M. et al.. Effects of stable fish oil and simvastatin on plasma lipoproteins in patients with hyperlipidemia. **Nutrition Research**, v. 23, p. 1027–1034, 2003.

LO, G. S. et al. Effect of soy fiber and soy protein on cholesterol metabolism and atherosclerosis in rabbits. **Atherosclerosis**, v. 64, n. 1, p. 47-54, 1987.

LO, G. S. et al. Soy fiber improves lipid and carbohydrate metabolism in hyperlipidemic subjects. **Atherosclerosis**, n. 62, p. 239-248, 1986.

LO, G. S.; COLE, T. G. Soy cotyledon fibre products reduce plasma lipids. **Atherosclerosis**, v. 82, p. 59–67, 1990.

LÓPEZ-LÓPEZ, I.; COFRADES, S; JIMÉNEZ-COLMENERO, F. Low-fat frankfurters enriched with n₃ PUFA and edible seaweed: Effects of olive oil and chilled storage on physicochemical, sensory and microbial characteristics. **Meat Science**, v. 83, p. 148–154, 2009.

LORGERHIL, M. et al. Mediterranean alpha-linolenic acid rich diet in secondary prevention of coronary heart disease. **Lancet**, v. 343, n. 8911, p.1454-1459, 1994.

LURUEÑA-MARTÍNEZ, M. A.; VIVAR-QUINTANA, A. M.; REVILLA, I. Effect of locust bean/xanthan gum addition and replacement of pork fat with olive oil on the quality characteristics of low-fat frankfurters. **Meat Science**, v. 68, p. 383–389, 2004.

MADAR, Z. et al. Effect of consuming soybean dietary fiber on fasting and postprandial glucose and insulin level in type II diabetes. **Journal of Clinical Biochemistry and Nutrition**, n. 4, p. 165–173, 1988.

MAIA, W. M. **Adequação do processamento de silagens de resíduos de tilápia, caracterização dos lipídios e da fração seca em pó**. 1998. 116 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 1998.

MARCHI, J. F. **Desenvolvimento e avaliação de produtos à base de polpa e surimi produzidos a partir de tilápia Nilótica, *Oreochromis niloticus***. 1997. 85 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997.

MARTIN, C. A. et al. Ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 e ômega-6: importância e ocorrência em alimentos. **Revista de Nutrição**, v. 19, n. 6, p. 761-770, 2006.

MEYER, G.; FRACALOSSI, D. M. Estimation of jundiá (*Rhamdia quelen*) dietary amino acid requirements based on muscle amino acid composition. **Scientia Agrícola**, v. 62, p. 401-405, 2005.

MIYAKASA, S.; MEDINA, J. C. **A soja no Brasil**. 1. ed. [S.l: s.n.], 1981. 1062 p.

MONTEIRO, C. A. (Org.). **Velhos e novos males da saúde no Brasil: a evolução do país e de suas doenças**. 2. ed. São Paulo: Hucitec/ Nupens-USP, 2000. 435 p.

MOREIRA, R. T. **Desenvolvimento de embutido emulsionado de tilápia (*Oreochromis niloticus*) estabilizado com hidrocolóides**. 2005. . Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

NAKAMURA, Y-N. et al. Changes of proximate and fatty acid compositions of the dorsal and ventral ordinary muscles of the full-cycle cultured Pacific bluefin tuna *Thunnus orientalis* with the grown. **Food Chemistry**, v. 103, p. 234–241, 2007.

NIELSEN, H. J. S.; ZEUTHEN, P. Influence of lactic acid bacteria and the overall flora on development of pathogenic bacteria in vacuum-packed, cooked emulsion-style sausages. **Journal of Food Protection**, v. 48, p. 28–34, 1985.

NORDVI, B. et al. Development of a novel, fermented and dried saithe and salmon product. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 8, p. 163-171, 2007.

OETTERER, M. **Industrialização do pescado cultivado**. Guaíba: Agropecuária, 2002. 200 p.

OETTERER, M.; REGITANO-D'ARCE, M. A. B.; SPOTO, M. H. F. **Fundamentos de ciência e tecnologia de alimentos**. Barueri: Manole, 2006. 612 p.

