

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**CARACTERIZAÇÃO DO SURIMI DE TILÁPIA DO NILO:
MORFOLOGIA E PROPRIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS E SENSORIAIS**

Fabíola Helena dos Santos Fogaça

Zootecnista

JABOTICABAL
JANEIRO DE 2009

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**CARACTERIZAÇÃO DO SURIMI DE TILÁPIA DO NILO:
MORFOLOGIA E PROPRIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS E SENSORIAIS**

Fabíola Helena dos Santos Fogaça

Orientadora: Léa Silvia Sant'Ana

Tese apresentada ao Programa de Pós
Graduação em Aqüicultura, do Centro de
Aqüicultura da UNESP, Campus de Jaboticabal
como parte das exigências para obtenção do
título de Doutor em Aqüicultura.

JABOTICABAL

JANEIRO DE 2009

F655c Fogaça, Fabíola Helena dos Santos
Caracterização do surimi de tilápia do Nilo: morfologia e propriedades físicas, químicas e sensoriais / Fabíola Helena dos Santos Fogaça. – – Jaboticabal, 2009
xiii, 75 f. ; 28 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Centro de Aqüicultura da UNESP, 2009
Orientador: Léa Silvia Sant'Ana
Banca examinadora: Léa Silvia Sant'Ana, Judite Lapa Guimarães, Dalton José Carneiro, Rose Meire Vidotti, Maria Regina Barbieri de Carvalho.

Bibliografia

1. Processamento. 2. Pescado. 3. Alimento. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 639.31

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: Caracterização do surimi de tilápia do Nilo: morfologia e propriedades físicas, químicas e sensoriais.

AUTORA: FABIOLA HELENA DOS SANTOS FOGAÇA
ORIENTADORA: Profa. Dra. LEA SILVIA SANTANA

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR em AQUICULTURA ,
pela Comissão Examinadora:



Profa. Dra. LEA SILVIA SANTANA
Departamento de Ges e Tecn Agro-Industr / Faculdade de Ciencias Agronomicas de Botucatu



Profa. Dra. JUDITE LAPA GUIMARÃES
Engenharia de Alimentos / Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos de Pirassununga



Profa. Dra. ROSE MEIRE VIDOTTI
INSTITUTO DE PESCA DE SÃO JOSÉ DO RIO PRETO, SP



Profa. Dra. MARIA REGINA BARBIERI DE CARVALHO
Departamento de Tecnologia / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal



Prof. Dr. DALTON JOSÉ CARNEIRO
Departamento de Zootecnia / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Data da realização: 16 de março de 2009.

AGRADECIMENTOS

À DEUS pelos obstáculos superados.

A minha filha TAINÁ, pelo amor incondicional.

Ao meu amor LEANDRO, companheiro nessa vida inconstante e surpreendente.

Aos meus pais, PAULO HENRIQUE e MARIA CÉLIA, pelo apoio, amor, amizade, dedicação, conhecimento, caráter, sensibilidade...

Ao meu irmão PAULO e minha cunhadinha FABIANA, pela amizade e companheirismo.

Ao Lisandro e a Priscila pelos momentos de descontração e pela amizade.

Aos meus sobrinhos CAUÃ e PEDRO por vocês existirem.

A minha família presente em TODOS os momentos de minha vida.

A minha orientadora, Dra. Léa Silvia Sant'Ana, pela amizade, apoio e pelo exemplo de ética, profissionalismo e respeito.

A minha quase co-orientadora Áurea Bombo, pela ajuda e dedicação.

Ao Prof. Dr. Dalton José Carneiro, pela orientação e coordenação de parte do projeto, sempre presente na minha vida profissional, nos momentos mais importantes e decisivos.

Aos amigos e funcionários do CAUNESP, Seu Mauro, Márcio (Perereca), Márcio, Valdecir, Verinha, Mônica, Ana, Sandra, Rodrigo, Thiago, Laurindo, Camilo, Gabriel, Cris, Adriana, Camila, Janessa, Fabiana, Lílian, Moira, pela ajuda, caronas, companhia, hospedagem, amizade...

Às meninas do Departamento de Tecnologia de Produtos de Origem Animal, Carol e Fabrizia, pelo apoio, amizade, trabalho.

Aos amigos Lili, Angela, Jefferson, Seixas, Danielle, Cristina, Silvana e demais colegas de trabalho, pela oportunidade, acolhimento e amizade, fundamental nessa nova etapa de vida.

Aos meus amigos Lissandra e João Marcos, e suas filhas Júlia e Nicole pelo carinho.

Aos funcionários do Departamento de Gestão e Tecnologia Agroindustrial, FCA, principalmente ao João, pela orientação e auxílio na realização das análises e outras atividades relacionadas ou não ao projeto.

Aos funcionários do Departamento de Economia e Extensão Rural: Marcus, Mário e Nivaldo pela colaboração.

As Professoras Dra Elisa e ao técnico Nivaldo do Departamento de Morfologia, do Instituto de Biociências da UNESP de Botucatu, pelo auxílio nas análises.

A Dra. Daniela do Departamento de Morfologia do IB e ao Dr. Jorge Lara da Embrapa Pantanal pelo auxílio na interpretação e apresentação das micrografias.

A Leinad Ayer pelo apoio.

Aos colegas do INCRA/SP, valeu a experiência de conviver e trabalhar com vocês.

A Embrapa Meio-Norte, pela oportunidade.

Ao Dr. Valdemício, por me aceitar na sua equipe e me receber com tanto carinho.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo financiamento do projeto.

SUMÁRIO

Índice de tabelas, figuras e gráficos.....	01
Lista de Abreviaturas.....	03
Lista de Anexos.....	04
Resumo.....	05
Abstract.....	06
Introdução.....	07
Objetivos.....	08
1. Objetivo Geral.....	08
2. Objetivos Específicos.....	08
Revisão de Literatura.....	08
1. Proteínas do músculo do peixe.....	08
2. Surimi.....	09
3. Lavagem do pescado.....	10
4. Gelatinização do surimi.....	10
5. Utilização de amido na elaboração do gel do surimi.....	11
6. Metodologia da Superfície de Resposta.....	13
Referências Bibliográficas.....	14
CAPÍTULO 1 – Textura e umidade do surimi de tilápia: diferentes níveis de adição de amido de mandioca e ciclos de lavagens.....	18
1. Resumo.....	18
2. Introdução.....	18
3. Material e Métodos.....	20
3.1. Local.....	20
3.2. Matéria-prima.....	20
3.3. Processamento do surimi.....	20
3.4. Metodologia da Superfície de Resposta.....	21
3.5. Preparo do gel de surimi.....	21
3.6. Determinação da textura (Força de Cisalhamento).....	22
3.7. Análises físicas e químicas.....	22
3.8. Análise estatística.....	22
4. Resultados.....	22
5. Discussão.....	27

6. Conclusão.....	28
7. Agradecimentos.....	28
8. Referências Bibliográficas.....	28
CAPÍTULO 2 – Propriedades físicas, químicas e microestruturais do surimi de tilápia.....	31
1. Resumo.....	31
2. Abstract.....	31
3. Introdução.....	32
4. Material e Métodos.....	33
4.1. Local.....	33
4.2. Matéria-prima.....	33
4.3. Preparo do surimi.....	34
4.4. Preparo do gel de surimi.....	34
4.5. Análises físicas e químicas.....	35
4.6. Análise Instrumental.....	35
4.7. Morfologia.....	35
4.8. Análises estatísticas.....	36
5. Resultados e Discussão.....	36
5.1. Composição e rendimento da matéria-prima e do surimi.....	36
5.2. Parâmetros físico-químicos do surimi.....	38
5.3. Análise instrumental.....	40
5.4. Caracterização da microestrutura do gel de surimi.....	41
6. Conclusão.....	45
7. Agradecimentos.....	45
8. Referências.....	46
CAPÍTULO 3 - Avaliação nutricional e sensorial do hambúrguer de surimi de tilápia.....	48
1. Resumo.....	48
2. Introdução.....	48
3. Material e Métodos.....	49
3.1. Local.....	49
3.2. Matéria-prima.....	49
3.3. Processamento do surimi.....	50

3.4.	Composição centesimal.....	50
3.5.	Perfil de aminoácidos.....	50
3.6.	Elaboração do hambúrguer de surimi.....	50
3.7.	Análises microbiológicas.....	51
3.8.	Análise sensorial.....	51
3.9.	Análise Estatística.....	51
4.	Resultados e Discussão.....	51
4.1.	Composição Centesimal.....	51
4.2.	Perfil de Aminoácidos.....	53
4.3.	Análise sensorial.....	54
5.	Conclusões.....	55
6.	Agradecimentos.....	55
7.	Referências.....	55
	Considerações Finais.....	57
	Anexo I.....	58
	Anexo II.....	59
	Anexo III.....	60
	Anexo IV.....	61

ÍNDICE DE FIGURAS, TABELAS E GRÁFICOS.