OLIVEIRA FILHO, P. R. C. **Elaboração de embutido cozido tipo salsicha com carne mecanicamente separada de resíduos de filetagem de tilápias do Nilo**. 2009. 115 f. Tese (Doutorado em Aquicultura) – UNESP, Jaboticabal, São Paulo, 2009.

OLIVEIRA, G. F. **Composição dos ácidos graxos da fração lipídica de resíduos industriais da pesca**. 2002. 40 f. Monografia (Graduação em Oceanografia) - Universidade do Vale do Itajaí, Itajaí, 2002.

OLIVEIRA, M. N. et al. Aspectos tecnológicos de alimentos funcionais contendo probióticos. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 38, n. 1, p. 1-21, 2002.

PALLAORO, H.T.M. **Nutrição molecular – melhorando a qualidade de vida**. 3. ed. Petrópolis: Vozes, 1997. 117 p.

PARDI, M. C. et al. **Ciência, higiene e tecnologia da carne. vol. II: II, tecnologia da carne e de subprodutos/ processamentos tecnologia**. [S.l.]: EDUFF/UFG, 2001. 120 p.

PAULE, C. L.; OSTROM, K. M. Use of Soy Fiber in Acute Diarrhea in Infants and Toddlers. **Clinical Pediatrics**, v. 36, n. 3, p. 135-139, 1997.

PEARSON, A. M.; GILLETT, T. A. **Processed meats**. 3rd ed. [S.l.]: Aspen, 1999.

PERDICES, A. et al. Evolutionary history of genus *Rhamdia* (Teleostei: Pimelodidae) in Central America. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 25, p. 172–189, 2002.

PFOERTNER, H. N.; FISCHER, J. Dietary fibres of lupins and other grain legumes. In: MCCLEARLY, B. V.; PROSKY, L. (Eds.), **Advanced Dietary Fibre Technology**. Oxford: Blackwell, 2001. p. 361–366.

PIÑERO, M. P. et al. Effect of oat's soluble fibre (β -glucan) as a fat replacer on physical, chemical, microbiological and sensory properties of low-fat beef patties. **Meat Science**, v. 80 p. 675–680, 2008.

RIEBROY, S. et al. Effect of iced storage of bigeye snapper (*Priacanthus tayenus*) on the chemical composition, properties and acceptability of Som-fug, a fermented Thai fish mince. **Food Chemistry**, v. 102, n. 1, p. 270-280, 2007.

RIVELLESE, A. A. et al. Effects of dietary saturated, monounsaturated and n-3 fatty acids on fasting lipoproteins, LDL size and post-prandial lipid metabolism in healthy subjects. **Atherosclerosis**, v. 167, p. 149-158, 2003.

ROYNETTE, C. E. et al. n-3 polyunsaturated fatty acids and colon cancer prevention. **Clinical Nutrition**, v. 23, p. 139-151, 2004.

SAMPAIO, G. R. et al. Effect of fat replacers on the nutritive value and acceptability of beef frankfurters. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 17, p. 469–474, 2004.

SÁNCHEZ-ALONSO, I. et al. Effect of grape antioxidant dietary fibre on the prevention of lipid oxidation in minced fish: Evaluation by different methodologies. **Food Chemistry**, v. 101, p. 372-378, 2007.

SCHOCH, T. J.; MAYWALD, E. C. Preparation and properties of various legume starches. **Cereal Chemistry**, v. 45, p. 564–571, 1968.

SEBBEN, C. L. et al. Rendimentos e avaliação sensorial de hambúrgueres de Carpa (*Cyprinus carpio*) com diferentes condições de processamento e armazenagem sob congelamento. **Boletim CEPPA**, v. 18, p. 1-12, 2000.

SEIBEL, N. F.; BELÉIA, A. D. P. Carboidratos das fibras de cotilédones e proteínas de produtos derivados de soja (*Glycine max* (L.) Merril). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 3, p. 607-613, 2008.

SIEVERT, D.; POMERANZ, Y.; ABDELRAHMAN, A. Functional Properties of Soy Polysaccharides and Wheat Bran in Soft Wheat Products. **Cereal Chemistry**, v. 67, n. 1, p. 10-13, 1990.

SILFVERGRIP, A. M. C. **A systematic revision of the neotropical catfish genus *Rhamdia* (Teleostei, Pimelodidae)**. 1996. 156 f. Tese (Doutorado - Department of Vertebrate Zoology) - Swedish Museum Natural History, Stockholm, Sweden, 1996.