Tabela 1 – Delineamento experimental (D1), umidade (U) e força de cisalhamento (FC), obtidos em função do número de lavagens da amostra (L) e adição de amido de mandioca (A).....	24
Tabela 2 – Delineamento experimental (D2), umidade (U) e força de cisalhamento (FC), obtidos em função do número de lavagens da amostra (L) e adição de fécula de mandioca (A).....	25
Tabela 3 – Análise de variância para umidade (%).....	25
Tabela 4 – Análise de variância para força de cisalhamento (FC).....	26
Figura 1. Isolinhas para umidade em função do número de lavagens e % de amido.....	26
Figura 2. Superfície estimada da umidade em função do número de lavagens e da % de amido.....	27
Figura 3. Isolinhas para força de cisalhamento em função do número de lavagens e % de amido.....	27
Figura 4. Superfície estimada da força de cisalhamento em função do número de lavagens e da % de amido.....	28
Tabela 1 – Rendimento e teores de umidade, proteínas e lipídeos da CMS e do surimi de tilápia nilótica (<i>Oreochromis niloticus</i>).....	37
Tabela 2 – Características físicas e químicas da CMS e do surimi de tilápia de nilótica (<i>Oreochromis niloticus</i>).....	39
Tabela 3 – Análise da cor da CMS e do gel do surimi de tilápia nilótica (<i>Oreochromis niloticus</i>).....	41
Imagem 1a – Região de alta densidade proteica.....	43
Imagem 1b – Região de baixa densidade proteica.....	43
Imagem 1c – Detalhe de fibra muscular.....	43
Imagem 1d – Superfície homogênea e presença de gotículas de gordura.....	43
Imagem 2a – Gel de surimi de tilápia (0% amido e uma lavagem da CMS).....	43
Imagem 2b – Gel de surimi de tilápia (0% amido e uma lavagem da CMS), detalhe da camada de fibras finas.....	43
Imagem 3a – Gel de surimi de tilápia (20% amido e uma lavagem da CMS), detalhe dos glóbulos de gordura.....	44
Imagem 3b – Gel de surimi de tilápia (20% amido e uma lavagem da CMS).....	44
Imagem 4a – Gel de surimi de tilápia (0% amido e cinco lavagens da CMS).....	44

Imagem 4b – Gel de surimi de tilápia (0% amido e cinco lavagens da CMS), detalhe do glóbulo de gordura.....	44
Imagem 5a – Gel de surimi de tilápia (20% amido e cinco lavagens da CMS).....	46
Imagem 5b – Gel de surimi de tilápia (20% amido e cinco lavagens da CMS).....	46
Imagem 6a – Gel de surimi de tilápia (10% amido e três lavagens da CMS).....	46
Imagem 6b – Gel de surimi de tilápia (10% amido e três lavagens da CMS).....	46
Tabela 1 – Teores de umidade, proteínas e lipídeos da CMS e do surimi de tilápia nilótica (<i>Oreochromis niloticus</i>).....	54
Tabela 2 - Perfil de aminoácidos da CMS de tilápia e do surimi (g/100g).....	55
Figura 1 – Freqüência de notas para a aparência do hambúrguer de surimi de tilápia.....	56
Figura 1 – Freqüência de notas para o odor do hambúrguer de surimi de tilápia.....	56
Figura 1 – Freqüência de notas para o sabor do hambúrguer de surimi de tilápia.....	57
Figura 1 – Freqüência de notas para a textura do hambúrguer de surimi de tilápia.....	57
Figura 1 – Freqüência de notas para a aceitação geral do hambúrguer de surimi de tilápia.....	57

LISTA DE ABREVIATURAS

Aa – Atividade de água

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária

CMS - Carne Mecanicamente Separada

CRA – Capacidade de Retenção de Água

MEV – Microscopia Eletrônica de Varredura

MSR – Metodologia da Superfície de Resposta

MDA - Malonaldeído

PB - Proteína Bruta

pH - Potencial Hidrogênio Iônico

RF - Rendimento de Filé

SOAP – Serviço de Orientação e Alimentação Pública

SRATB - Substâncias Reativas ao Ácido Tiobarbitúrico

TBA - Ácido Tiobarbitúrico

TCA – Ácido Tricloroacético

LISTA DE ANEXOS

ANEXO I – Laudo da análise microbiológica do hambúrguer de surimi.....	58
ANEXO II – Ficha da análise sensorial do hambúrguer de surimi.....	59
ANEXO III – Parecer Comitê de Ética.....	60
ANEXO IV – Termo de Consentimento.....	61

Caracterização do surimi de tilápia do Nilo: morfologia, propriedades físicas, químicas e sensoriais.

Resumo

O surimi é uma carne de pescado, submetida a lavagens sucessivas, onde se eliminam gordura, sangue, substâncias odoríferas e proteínas solúveis em água, resultando em uma pasta branca, sem odor e sabor característicos de peixe, permitindo melhor aproveitamento do pescado e dos resíduos gerados pelo processamento dos peixes. O estudo teve o propósito de caracterizar o surimi de tilápia nilótica, determinando suas características morfológicas, físicas, químicas e sensoriais. A partir de ensaios prévios foi delineado um planejamento experimental baseado na metodologia da superfície de resposta, composto por duas variáveis independentes: número de lavagens da carne mecanicamente separada - CMS (uma, três ou cinco) e porcentagem de adição de amido de mandioca (zero, 10 ou 20%). As variáveis respostas foram: força de cisalhamento (FC) e umidade (U %), pois estão diretamente correlacionadas com a qualidade final do surimi. Os resultados mostraram efeito linear da adição de amido e do número de lavagens na umidade do surimi, sendo que o tratamento com 10% de amido de mandioca e três lavagens da CMS apresentou os melhores valores. A FC apresentou diferença entre os tratamentos, não sendo possível definir um tratamento com melhor textura segundo os parâmetros avaliados. Os parâmetros físicos e químicos: pH, atividade de água, degradação lipídica e proteica, composição centesimal, cor, e o rendimento foram determinados para o surimi elaborado com: 1) uma lavagem da CMS, 2) cinco lavagens da CMS, 3) uma lavagem e 20% de amido de mandioca, 4) cinco lavagens e 20% de amido de mandioca e 5) três lavagens e 10% de amido de mandioca, segundo a metodologia da superfície de resposta. O rendimento do surimi foi alto devido à capacidade de retenção de água do produto durante o processamento. As análises de pH e A_w não apresentaram diferenças entre os tratamentos. A composição química foi diferente entre a matéria-prima e o surimi, sendo que a CMS apresentou maiores teores de proteína e lipídeos, mostrando o efeito da lavagem da CMS na composição da carne de tilápia. A adição de amido de mandioca também diminuiu a porcentagem de proteína do surimi. A oxidação lipídica variou conforme a porcentagem de adição de amido no surimi, sem efeito do número de lavagens. A taxa de degradação proteica foi menor nos tratamentos com cinco lavagens da carne. A coloração foi mais

luminosa para os tratamentos com maior número de lavagem, sem adição de amido de mandioca. As avaliações morfológicas dos géis de surimi mostraram que a lavagem influenciou a microestrutura da sua proteína. O perfil de aminoácidos determinado foi semelhante tanto para CMS, quanto para o surimi (três lavagens da CMS), demonstrando que a lavagem não alterou a composição aminoacídica do músculo do peixe. A análise sensorial demonstrou boa aceitação do hambúrguer de surimi. Os parâmetros analisados demonstram que o surimi da tilápia pode ser utilizado como matéria prima para elaboração de alimentos à base de surimi, por apresentar alto valor biológico e características físicas e químicas desejáveis.

Palavras-chave: aceitação, amido, gel de surimi, polpa de tilápia, resíduos

Tilapia surimi characterization: microscopic appearance, physicochemical and sensory properties

Abstract

Surimi is a fish protein concentrate, submitted to successive washings, for removing fat, blood, odorous substance and water soluble protein, resulting in a white paste, without fish characteristic (odor and flavor), allowing better exploitation for fishes and their industrial residues. The objective of this study was tilapia surimi characterization, through the morphology, sensorial and physicochemical properties determination. From previous works, a central composite design was modelled, with two independent variables: numbers of washings (1, 3 or 5) and cassava starch addition (zero, 10 or 20%), based on the response surface methodology. The response variables were: moisture (%) and breaking force (FC) directly correlated with the good quality of surimi. The results showed a linear effect of cassava starch addition and minced washing cycles. The treatment with 10% of cassava starch and three minced washings showed the better response variables. The FC showed differences between treatments, but wasn't possible to define a better treatment for texture analysis. The physical and chemical parameters: pH, Wa, lipid and protein oxidation, centesimal composition, color and surimi yield were determined for surimi treatments: 1) one minced washing

cycle, 2) five minced washing cycles, 3) one washing cycle and 20% of cassava starch addition, 4) five washing cycle and 20% of cassava starch addition and 5) three washing cycle and 10% of cassava starch addition. The surimi yield was higher due to the high water retention capacity of surimi during the washing processing. The pH and water activity analysis showed no differences between the treatments. The chemical composition was different for tilapia minced and surimi, the minced showed lower protein and lipid levels caused by washing of the minced. Treatments with 20% of cassava starch showed lower protein and lipid concentration. Cassava starch addition influenced the lipid oxidation. Protein degradation was lower for treatments with five minced washing cycles. The color was more lightness for the treatments with higher washings numbers, without addition of cassava starch. The evaluated morphologically of surimi gels showed that washing process influenced on the protein microstructure. The amino acid composition was similar for minced and surimi, what demonstrated that washing minced didn't influence the amino acid muscle composition of fish. Sensorial analysis demonstrated good acceptance for surimi hamburger. The parameters analysed showed that tilapia surimi can be use as raw material for food based on surimi, for the high biological value and desirable physicochemical characteristics presentation.

Key-words: acceptance, starch, surimi gel, tilapia minced, wastes

1. INTRODUÇÃO

A produção e a demanda mundial de pescado têm apresentado crescimento contínuo e vigoroso, no entanto a estagnação do volume da pesca de captura nos últimos anos (SHIROTA e SONODA, 2004) exige o desenvolvimento de novos produtos a partir de tecnologias alternativas que aproveitem melhor o pescado disponível, dentre as quais se inclui o surimi (BARRETO e BEIRÃO, 1999). Segundo estatísticas, a produção mundial de surimi foi estimada em 600.000 toneladas/ano em 2004 (FAOSTAT, 2005), sendo os maiores produtores Estados Unidos, Tailândia e Japão.

O surimi é um produto oriundo do músculo de pescado, constituído principalmente por proteínas miofibrilares, extraídas a partir da carne de peixes, formando um concentrado de alta qualidade nutritiva e excelente funcionalidade (TEJADA, 1991). Sua utilização é um caminho importante para diversificar e melhorar o aproveitamento dos recursos pesqueiros, ampliando-se o número de espécies com potencial de comercialização, como também dando uso mais nobre a grande quantidade de resíduos gerados pela indústria aquícola (ALFARO et al, 2002), com uso de tecnologia, maior rendimento em comparação a outros processos (GRÛSCHECK et al, 2002) e agregação de valor ao pescado.

Atualmente, o aproveitamento de resíduos no ciclo de produção de pescado brasileiro é pouco significativo. Frigoríficos processadores de peixe desperdiçam entre 62,5 e 66,5% (BOSCOLO et al., 2004), e indústrias de camarão aproximadamente 50% da matéria-prima na forma de subprodutos (LIMA et al., 2007). Em contrapartida, as indústrias mundiais de beneficiamento de carnes processam aproximadamente 60 milhões de toneladas por ano de subprodutos animais, que após sofrerem elaborados processos, podem ser reaproveitados como ingredientes de alta qualidade, sendo uma importante forma de redução de custos e uma saída excelente para a preservação do meio ambiente (BRITO, 2007).

Dentre as espécies produzidas pela aquicultura, as tilápias representam o segundo grupo de maior importância na piscicultura mundial (NAYLOR et al., 2000), sendo responsável por 40 a 45% da produção brasileira de peixes cultivados (KUBTIZA, 2003). Durante seu processamento, aproximadamente 65% de seu peso vivo é descartado após a retirada de seu filé. Por isso, estudos que viabilizem a utilização desses resíduos, obtendo-se produtos de alta qualidade e praticidade, são essenciais para o fortalecimento da cadeia produtora do pescado nacional.

A elaboração de produtos a base de pescado, com atributos de qualidade desejáveis, principalmente em relação à textura e estabilidade durante a estocagem, requer o conhecimento de sua composição centesimal, de suas características sensoriais e de sua morfologia. O estudo da estrutura de um alimento pode ser realizado com técnicas de microscopia, uma vez que existe uma relação entre suas propriedades físico-químicas e suas correspondentes estruturas microscópicas (LARREA et al., 2007).

Assim, o presente trabalho tem como objetivo caracterizar o surimi obtido a partir CMS da tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*), segundo sua morfologia, propriedades físico-químicas e sensoriais, no intuito de aproveitar os resíduos da filetagem da tilápia e desenvolver produtos de alta qualidade baseados no surimi.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Desenvolver um produto de qualidade que possa servir de matéria-prima na elaboração de alimentos de valor agregado a partir da tilápia nilótica.

2.2. Objetivos específicos

- ✓ Caracterizar o surimi por parâmetros físicos e químicos e nutricionais;
- ✓ Avaliar o comportamento do gel de surimi por estudo morfológico;
- ✓ Validar um modelo matemático e estatístico utilizando-se a metodologia de superfície de resposta que indique a formulação que proporcionará textura e umidade adequada ao surimi;
- ✓ Avaliar a aceitação do hambúrguer elaborado com surimi pela análise sensorial.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Proteínas do músculo do peixe

Nos peixes são encontrados três tipos de proteínas, classificadas de acordo com sua solubilidade em: sarcoplasmáticas, miofibrilares e do estroma (MIRA, 2001). As proteínas têm como propriedades funcionais proporcionar viscosidade, gelatinização e texturização (FENNEMA, 1996) aos alimentos.

As proteínas sarcoplasmáticas são solúveis em água e encontradas dentro da célula, representando 18-20% da proteína muscular (SIMÕES et al., 1998). A maior parte dessas proteínas são enzimas relacionadas com o processo de glicólise, porém esta fração também engloba outros compostos solúveis não protéicos como hidrocarbonatos e íons inorgânicos (MENDES, 2001). As proteínas sarcoplasmáticas não contribuem para formação de gel, pois durante o aquecimento da polpa essas proteínas coagulam e se aderem às proteínas miofibrilares, impedindo o processo de gelatinização. Por isso, devido a sua solubilidade, são removidas durante o processamento do surimi (FENNEMA, 1996).

As miofibrilares, que representam 66-77% das proteínas totais, conferem as células musculares sua propriedade contrátil, influenciando também na capacidade de retenção de água, propriedades emulsificantes e maciez das carnes (KUHN e SOARES, 2002). O terceiro grupo compreende as proteínas do tecido conectivo que compreendem o colágeno e a elastina, conhecidas por estroma (CONTRERAS-GUZMÁN, 1994).

3.2. *Surimi*

A tecnologia de preparo do surimi teve sua origem no Japão e remonta ao século XI, quando pescadores japoneses descobriram que se poderia aumentar o período de vida útil dos produtos a base de pescado, se a polpa lavada do peixe fosse misturada com sal e cozida no vapor (LEE, 1984). Ao contrário do pescado fresco, a excelente qualidade microbiológica destes produtos permitia sua conservação durante vários dias antes de seu consumo (MENDES, 2001).

Na preparação de polpas de pescado e surimi podem ser utilizadas tanto espécies magras como gordas, sendo que as espécies magras são amplamente empregadas no processamento deste tipo de produto, pois produzem um surimi com cor branca e sabor neutro. De qualquer forma, a escolha da espécie é determinada pela sua disponibilidade em termos de quantidade, baixo preço, dificuldades de escoamento de sua produção e pelas características gelatinizantes de suas proteínas (FERREIRA et al, 2002).

O surimi consiste numa base protéica, obtida a partir da polpa do pescado, submetida a lavagens sucessivas (onde se elimina a gordura, sangue, substâncias odoríferas e proteínas solúveis em água), refino, desidratação, adição de crioprotetores e congelamento para sua preservação (LEE, 1984). Os aditivos crioprotetores (polifosfatos, sacarose e sorbitol) estabilizam e protegem as proteínas da desnaturação durante o armazenamento sob a forma congelada (HUIDOBRO et al., 1998).

O produto final é uma pasta de pescado branca, sem o odor e sabor acentuado de pescado, que depois de gelatinizado torna-se um produto intermediário, que pode ser moldado na forma desejada (GOMES et al., 1994) e utilizado para elaboração de alimentos com sabores e formatos variados (SANTOS et al., 1998).

3.3. Lavagem do pescado

A maior importância da lavagem, no entanto, consiste na remoção das proteínas solúveis em água, resultando no aumento da concentração de proteína miofibrilar (actomiosina), o que melhora a força de gel e a elasticidade, propriedades essenciais para produtos baseados no surimi (BELIBAGLI et al., 2003). Processos de lavagens insuficientes podem resultar em perdas substanciais na qualidade do gel de surimi durante a estocagem congelada. Por outro lado, muitas lavagens podem causar perdas de finas partículas e umidade excessiva (PARK e LIN, 2005).

O número de ciclos de lavagem e o volume de água irão variar com as espécies de peixe, com a qualidade desejada para o surimi e com o tipo de produto que será elaborado (SATO e POLLAK, 2001). Estudos descrevem que para obtenção de um quilo de surimi, eram necessários 29,10 litros de água. Atualmente, um processo de lavagem eficiente utiliza apenas dois ciclos de lavagem e razão água:pescado de 2:1 (v/p).

Uma maneira de se manter o mesmo efeito da lavagem, utilizando-se menos água, seria o aumento do tempo e do número de ciclos de lavagens com menores proporções água/pescado. Teoricamente, quando um tempo de lavagem prolongado for usado, maior quantidade de proteína será solubilizada até se chegar a um estágio de equilíbrio. Lin e Park (1996) estudaram os efeitos da redução da proporção água/pescado variando de 4:1 até 1:1, e do aumento dos ciclos e do tempo de lavagem do músculo (de dois a cinco ciclos de 15 minutos cada). Os resultados mostraram que o aumento do tempo de lavagem não melhorou a remoção das proteínas sarcoplasmáticas, sendo que três ciclos de lavagem de amostras contendo 2:1 foram recomendados para elaboração do surimi.

3.4. Gelatinização do surimi

O tratamento térmico é a técnica mais comum para indução da formação do gel do surimi (TABILO-MUNIZAGA e BARBOSA-CANÓVAS, 2004). Seu mecanismo de gelatinização ocorre em dois estágios, um envolve o desdobramento inicial da proteína, o outro, a sua agregação. A desnaturação térmica aumenta a quantidade de água ligada à

proteína, formando uma estrutura tridimensional capaz de reter as moléculas de água e formar o gel (MANGINO, 1992).

As proteínas irão desnaturar sob qualquer temperatura, porém, a taxa de desnaturação é mais lenta se a temperatura for mais baixa (LANIER et al., 2005). Temperaturas entre 30 a 70°C induzem a desnaturação e reestruturação proteica, o que contribui para a formação de uma rede estrutural forte, enquanto outras formas de gelatinização, como a pressurização, resultam em ligações cruzadas entre fibras protéicas na sua forma original (AHMAD et al., 2004).

A gelatinização sob diferentes temperaturas produz qualidades variadas de gel, especialmente para diversas espécies de peixes. Temperaturas baixas levam muito tempo e por isso não são utilizadas pela indústria (BENJAKUL et al., 2003). Na temperatura de 40°C e com adição de NaCl, forma-se um gel translúcido, “suwari”, formado pela solubilização das proteínas miofibrilares que, ao hidratarem-se, cria uma rede protéica unida por pontes de hidrogênio. Ao se aumentar lentamente a temperatura do gel a 60°C, obtém-se o “modori”, que é o fenômeno de quebra ou ruptura da estrutura desta rede protéica, atribuído à ação de proteases termoestáveis que podem degradar a miosina rapidamente. O “suwari”, quando aquecido a 90°C, forma um gel opaco denominado “kamaboko”. Nesse gel a actomiosina, induzida por efeito do calor, aprisiona moléculas de água por ligações cruzadas e interações hidrofóbicas (YONGSAWATDIGUL et al., 2000), formando uma rede homogênea e estável.