SILVA, M. R.; SILVA, M. A Z. P. Fatores antinutricionais: inibidores de protease e lectinas. **Revista de Nutrição**, v. 13, n. 1, p. 3-9, 2000.

SILVA, M. S. et al. Composição química e valor protéico do resíduo de soja em relação ao grão de soja. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, p. 571-576, 2006.

SIMOPOULOS, A. P.; LEAF, A.; SALEM, N. Jr. Workshop on the essentiality of and recommended dietary intakes for omega-6 and omega-3 fatty acids. **ISSFAL Newsletter**, v. 6, p. 14-46, 1999.

SIMOPOULOS, A. P. Evolutionary aspects of omega-3 fatty acids in the food supply. **Prostaglandines, Leukotrienes and Essential Fatty Acids**, v. 60, n. 5/6, p. 421-429, 1999.

SIMOPOULOS, A. P.; LEAF, A.; SALEM, N. Jr. Workshop statement on the essentiality of and recommended dietary intakes for omega-6 and omega-3 fatty acids. **Prostaglandines, Leukotrienes and Essential Fatty Acids**, v. 63, p. 119-122, 2000.

SIMOPOULOS, A. P. Omega-3 fatty acids in wild plants, nuts and seeds. **Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition**, v. 11, n. 6, p. 163-173, 2002.

_____. Omega-6/Omega-3 essential fatty acid ratio and chronic diseases. **Food Reviews International**, v. 20, n.1, p. 77-90, 2004.

SONODA, D. Y. **Demanda por pescados no Brasil entre 2002 e 2003**. 2006. 119 f. Tese (Doutorado em Economia aplicada) - Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2006.

SOSULSKI, F. W.; McCURDY, A. R. Functionality of flours, protein fractions and isolates from field peas and faba bean. **Journal of Food Science**, v. 47, p. 498–502, 1987.

STRYER, L. **Bioquímica**. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; Nova York: W. H. Freeman and Company, 1994. 1000 p.

SUÁREZ-MAHECHA, H. et al. Importância de ácidos graxos poliinsaturados presentes em peixes de cultivo e de ambiente natural para a nutrição humana. **Boletim do Instituto da Pesca**, v. 28, n. 1, p. 101-110, 2002.

TAKAHASHI, G. **Ingredientes e suas funções na fabricação de produtos cárneos**. Campinas: Obra Coletiva: UNICAMP, 1980. 18 p.

TERRA, N. N. **Apontamentos de tecnologia de carnes**. São Leopoldo: Ed. UNISINOS, 1998. 216 p.

THEBAUDIN, J. Y. et al. Dietary fibres: Nutritional and technological interest. **Trends in Food Science & Technology**, v. 81, p. 41-48, 1997.

TOKUR, B. et al. Chemical and sensory quality changes of fish fingers, made from mirror carp (*Cyprinus carpio L.*, 1758), during frozen storage (-18°C). **Food Chemistry**, v. 99, p. 335–341, 2006.

TORNBERG, E.; SJÖHOLM I. **Vegetable fat replacement in meat products**. World Intellectual Property Organisation, WO 2005/107500, A1, 2005.

TRINDADE, M. A.; CONTRERAS, C. C.; FELÍCIO, P. E. Mortadella sausage formulations with partial and total replacement of beef and pork backfat with mechanically separated meat from spent layer hens. **Journal of Food Science**, v. 70, n. 3, p. 236-241, 2005.

TSAI, A. C. et al. Effects of soy polysaccharide on post prandial plasma glucose, insulin, glucagon, pancreatic polypeptide, somatostatin, and triglyceride in obese diabetic patients. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 45, p. 596, 1987.

VALENCIA, I. et al. Enhancement of the nutritional status and quality of fresh pork sausages following the addition of linseed oil, fish oil and natural antioxidants. **Meat Science**, v. 80, p. 1046–1054, 2008.

VANDERHOOF, J. A. et al. Uses of soy fiber in acute diarrhea in infants and toddlers. **Clinical Pediatrics March**, p. 135–139, 1997.