Phatcharat et al. (2005) utilizaram uma desnaturação inicial mais lenta, sob temperatura de 40°C durante 30 minutos, seguida de um cozimento rápido a 90°C durante 20 minutos. Para o surimi de carpa cabeça grande, temperaturas de 35 a 40°C durante 60 minutos são ideais (LUO et al., 2004).

O gel de surimi tem em sua textura, uma particularidade que o diferencia dos géis formados por outras proteínas de origem animal: sua textura, perceptível à mastigação, é muito similar a do pescado “in natura”. Essa característica pode ser expressa em termos de força de gel, que vem a ser o principal indicador da qualidade e conseqüentemente, do preço final do produto (AN et al., 1996).

3.5. Utilização de amido na elaboração do gel do surimi

Amidos são amplamente utilizados em uma grande variedade de produtos pela indústria alimentícia, pois proporcionam mudanças desejáveis na textura e propriedades gelatinizantes dos alimentos (T. RAI, 2006). Em produtos à base de surimi, melhoram

suas propriedades físico-químicas, por sua habilidade em modificar sua textura, sua estabilidade em processos de “congelamento-descongelamento” e diminuir custos de produção (KIM e LEE, 1987). Dependendo do tipo de produto, pode ser adicionado até 10% de amido ao surimi (BELIBAGLI et al., 2003).

O amido é um macropolímero de glicose sintetizado por vegetais (T.RAI, 2006), e sua complexa estrutura é composta por duas porções principais: a amilose e a amilopectina. Os grãos de amido são relativamente densos e insolúveis, mas quando hidratados em água fria, dispersam-se devido à dissolução dos seus polissacarídeos, resultando em aumento da solubilidade, e numa mistura de baixa viscosidade (KYAW et al., 2001). As transformações térmicas dos grãos do amido são diferentes nos sistemas: amido - água e surimi -amido. Durante o preparo do surimi ocorre absorção de água, e logo que se inicia a cocção há um inchaço dos grânulos de amido, e o vapor força a expansão destes, proporcionando maior viscosidade (YANG e PARK, 1998). O processo inicia-se quando a solução atinge 60° C de aquecimento e torna-se menos fluida; a 70° C o líquido já é viscoso; a 85° C já obtém um corpo sólido gelatinoso, tendo desaparecido a água, e a 95° C atinge o máximo de gelatinização (ORNELLAS, 2001).

A textura do gel do surimi é profundamente afetada pelo tipo de amido em termos de propriedades reológicas no estado de gelatinização, conteúdo de amilopectina, e natureza da modificação (HSU e CHIANG, 2002). Firmeza e coesividade do gel melhoram com o aumento da viscosidade e da capacidade de ligação com a água do amido utilizado (LEE, 1986). Géis preparados com amidos contendo altos teores de amilose proporcionam aumento de umidade e força de penetração (LANIER e LEE, 1992).

Dos amidos comerciais, o amido de batata aumenta mais a força do gel que o amido de milho, devido a sua propriedade de absorver uma grande quantidade de água, e de sua melhor rigidez, coesividade e firmeza (YANG e PARK, 1998). Foi constatado também aumento de coesividade do gel de surimi com a utilização do amido de milho e do amido de mandioca (BARRETO e BEIRÃO, 1999), que também proporciona melhor estabilidade ao surimi durante o congelamento (LEE, 1986).

O amido também influencia na umidade final do produto. A umidade desempenha importante papel na sua textura e na estabilidade durante o congelamento. Em formulações comerciais o surimi possui entre 72 e 78% de umidade, sendo que níveis

altos de umidade tornam o produto mais suscetível à desestabilização durante a estocagem (LEE, 1986).

3.6. Metodologia da superfície de resposta

A metodologia da superfície de resposta (MSR) consiste num grupo de procedimentos estatísticos e matemáticos que podem ser usados no estudo das inter-relações entre uma ou mais respostas (variáveis dependentes) com inúmeros fatores (variáveis independentes) (DINIZ e MARTIN, 1996). A MSR e sua análise são utilizadas para encontrar combinações de valores experimentais que irão gerar um modelo de respostas ótimas, as quais podem ser máximas ou mínimas dependendo da sua natureza. A indústria de alimentos usa a programação linear e a metodologia de superfície de resposta para aperfeiçoar a formulação de produtos, minimizar custos e maximizar propriedades desejáveis no processamento de carnes (CHEN et al., 1993).

A MSR apresenta melhores respostas com relação ao nível de inclusão e combinação de ingredientes (amidos, proteínas e outros) no processamento do surimi quando comparada à programação linear (CHEN et al., 1993). Recentemente, Murphy et al. (2004) estudaram a utilização do surimi na formulação de embutidos de carne suína, e concluíram que através da MSR foi encontrado um nível ótimo de inclusão do surimi, que proporcionasse melhor textura e qualidades sensoriais ao produto final. Os efeitos da temperatura, tempo e relação água-polpa na qualidade do surimi de surubim (*Pseudoplatystoma coruscans*) também foram estudados usando-se a metodologia de superfície de resposta por Medina e Garrote (2001), que definiram padrões ótimos de processamento do surimi de surubim.

As variáveis independentes na obtenção do gel do surimi são aquelas que podem ser manipuladas durante o processamento, tais como: temperatura, quantidade e tipo de amido, velocidade de cocção. As dependentes são aquelas verificadas no produto final e que podem ser mensuradas, como a umidade, a força de cisalhamento, elasticidade, viscosidade do gel e aceitabilidade (CHEN et al., 1993; MEDINA e GARROTE, 2001; MURPHY et al., 2004). Matematicamente, as variáveis são submetidas à equação: $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n) + E$, onde y é a variável dependente ou a resposta; f é a função que correlaciona as variáveis independentes com a resposta; x_1, x_2, \dots, x_n são variáveis matemáticas e independentes que podem ser pré-estabelecidas; e E o erro aleatório (NETO et al., 2003).

A revisão de literatura apresentada serviu como base para o desenvolvimento desse projeto, que está dividido em três capítulos. No primeiro, “**Efeito da adição de amido de mandioca e dos ciclos de lavagens na textura e umidade do surimi de tilápia**” estudou-se uma formulação ótima que fornecesse um surimi com textura e umidade ideais para modelagem de produtos à base de polpa de pescado. No segundo, “**Propriedades físicas, químicas e microestruturais do surimi de tilápia**” avaliou-se os principais parâmetros físico-químicos e a morfologia de cinco diferentes formulações de surimi de tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*). No terceiro capítulo, “**Avaliação nutricional e sensorial do hambúrguer de surimi de tilápia**” estudou-se a qualidade nutricional do surimi e sua aceitação em forma de produtos reestruturados.

4. REFERÊNCIAS

- AHMAD, M. U.; TASHIRO, Y.; MATSUKAWA, S.; OGAWA, H. Comparison of gelation mechanism of surimi between heat and pressure treatment by using rheological and NMR relaxation measurements. **Journal of Food Science**, v. 69, n.9, p. 497-502, 2004.
- ALFARO, A. et al. Definição de fatores para o planejamento experimental de um produto de tipo presunto processado a partir de carne de pescado mecanicamente separada (CPMS). In: **XVIII Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 2002, Porto Alegre, Anais... Porto Alegre: SBCTA, 2002. p 80-84.
- AN, H.; Weerasinghe, V.; Morrissey, M. T. Cathepsin degradation of Pacific whiting surimi proteins. **Journal of Food Science**, v. 59, p. 1013-1017, 1996.
- BARRETO, P. L. M.; BEIRÃO, L. H. Influencia do amido e da carragena nas propriedades texturais de tilápia (*Oreochromis sp*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.19, p.183-188, 1999.
- BELIBAGLI, K. B.; SPEERS, R. A; PAULSON, A. T. Thermophysical properties of silver hake and mackerel surimi at cooking temperatures. **Journal of Food Engineer**, v.60, p.439-448, 2003.
- BENJAKUL, S.; CHANTARASUWAN, C.; VISESSANGUAN, W. Effect of medium temperature setting on gelling characteristics of surimi from some tropical fish. **Food Chemistry**, v. 82, p. 567-574, 2003.
- BOSCOLO, W. R.; HAYASHI, C.; MEURER, F. Digestibilidade aparente da energia e proteína das farinhas de resíduo da filetagem da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) e da corvina (*Plagioscion squamosissimus*) e farinha integral do camarão canela (*Macrobrachium amazonicum*) para a tilápia do Nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n. 1, p. 8-13, jan/fev, 2004.