WEBER, J. et al. Effect of different cooking methods on the oxidation, proximate and fatty acid composition of silver catfish (*Rhamdia quelen*) fillets. **Food Chemistry**, v. 106, p. 140–146, 2008.

WIJENDRAN V.; HAYES K. C. Dietary n-6 and n-3 fatty acid balance and cardiovascular health. **Annual Review of Nutrition**, v. 24, p. 597- 615, 2004.

WOOD, J. D. et al. Effects of fatty acids on meat quality: a review. **Meat Science**, v. 66, n. 1, p. 21–32, 2003.

YANG, A., TROUT, G. R.; SHAY, B. J. Evaluation of carrageenan, isolated soy protein and a modified starch in low-fat frankfurters. In: PROCEEDINGS OF THE 41ST ANNUAL INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 20., 1995, San Antonio (USA). **Anais...** San Antonio, USA, 1995. p. 435-436.

YANG, H-S. et al. Textural and sensory properties of low fat pork sausages with added hydrated oatmeal and tofu as texture-modifying agents. **Meat Science**, v. 75, p. 283–289, 2007.

YILMAZ, İ; ŞİMŞEK, O.; IŞIKLI, M. Fatty acid composition and quality characteristics of low-fat cooked sausages made with beef and chicken meat, tomato juice and sunflower oil. **Meat Science**, v. 62, p. 253-258, 2002.

YILMAZ, I. Effects of rye bran addition on fatty acid composition and quality characteristics of low-fat meatballs. **Meat Science**, v. 67, p. 245–249, 2004.

YONGJIN, H.; WENSHUI, X.; CHANGRONG, G. Characterization of fermented silver carp sausages inoculated with starter culture. **LWT – Food Science and Technology**, v. 41, p. 730-738, 2008.

ZAMBOM, M. A. et al. Valor nutricional da casca do grão de soja, farelo de soja, milho moído e farelo de trigo para bovinos. **Acta Scientiarum**, v. 23, n. 4, p. 937-943, 2001.

APÊNDICE A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido



TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado a participar de um estudo intitulado “OTIMIZAÇÃO DE FORMULAÇÕES DE SALSICHAS MISTAS PRODUZIDAS COM CARNES DIVERSAS”, que tem como objetivo desenvolver salsichas mistas, procurando aumentar seu valor nutricional.

A salsicha é considerada um dos produtos cárneos mais vendidos no Brasil, possuindo elevado conteúdo de gordura e sem fibras alimentares. Além disso, existe uma busca por alimentos mais saudáveis, o que necessita a elaboração de um produto (salsicha) com maior valor nutricional e baixo custo.

Procedimentos a serem realizados

Serão oferecidas a você amostras de salsichas produzidas com diversas carnes. Será solicitado que você as prove, marcando nas fichas a sua resposta com relação às características sensoriais (cor, textura, etc.) do produto oferecido.

Riscos possíveis e benefícios esperados

Fica claro que você não é obrigado a participar do projeto. No caso de recusa você não terá nenhum tipo de prejuízo. A qualquer momento da pesquisa você é livre para retirar-se da mesma.

No caso de aceite, fica claro que os produtos oferecidos são seguros e de boa qualidade, não havendo prejuízos ou riscos a sua saúde (a não ser, MUITO RARAMENTE, algum desconforto do estômago em função dos ingredientes normais da formulação), assim como pode ocorrer durante o consumo de salsichas convencionais. Não haverá benefício financeiro pela sua participação e nenhum custo para você.

Você não terá benefícios diretos, entretanto, ajudará a comunidade científica na construção do conhecimento sobre as características sensoriais (sabor, odor, etc.) de um novo produto.

Confidencialidade

Os dados obtidos com esta pesquisa serão publicados em revistas científicas reconhecidas. Os seus dados serão analisados em conjunto com os de outros participantes, assim, não aparecerão informações que possam lhe identificar, sendo mantido o sigilo de sua identidade.

Utilização dos dados obtidos

O material coletado e os seus dados serão utilizados somente para esta pesquisa e ficarão guardados com o pesquisador por cinco anos, após o qual serão destruídos.

Os pesquisadores responsáveis pelo estudo são a Prof^a Dr^a Tatiana Emanuelli e Jaqueline Piccolo, aluna do Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da UFSM. Em qualquer etapa do estudo você terá acesso aos pesquisadores responsáveis pelo estudo para esclarecimento de eventuais dúvidas.