- BRITO, L. F. Uso de farinha de sangue na nutrição de frangos de corte. Disponível em <www.polinutri.com.br/conteudo_artigos_anteriores_agosto_07.htm> Acesso em: março/2008.
- CHEN, J. S.; LEE, C. M.; CRAPO, C. Linear Programming and Response Surface Methodology to Optimize Surimi Gel Texture. **Journal of Food Science**, v. 58, n.3, p.535-538, 1993.
- CONTRERAS-GUZMÁN, E. S. **Bioquímica de pescados e derivados**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 409p.
- MIRA, N. V. M. **Utilização de surimi para a obtenção de hidrolisados protéicos com baixo teor de fenilalanina**. São Paulo, 2001, 146p. (Tese Doutorado, Faculdade de Ciências Farmacêuticas, USP).
- DINIZ, F. M.; MARTIN, A. M. Use of response surface methodology to describe the combined effects of pH, temperature and E/S ratio on the hydrolysis of dogfish (*Squalus acanthias*) muscle. **International Journal of Food Science & Technology**, v.31, n.5, p.419-426, 1996.
- FAOSTAT. 2005. Disponível em <<http://www.faostat.fao.org>> Acesso em: 01/ago/2005.
- FENNEMA, O. R. **Food Chemistry**. 3rd Ed. New York: Marcel Dekker, 1996. 1069p.
- FERREIRA, M. W. et al. **Pescados processados: maior vida-de-prateleira e maior valor agregado**. Lavras: UFLA, 2002, 26 p. Disponível em http://www.nucleoestudo.ufla.br/naqua/publicacoes/boletins_tecnicos/Pescados%20processados.pdf Acesso em: 01/jul/2005.
- GOMES, J. C. et al. Processamento e caracterização do surimi de água doce. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.14, p.226-237, jul/dez, 1994.
- GRYSCHKEK, S. F. B.; OETTERER, M.; SPOTO, M. F. Formulação de fishburguers a partir de carne mecanicamente separada de tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*) e tilápia vermelha (*Oreochromis spp*). In: **XVIII Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 2002, Porto Alegre, Anais... Porto Alegre: SBCTA, 2002. p 143-146.
- HSU, C. K., CHIANG, B. H. Effects of water, oil, starch, calcium carbonate and titanium dioxide on the color and texture of threadfin and hair tail surimi gels. **International Journal of Food Science and Technology**, v.37, p.387-393, 2002.
- HUIDOBRO, A.; ALVAREZ, C.; TEJADA, M. Muscle Altered by Frozen Storage as Affected by Added Ingredients. **Journal of Food Science**, v.63, n.4, p.638-643, 1998.
- KIM, J. M.; LEE, C. M. Effect of starch of textural properties of surimi gel. **Journal of Food Science**, v.52, p.722, 1987.
- KUHN, C. R.; SOARES, G. J. D. Proteases e inibidores no processamento de surimi. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.8, n.1, p.5-11, 2002.
- KUBTIZA, F. A evolução da tilapicultura no Brasil: produção e mercados. **Panorama da Aquicultura**, v. 13, n. 76, mar/abril, 2003.
- KYAW, Z. Y. et al. Effect of fish to starch ratio on viscoelastic properties and microstructure of fish cracker ('keropok') dough. **International Journal of Food Science and Technology**, v.36, p.741-747, 2001.

- LANIER, T.; LEE, C. M. **Surimi technology**. New York: Marcel Decker, 1992. 396p.
- LARREA, V. et al. Microstructural changes in Teruel dry-cured ham during processing. **Meat Science**, v. 76, p. 574-582, 2007.
- LEE, C. M. Surimi manufacturing and fabrication of surimi-based products. **Food Technology**, v.40, p.118-124, 1986.
- LEE, C. M. Surimi process technology. **Food Technology**, v.40, p.69-80, 1984.
- LIMA, S. B. P. et al. Avaliação nutricional da farinha da cabeça de camarão marinho (*Litopenaeus Vannamei*) para frangos de corte. **Revista Caatinga**, v. 20, n. 3, p. 35-39, julho/setembro, 2007.
- LIN, T. M.; PARK, J. W. Effective washing conditions reduce water usage for surimi processing. **Journal of Aquatic Food Product Technology**, v.6, n.2, p. 65-79, 1996.
- MANGINO, M. E. Gelation of whey protein concentrates. **Food Technology**, v.46, n.1, p.114-117, 1992.
- MEDINA, J. R.; GARROTE, R. L. Determining washing conditions during the preparation of frozen surimi from surubim (*Pseudoplatystome coruscans*) using response surface methodology. **Journal of Food Science**, v.67, n.3, p.1455-1461, 2001.
- MENDES, R. **Polpa e surimi de pequenos pelágicos da costa portuguesa**. Lisboa, 2001, 205f. (Dissertação de Investigador Auxiliar, Instituto de Investigação das Pescas e do Mar).
- MURPHY, S. C. et al. Evaluation of surimi, fat and water content in a low/no added pork sausage formulation using response surface methodology. **Meat Science**, v.66, p.689-701, 2004.
- NAYLOR, R. L. et al. Effect of aquaculture on world fish supplies. **Nature**, v. 405, n. 29, p. 1017-1024, 2000.
- NETO, B. B.; SCARMINIO, I. S.; BRUNS, R. E. Andando na superfície de resposta. In: Neto, B. B.; Scarminio, I. S.; Bruns, R. E. **Como fazer experimentos: Pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria**. Campinas: Editora da Unicamp, 2003. Cap.6, p.251-300.
- ORNELLAS, L. H. **Técnica dietética: seleção e preparo de alimentos**. 7ª ed. São Paulo: Atheneu, 2001. 330p.
- PHATCHARAT, S.; BENJAKUL, S.; VISESSANGUAN, W. Effects of washing with oxidizing agents on the gel-forming ability and physicochemical properties of surimi produced from bigeye snapper (*Priacanthus tayenus*). **Food Chemistry**, doi:10.1016/j.foodchem.2005.06.016, 2005.
- PARK, J. W.; Lin, T. M. J. Surimi: manufacturing and evaluation. In: Park, J. W. **Surimi and surimi seafood**. New York: Marcel Dekker, 2005. Capítulo 2, p. 33-106.
- SANTOS, R. C.; KUHN, C. R.; PRENTICE, C. H. Estudo técnico-econômico preliminar para a elaboração de surimi obtido a partir de resíduos do processamento da pescada (*Macrodon ancylodon*). In: **XI Semana Nacional de Oceanografia**, 1998, Rio Grande, Anais... Rio Grande: Ed. Pelotas, 18 a 24 de outubro de 1998. P. 633-635.
- SATO, T.; POLLAK, A. **Surimi y alimentos derivados**. Montevidéo: Instituto de Investigaciones Pesqueras Prof. Dr. V. H. Bertullo, 2001. 23 p.

SHIROTA, R.; SONODA, D. Y. Comercialização de pescados no Brasil: caracterização dos mercados. In: Cyrino, J. E. P.; Urbinati, E. C.; Fracalossi, D. M.; Castagnoli, N. **Tópicos Especiais em Piscicultura de Água Doce Tropical Intensiva**. São Paulo: Funep, 2004. Cap.16, p.503-516.

SIMÕES, D. R. S. et al. Hambúrgueres formulados com base protéica de pescado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.18, p. 414-420, 1998.

T.RAI, S. M. Morphology and functional properties of corn, potato and tapioca starches. **Food Hydrocolloids**, v.20, p.557-566, 2006.

TABILO-MUNIZAGA, G.; BARBOSA-CANÓVAS, G. V. Color and textural parameters of pressurized and heat-treated surimi gels as affected by potato starch and egg white. **Food Research International**, v.37, p.767-775, 2004.

TEJADA, M. Tendencias actuales en la utilización de surimi. **Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos**, v.31, n.3, p.310-318, 1991.

YANG, H.; PARK, J. W. Effects of starch properties and thermal-processing conditions on surimi-starch gels. **Leberns.-Wiss.u. – Technol.**, v.31, p.344-353, 1998.

YONGSAWATDIGUL, J.; PARK, J. W.; VIRULHAKUL, P. Proteolytic degradation of tropical tilapia surimi. **Journal of Food Science**, v. 65, p. 129-133, 2000.

CAPITULO 1 – Textura e umidade do surimi de tilápia: diferentes níveis de adição de amido de mandioca e ciclos de lavagens

Resumo

O surimi é o pescado submetido a lavagens sucessivas, onde se eliminam gordura, sangue, substâncias odoríferas e proteínas solúveis em água, resultando em uma pasta branca, sem odor e sabor característicos de peixe, permitindo melhor aproveitamento dos pescados e dos resíduos gerados pelo processamento dos peixes. O estudo teve o propósito de avaliar o efeito da adição de amido de mandioca e do número de lavagens da carne mecanicamente separada (CMS) nos atributos de qualidade do surimi de tilápia nilótica. A partir de ensaios prévios foi delineado um planejamento experimental composto por duas variáveis independentes: número de lavagem da CMS (1, 3 e 5) e porcentagem de adição de amido de mandioca (zero, 10 ou 20%). As variáveis respostas foram: força de cisalhamento (FC) e umidade (U %), por estarem diretamente correlacionadas com a qualidade final do surimi. Os resultados mostraram um efeito linear do amido de mandioca e do número de lavagens da CMS na umidade do surimi, ou seja, quanto maior a porcentagem de amido e maior o número de lavagens da CMS, maior a umidade do surimi. Para FC os efeitos da lavagem e do amido foram significativos ($P < 0,05$), porém observou-se um efeito quadrático da lavagem e do amido na FC. Assim, pode-se obter uma FC baixa (em relação aos valores encontrados entre os tratamentos testados) com duas a três lavagens da CMS e 10% de amido.

Palavras-chave: CMS, força de cisalhamento, pescado, qualidade

Introdução

O surimi é um produto oriundo do músculo de pescado, constituído principalmente por proteínas miofibrilares, extraídas a partir da polpa de peixes, formando um concentrado de alta qualidade nutritiva e excelente funcionalidade (TEJADA, 1991). Sua tecnologia tem sido largamente aplicada na elaboração de surimi a partir de diversas espécies, sendo que sua produção pode ser uma alternativa para conservação e comercialização de pescado, por possuir vida de prateleira mais extensa (MEDINA e GARROTE, 2002), para diversificar e melhorar o aproveitamento dos recursos pesqueiros, ampliando-se o número de espécies com potencial de comercialização, como também dando uso mais nobre a grande quantidade de resíduos gerados pela indústria (ALFARO et al, 2002).

Amidos são amplamente utilizados em uma grande variedade de produtos pela indústria alimentícia, pois proporcionam mudanças desejáveis na textura e propriedades gelatinizantes dos alimentos (T. RAI, 2006). Em produtos à base de surimi, melhoram suas propriedades físico-químicas, por causa de sua habilidade em modificar sua textura, sua estabilidade em processos de “congelamento-descongelamento” e por diminuir custos de produção (KIM e LEE, 1987). No entanto, diferentes tipos e níveis de inclusão de amido no surimi, proporcionam modificações distintas, afetando sua aceitação pelo consumidor.

Dos amidos comerciais, o amido de batata aumenta mais a força do gel que o amido de milho, devido a sua propriedade de absorver uma grande quantidade de água, e de sua melhor rigidez, coesividade e firmeza (YANG e PARK, 1998). Foi constatado também aumento de coesividade do gel de surimi com a utilização do amido de milho e do amido de mandioca (BARRETO e BEIRÃO, 1999), que também proporciona melhor estabilidade do surimi durante o congelamento (LEE, 1986).