Este estudo obteve aprovação junto ao Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Santa Maria, com protocolo nº 23081.001270/2009-27.

Telefones para contato com os pesquisadores

*Prof^a. Dr^a. Tatiana Emanuelli – Departamento de Tecnologia e Ciência dos Alimentos – CCR

Email: tatiemanuelli@smail.ufsm.br

(55) 3220 8547

*Jaqueline Piccolo - Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos – UFSM

Email: jaquepiccolo@yahoo.com.br

(55) 9644 0702

Acredito ter sido suficientemente informado a respeito das informações que li ou que foram lidas para mim, descrevendo o estudo “OTIMIZAÇÃO DE FORMULAÇÕES DE SALSICHAS MISTAS PRODUZIDAS COM CARNES DIVERSAS”. Ficaram claros para mim quais são os objetivos do estudo, os procedimentos a serem realizados, seus desconfortos e riscos, as garantias de confidencialidade e de esclarecimentos permanentes. Ficou claro também que minha participação é isenta de despesas. Concordo voluntariamente em participar deste estudo e poderei retirar o meu consentimento a qualquer momento, antes ou durante o mesmo, sem penalidades ou prejuízo.

Assinatura do participante

Declaro que obtive de forma apropriada e voluntária o Consentimento Livre e Esclarecido deste sujeito de pesquisa ou representante legal para a participação neste estudo.

Assinatura do responsável pelo estudo

Santa Maria, _____ de _____ de 2009.

Comitê de Ética em Pesquisa (CEP/UFSM) - Avenida Roraima, 1000 - Prédio da Reitoria - 7º andar - Sala 702. Cidade Universitária - Bairro Camobi, 97105-900.

APÊNDICE B – Questionários para participantes da análise sensorialPROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS - UFSM
QUESTIONÁRIO DE RECRUTAMENTO DE PAINELISTAS**Dados de Identificação:**

*Nome Completo: _____ Telefone: _____

Endereço: _____

Local de trabalho/ estudo: _____

Sexo: () M () F Profissão: _____ Data nascimento: ___/___/_____

Responda:Você gosta de produtos cárneos (lingüiça, salame, salsicha, mortadela, presunto, patê)?
() Sim () NãoVocê gosta de salsicha?
() Sim () NãoVocê gosta de carne de peixe?
() Sim () NãoCom qual freqüência você consome salsicha?
() 2 vezes / semana () 1 vez / semana () 1 vez / mês () ocasionalmenteCom qual freqüência você consome peixe?
() 2 vezes / semana () 1 vez / semana () 1 vez / mês () ocasionalmenteVocê gosta ou consome produtos cárneos *light* ?
() Sim () NãoVocê gosta ou consome produtos cárneos enriquecidos com fibras?
() Sim () NãoVocê é fumante?
() Sim () NãoVocê tem algum tipo de alergia?
() Sim () NãoVocê tem resfriados constantes?
() Sim () Não

Agradecemos a atenção!

APÊNDICE C – Procedimento para obtenção da polpa de jundiáFigura 1 – Jundiá(*Rhamdia quelen*)

F Figura 2 – Carcaça eviscerada com cabeça



Figura 3 – Filés de jundiá



FFigura 4 – Carcaça (sem cabeça, nadadeiras e filés) de jundiá

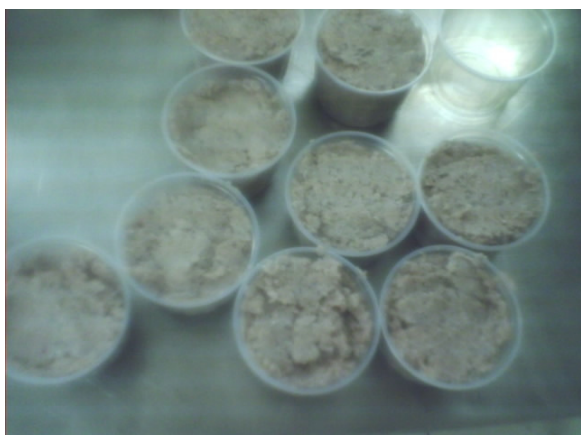


Figura 5 – Polpa de jundiá envasada