O número de ciclos de lavagem e o volume de água também influenciam na qualidade desejada para o surimi e no tipo de produto que será elaborado (SATO e POLLAK, 2001). A maior importância da lavagem consiste na remoção das proteínas solúveis em água, resultando no aumento da concentração de proteína miofibrilar (actomiosina), o que melhora a força de gel e a elasticidade, propriedades essenciais para produtos baseados no surimi (BELIBAGLI et al, 2003).

A lavagem também influencia na umidade do surimi, principal forma de se avaliar a qualidade do surimi, que no caso do produto japonês, elaborado com o *Alaska pollack*, está diferenciado em quatro categorias: S (super classe) com umidade entre 76,1 e 79,0%; classe A entre 79,1 e 80,0%, classe B entre 80,1 e 81,5% e classe C quando for superior a 81,5% (MIRA e LANFER-MARQUEZ, 2005). O surimi de tilápia é considerado de excelente padrão, o que pode ser comprovado com o teor de umidade apresentado na Tabela 1 (75,44%), valor enquadrado na classe S.

Diversos autores têm estudado formas de melhorar o processamento do surimi, a fim de obterem umidade e textura ideais no produto final para o surubim (MEDINA e GARROTE, 2001), para o carapau (MENDES, 2001), para *Mulloidichthys martinicus* (YARNPAKDEE et al., 2008). Porém, não existem trabalhos avaliando os efeitos da adição do amido de mandioca e do volume de água da lavagem na textura e umidade do surimi de tilápia.

A metodologia da superfície de resposta (MSR) consiste em um grupo de procedimentos estatísticos e matemáticos que podem ser usados no estudo das inter-relações entre uma ou mais respostas (variáveis dependentes) com inúmeros fatores (variáveis independentes) (DINIZ e MARTIN, 1996). A MSR apresenta melhores respostas com relação ao nível de inclusão e combinação de ingredientes (amidos, proteínas e outros) no processamento dos alimentos (CHEN et al., 1993). Murphy et al. (2004) concluíram que com o uso da MSR foi possível encontrar um nível ótimo de inclusão do surimi, que proporcionasse melhor textura e qualidades sensoriais em embutidos cárneos. Os efeitos da temperatura, tempo e relação água-polpa na qualidade do surimi de surubim (*Pseudoplatystoma coruscans*) também foram estudados usando-se a metodologia de superfície de resposta por Medina e Garrote (2001), que definiram padrões ótimos de processamento do surimi de surubim.

Dessa forma, o objetivo desse estudo foi desenvolver e validar um modelo matemático e estatístico pela metodologia de superfície de resposta para indicar o melhor nível de adição de amido de mandioca e o número ideal de lavagens do músculo que proporcionarão melhor textura e umidade ao surimi de tilápia nilótica.

Material e métodos

Local

O presente experimento foi desenvolvido na Universidade Estadual Paulista, UNESP, no Laboratório de Tecnologia de Produtos de Origem Animal, do Departamento de Gestão e Tecnologia Agroindustrial, da Faculdade de Ciências Agrônomicas, Campus de Botucatu.

Matéria-prima

Foram utilizados resíduos da filetagem de tilápia nilótica, obtidos do Frigorífico Fish Fácil, no município de Garça, SP. A carne foi retirada das carcaças de peixes produzidos e abatidos no local, pertencentes a um mesmo lote de produção. Os peixes, depurados por 24 horas, foram abatidos por choque térmico (com uso de água e gelo, na proporção de 1:1), eviscerados e descabeçados para retirada dos filés. Após filetadas, as carcaças dos peixes passaram por uma máquina despolpadora, para retirada do músculo aderido às cartilagens, obtendo-se um produto denominado carne mecanicamente separada (CMS). A CMS foi estabilizada (recebendo adição de conservantes), embalada, congelada em câmara de congelamento a - 25 °C, e posteriormente mantida em freezer a - 18°C.

A amostra foi transportada de Garça até Botucatu (aproximadamente 200 km) em caixas térmicas, permanecendo congeladas. Ao chegar ao laboratório, foi mantida em freezer durante 48 horas.

Processamento do surimi

O surimi foi obtido por processamento manual. A amostra congelada foi mantida sob refrigeração a 5°C durante 24 horas, antes de ser manuseada. Após descongelada, foi submetida a lavagens sucessivas (uma, três ou cinco lavagens) com água destilada fria, sendo o volume de água utilizado quatro vezes o peso da amostra. A temperatura da água durante a lavagem foi mantida em torno dos 5°C, com o uso de gelo moído. Após cada lavagem, que durou em média um minuto, a CMS foi prensada manualmente em tecido de algodão e ao final do processamento foram adicionados crioprotetores: 2% de cloreto de sódio e 1% de sacarose.

Conforme os ensaios experimentais delineados, alguns tratamentos receberam adição ou não de amido de mandioca (zero, 10 e 20%) ao final do processamento. Após essa etapa, o surimi foi mantido congelado (- 18°C) até o momento das análises.

Metodologia de superfície de resposta

Dado o elevado número de variáveis que influenciam a qualidade do surimi, optou-se pelo modelo composto central rotativo da Metodologia da Superfície de Resposta (MSR, BOX e DRAPER, 1987) como desenho experimental estatístico, ferramenta de grande valia para pesquisadores devido a sua capacidade de determinar respostas ótimas para um sistema com um número mínimo de experimentos.

Baseando-se em trabalhos anteriores, foram escolhidas como variáveis independentes: número de lavagens da CMS e nível de adição de amido; e como dependentes: umidade e força de cisalhamento. Foram delineados dois ensaios, analisados em blocos, considerando cada combinação de níveis como um tratamento qualitativo. O intervalo de variação estudado para as variáveis independentes foi de zero a cinco (para o número de lavagens) e zero a 20% (para adição de amido de mandioca). Contabilizando os dois blocos foram realizados nove tratamentos diferentes. As demais condições do processamento foram fixas (temperatura da água de lavagem, tempo de lavagem da CMS e proporção CMS: água).

Para descrição do processo foi empregada uma equação polinomial de segunda ordem, obtida por análise de regressão múltipla do efeito das variáveis independentes nas variáveis respostas:

$$y = B_0 + B_1x_1 + B_2x_2 + \dots + B_nx_n + B_1x_1^2 + B_2x_2^2 + \dots + B_{nn}x_n^2 + B_{1n}x_1x_2 \dots x_n + E$$

Onde: y : resposta determinada no produto final

B_0, B_1, \dots, B_n : constantes

x_1, x_2, \dots, x_n : variáveis independentes consideradas

E : erro experimental com distribuição normal, média zero e variância δ^2

Preparo do gel do surimi

Amostras de surimi, previamente descongeladas, foram acondicionadas em formas de presunto para cozimento e indução da formação do gel de surimi. Cada amostra foi submetida ao aquecimento em “banho-maria” (90°C por 30 min). Após a cocção, foram resfriadas com auxílio de gelo moído, durante 15 minutos, para cessar completamente o processo. Em seguida cada surimi foi cortado em cubos (1cmx1cmx1cm), embalados e congelados durante uma semana para a realização das análises de textura (força de cisalhamento).

Determinação da textura (Força de Cisalhamento)

A força de cisalhamento foi determinada utilizando-se texturômetro (modelo TA. X.T.plus, marca SMS) equipado com cela Warner bratzler (HDP/BSG, tipo guilhotina), célula de carga de cinco quilos, velocidades de carta e cabeça de 12 cm/minuto, e distância de 1,5 cm. Os cubos foram comprimidos no sentido axial até corte completo da amostra. O programa Texture Expert Exceed, versão 2.5, foi usado na coleta dos dados (25 medidas por tratamento) e nos cálculos de textura (expressa em Newtons).

Determinação da umidade

A umidade das amostras de surimi foi definida por secagem em estufa a 105 °C por 24 horas (método 950.46), segundo a AOAC (2000), sendo as análises realizadas em triplicata. Todas as amostras foram armazenadas a – 18 °C e descongeladas a 5 °C por um período de 24 horas antes das análises.

Análises estatísticas

Os dados obtidos foram submetidos a uma regressão linear múltipla, pelo programa estatístico SAS, versão 6.12. Nos resultados em que foram verificadas diferenças significativas entre os tratamentos ($P < 0,05$), as médias foram comparadas pelo teste Tukey – Kramer, ao nível de 5% de probabilidade, e as equações resultantes foram empregadas para a geração das superfícies de resposta obtidas. Para a elaboração dos gráficos da Metodologia de Superfície de Resposta foi utilizado o programa R-Project (disponível em www.r-project.org).

Resultados

Os valores de umidade (%) e força de cisalhamento (N) em função do número de lavagem (L) e adição de amido de mandioca (A) estão ilustrados nas Tabelas 1 e 2. Observou-se no primeiro delineamento (D1) que a umidade (75%) e FC (menores valores) desejáveis foram obtidas no ponto central L3A10 (3 lavagens e 10% de amido de mandioca). No entanto, no segundo delineamento (D2) os mesmos parâmetros foram obtidos para o tratamento L5A10 (75,70% de umidade e menor FC).

Tabela 1 – Delineamento experimental (D1), umidade (U) e força de cisalhamento (FC), obtidos em função do número de lavagens da amostra (L) e adição de amido de mandioca (A).

Tratmentos *	X ₁ L-3/2	L	X ₂ A-10/10	A (%)	Y ₁ U (%)**	Y ₂ FC (N)**
L1A0	-1	1	-1	0	75,24 (0,43)	3,25 (0,59)
L1A20	-1	1	1	20	65,14 (0,20)	3,20 (0,57)
L5A0	1	5	-1	0	83,24 (0,18)	4,30 (1,16)
L5A20	1	5	1	20	71,86 (0,14)	4,24 (1,57)
L3A10	0	3	0	10	72,07 (0,27)	1,71 (0,55)
L3A10	0	3	0	10	78,54 (0,65)	2,24 (1,02)
L3A10	0	3	0	10	72,51 (0,89)	1,50 (0,56)
L3A10	0	3	0	10	72,38 (0,20)	1,63 (0,64)
L3A10	0	3	0	10	74,79 (0,36)	1,44 (0,56)

* Não corresponde à ordem aleatorizada. ** Média (desvio padrão). Foram realizadas 25 leituras de textura (n=25) e 4 análises em triplicata de umidade (n=12) por ensaio.

Para avaliar os efeitos da lavagem e da adição de amido de mandioca no surimi, bem como da interação desses fatores, foi ajustado o modelo quadrático, com efeito de bloco para as duas variáveis respostas (umidade e FC), sendo que para umidade os efeitos lineares foram significativos ($P < 0,05$), e para força de cisalhamento houve significância dos efeitos quadráticos, como pode ser observado nos resultados da análise de variância descritos nas Tabelas 3 e 4, respectivamente.

Para a variável umidade (%) a regressão foi significativa, sendo aceita a equação do modelo ajustado: $Y_1 = 71,09 + 2,64 + 3,40 \cdot X_1 - 4,58 \cdot X_2$. Os efeitos significativos foram os lineares da adição de amido de mandioca (X_2) e do número de lavagens (X_1),

ou seja, quanto maior o número de lavagens e a porcentagem de amido de mandioca no surimi, maior sua umidade (Figuras 1 e 2).

Tabela 2 – Delineamento experimental (D2), umidade (U) e força de cisalhamento (FC), obtidos em função do número de lavagens da amostra (L) e adição de amido de mandioca (A).

Tratamentos *	X₁ L-3/2	L	X₂ A-10/10	A (%)	Y₁ U (%)**	Y₂ FC (N)**
L1A0	-1	1	-1	0	72,61 (0,30)	1,80 (0,69)
L1A20	-1	1	1	20	64,57 (0,88)	1,66 (0,41)
L5A0	1	5	-1	0	78,88 (0,61)	2,47 (1,03)
L5A20	1	5	1	20	71,20 (0,93)	1,79 (0,53)
L3A10	0	3	0	10	68,53 (1,66)	1,80 (0,37)
L1A10	-1	1	0	10	69,31 (0,69)	1,15 (0,21)
L5A10	1	5	0	10	75,70 (0,29)	1,10 (0,10)
L3A0	0	3	-1	0	75,44 (0,97)	1,14 (0,17)
L3A20	0	3	1	20	66,84 (0,09)	2,01 (0,29)

* Não corresponde à ordem aleatorizada. ** Média (desvio padrão). Foram realizadas 25 leituras de textura (n=25) e 4 análises em triplicata de umidade (n=12) por ensaio.

Tabela 3 – Resultados da análise de variância para umidade (%).

Regressão	DF	Soma dos quadrados	R²	Valor F	Pr > F
Bloco	1	28,602006	0,0714	7,20	0,0213
Linear	2	325,432010	0,8122	40,95	<.0001
Quadrático	2	2,832455	0,0071	0,36	0,7080
Interação	1	0,105800	0,0003	0,03	0,8733
Resíduo	11	43,711357	3,973760		

DF = graus de liberdade; R² = coeficiente de regressão.

O modelo linear exibe as interações de cada variável e os valores dos coeficientes, representando os efeitos de cada componente usado na elaboração do surimi (Yoon et al., 1997). Porém, não foi possível determinar um nível de adição de amido ou número de lavagens que resultassem em uma umidade em torno de 75%, pois nota-se que em todo seguimento da isolinha 75 foi possível encontrar o número de lavagens para cada

porcentagem de amido e vice-versa, que produzisse umidade estimada de 75% (Figura 1).

Tabela 4 – Resultados da análise de variância para força de cisalhamento (FC).

Regressão	DF	Soma dos quadrados	R ²	Valor F	Pr > F
Bloco	1	4,099339	0,2476	12,50	0,0047
Linear	2	0,806920	0,0487	1,23	0,3294
Quadrático	2	8,006013	0,4835	12,21	0,0016
Interação	1	0,037813	0,0023	0,12	0,7406
Resíduo	11	3,606966	0,327906		

DF = graus de liberdade; R² = coeficiente de regressão.

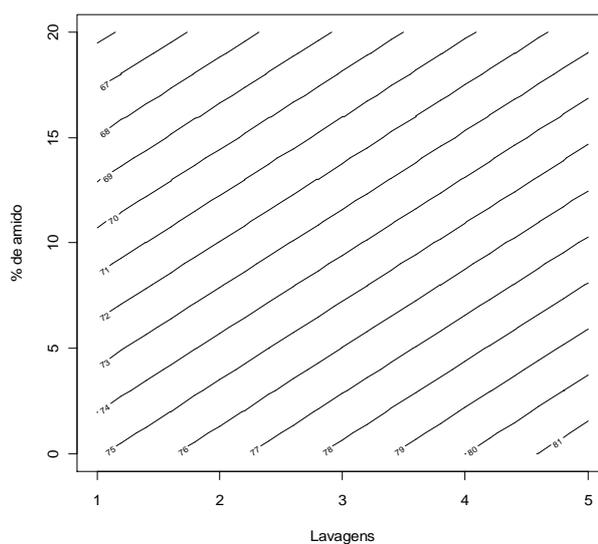


Figura 1. Isolinhas para umidade em função do número de lavagens e % de amido.

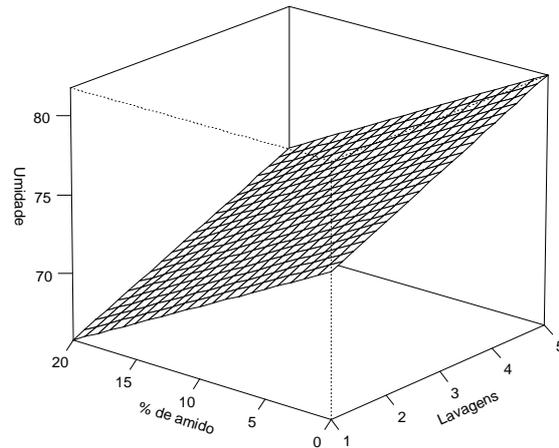


Figura 2. Superfície estimada da umidade em função do número de lavagens e da % de amido.

Para força de cisalhamento foi obtida uma equação de segundo grau: $Y_2 = 0,62 + 1,30 + 0,28 \cdot X_1 + 0,01 \cdot X_2 + 0,55 \cdot X_1^2 + 1,00 \cdot X_2^2$. Os efeitos significativos foram os quadráticos da adição de amido de mandioca (X_2) e do número de lavagens (X_1), gerando a superfície de resposta ilustrada na Figura 4. Pelo ajuste foi possível estimar as condições para força de cisalhamento mínima que resultaram em $X_1 = 2$ ou $X_1 = 3$ e $X_2 = 10$ (Figura 3).

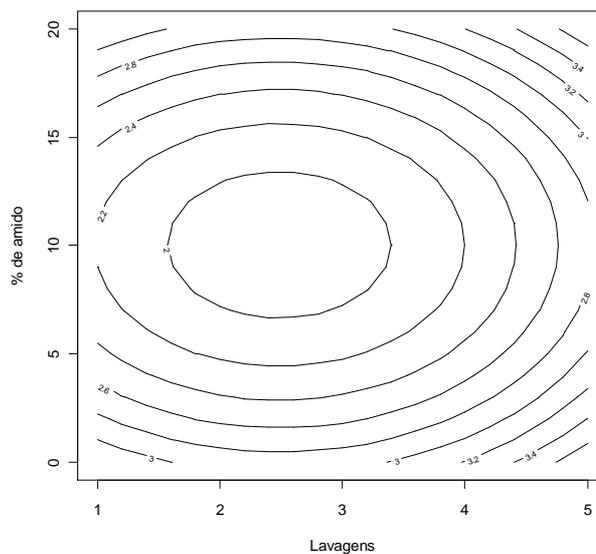


Figura 3. Isolinhas para força de cisalhamento em função do número de lavagens e % de amido.

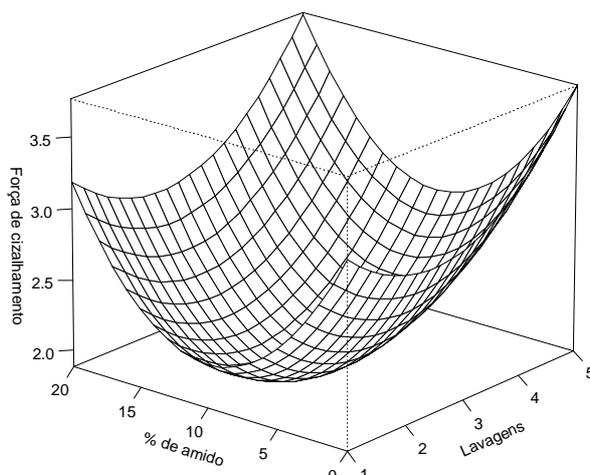


Figura 4. Superfície estimada da força de cisalhamento em função do número de lavagens e da % de amido.

Discussão

A umidade do surimi é inversamente proporcional ao nível de adição de amido para produtos contendo de zero a 10% de amido de mandioca, sendo que o nível de 8% foi considerado como ponto de máximo de adição de amido de batata para o surimi de *Alaska pollack* (CHEN et al., 1993). No caso do surimi de tilápia, o nível de adição de amido de mandioca está em torno de 10% para produtos lavados de duas a três vezes, baseado na melhor umidade (75%) e menor FC obtida (Figura 1). A força de cisalhamento avalia a resistência do surimi ao corte ou “mordida”, e, por isso, menores valores são mais indicados, porém, não existem padrões ou valores sugeridos pela literatura, os resultados devem ser comparados entre os tratamentos apenas.

O surimi é usado na fabricação de uma variedade de produtos análogos de frutos do mar, cuja propriedade mais importante para aceitação sensorial é a textura. Assim, propor formulações com níveis diferentes de ingredientes é um ponto crítico na produção do surimi (CHEN et al., 1993).

O aumento da FC do surimi de tilápia com a adição de amido de mandioca pode ser explicado pelos efeitos da inclusão desse ingrediente nos alimentos. Isso porque os grânulos de amido preenchem o espaço intersticial da rede proteica do surimi, expandindo durante o tratamento térmico, até que o amido seja totalmente confinado pela matriz proteica, resultando em uma estrutura firme e coesa (PARK, 2005). Esse comportamento resulta em uma maior força do gel (YOO e LEE, 1993).

Nos resultados de umidade e textura em função do número de lavagem da CMS (Figuras 1 e 3) foi observado aumento da umidade conforme aumento do número de lavagem da CMS. Diversos trabalhos relatam aumento da umidade após lavagem da CMS para tilápia (KIRSCHNIK, 2007), pescada (SIMÕES et al., 1998) e *Alaska pollack* (*Theragra chalcogramma*) (JIN et al., 2007). No entanto, Baxter e Skonberg (2008) não observaram efeito da lavagem para o surimi de caranguejo *Cancer borealis* observando valores de 80,5% para o produto lavado uma vez e de 79,9% de umidade para o surimi lavado três vezes.

O efeito da lavagem da CMS na qualidade do gel do surimi pode ser observado pelas respostas obtidas na análise de FC (Figura 3). A lavagem é um dos métodos mais utilizados para melhorar a qualidade do gel de surimi (PARK e MORRISSEY, 2005), pois elimina certos agentes oxidantes que induzem a degradação proteica, prejudicando a agregação das fibras musculares durante a indução do gel (LIU e XIONG, 2000) e concentra as proteínas miofibrilares, resultando em maior FC devido ao fortalecimento da rede proteica do surimi (BAXTER e SKONBERG, 2008). Esse comportamento foi observado no surimi sem adição de amido (0%) que apresentou maior FC para o maior número de lavagens.

O volume ou número de lavagens da CMS é importante, principalmente quando existe interação entre processo e ingredientes. Estudos têm demonstrado que a maior parte das proteínas solúveis em água é removida nas primeiras lavagens (LIN e PARK, 1996), sendo que lavagens subseqüentes podem causar severos danos nas proteínas miofibrilares, prejudicando a textura do surimi, gerando maior quantidade de efluentes e custos para indústria (PARK e LIN, 2005).

Esse modelo mostrou que a umidade e a FC do surimi de tilápia dependem da adição de amido de mandioca e do número de lavagens da CMS. Essas conclusões são válidas e explicam o processo apenas para a faixa de variação estudada (zero a 20% e uma a cinco lavagens) e para as condições empregadas (tipo de material e equipamento), não sendo possível realizar previsões para outras condições.

Conclusão

A metodologia da superfície de resposta foi adequada para avaliar os efeitos da adição de amido de mandioca e dos ciclos de lavagem na umidade do surimi, sendo que duas a três lavagens da CMS e 10% de amido proporcionaram melhores respostas (75% de umidade).

A adição de amido de mandioca e o número de lavagens da CMS exercem um efeito linear na umidade do surimi de tilápia. A FC varia conforme o nível de adição de amido de mandioca e o número de lavagens da CMS.

A CMS de tilápia pode ser usada na elaboração do surimi por apresentar umidade e textura desejáveis para produtos à base de pescado.

Agradecimentos

A FAPESP pelo apoio financeiro ao projeto.

Referências

ALFARO, A. et al. Definição de fatores para o planejamento experimental de um produto de tipo presunto processado a partir de carne de pescado mecanicamente separada (CPMS). In: **XVIII Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 2002, Porto Alegre, Anais... Porto Alegre: SBCTA, 2002. p 80-84.

A.O.A.C. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists International**, 17th ed. Arlington: AOAC, 2000. 937 p.

BARRETO, P. L. M.; BEIRÃO, L. H. Influencia do amido e da carragena nas propriedades texturiais de tilápia (*Oreochromis sp*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.19, p.183-188, 1999.

BAXTER, S. R.; SKONBERG, D. I. Gelation properties of previously cooked minced meat from Jonah crab (*Cancer borealis*) as affected by washing treatment and salt concentration. **Food Chemistry**, v. 109, p. 332-339, 2008.

BELIBAGLI, K. B.; SPEERS, R. A; PAULSON, A. T. Thermophysical properties of silver hake and mackerel surimi at cooking temperatures. **Journal of Food Engineer**, v.60, p.439-448, 2003.

BOX, G. E. P.; DRAPER, N. R. Empirical model-building and response surfaces. In: Box, G. E. P.; & Draper, N. R. C. **Wiley series in probability and mathematical statistics**. New York: John Willey & Sons, 1987. 669p.

CHEN, J. S.; LEE, C. M.; CRAPO, C. Linear Programming and Response Surface Methodology to Optimize Surimi Gel Texture. **Journal of Food Science**, v. 58, n.3, p.535-538, 1993.

DINIZ, F. M.; MARTIN, A. M. Use of response surface methodology to describe the combined effects of pH, temperature and E/S ratio on the hydrolysis of dogfish (*Squalus acanthias*) muscle. **International Journal of Food Science & Technology**, v.31, n.5, p.419-426, 1996.

JIN, S-K. et al. Effect of muscle type and washing times on physico-chemical characteristics and qualities of surimi. **Journal of Food Engineering**, v. 81, p. 618-623, 2007.

KIM, J. M.; LEE, C. M. Effect of starch of textural properties of surimi gel. **Journal of Food Science**, v.52, p.722, 1987.

- KIRSCHNIK, P. **Avaliação da estabilidade de produtos obtidos de carne mecanicamente separada de tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*)** Jaboticabal, 2007, 91 f. (Tese de Doutorado em Aqüicultura, Faculdade de Ciências Agrônômicas e Veterinárias, Centro de Aqüicultura da UNESP).
- LEE, C. M. Surimi manufacturing and fabrication of surimi-based products. **Food Technology**, v.40, p.118-124, 1986.
- LIN, T. M.; PARK, J. W. Effective washing conditions reduce water usage for surimi processing. **Journal of Aquatic Food Product Technology**, v.6, n.2, p. 65-79, 1996.
- LIU, G.; XIONG, Y. I. Electrophoretic pattern, thermal denaturation on *in vitro* digestibility of oxidized myosin. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, p. 624-630, 2000.
- MEDINA, J. R.; GARROTE, R. L. Determining washing conditions during the preparation of frozen surimi from surubim (*Pseudoplatystome coruscans*) using response surface methodology. **Journal of Food Science**, v.67, n.3, p.1455-1461, 2001.
- MENDES, R. **Polpa e surimi de pequenos pelágicos da costa portuguesa**. Lisboa, 2001, 205f. (Dissertação de Investigador Auxiliar, Instituto de Investigação das Pescas e do Mar).
- MURPHY, S. C. et al. Evaluation of surimi, fat and water content in a low/no added pork sausage formulation using response surface methodology. **Meat Science**, v.66, p.689-701, 2004.
- PARK, J. W. **Surimi and surimi seafood**. 2 ed. New York: Marcel Dekker, 2005. 923 p.
- PARK, J. W.; LIN, T. M. J. Surimi: manufacturing and evaluation. In: Park, J. W. **Surimi and surimi seafood**. New York: Marcel Decker, 2005. Capítulo 2, p. 33-106.
- PARK, J. W.; MORRISSEY, M. T. Manufacturing of surimi from light muscle fish. In: Park, J. W. **Surimi and surimi seafood**. New York: Marcel Dekker, 2005. Capítulo 1, p. 23-58.
- SATO, T.; POLLAK, A. **Surimi y alimentos derivados**. Montevideu: Instituto de Investigaciones Pesqueras Prof. Dr. V. H. Bertullo, 2001. 23 p.
- SIMÕES, D. R. S. et al. Hambúrgueres formulados com base protéica de pescado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.18, p. 414-420, 1998.
- T.RAI, S. M. Morphology and functional properties of corn, potato and tapioca starches. **Food Hydrocolloids**, v.20, p.557-566, 2006.
- TEJADA, M. Tendencias actuales en la utilización de surimi. **Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos**, v.31, n.3, p.310-318, 1991.
- YANG, H.; PARK, J. W. Effects of starch properties and thermal-processing conditions on surimi-starch gels. **Leberns.-Wiss.u. – Technol.**, v.31, p.344-353, 1998.
- YARNPAKDEE, Y.; BENJAKUL, S.; VISESSANGUAN, W.; KIJROONGRANA, K. Autolysis of goatfish (*Mulloidichthys martinicus*) mince: characterisation and effect of washing and skin inclusion. **Food Chemistry**, doi: 10.1016/j.foodchem.2008.11.014, 2008.
- YOO, B.; LEE, C. M. Rheological relationships between surimi Sol and gel as affected by ingredients. **Journal of Food Science**, v.58, p. 880-883,1993.

CAPÍTULO 2 - Propriedades físicas, químicas e microestruturais do surimi de tilápia

Resumo

A análise da morfologia dos alimentos é muito importante para avaliar os efeitos do processamento e da adição de aditivos sobre a estrutura microscópica dos seus componentes. Isso porque a maioria dessas estruturas contribui para melhorar os atributos de qualidade e identidade dos alimentos. O objetivo deste estudo foi avaliar a estrutura da matriz protéica e os parâmetros: composição, pH, cor, atividade de água, oxidação lipídica e degradação proteica no surimi elaborado com carne mecanicamente separada (CMS) de tilápia. Na elaboração do surimi foram utilizados diferentes ciclos de lavagens (um, três ou cinco) e diferentes níveis de adição de amido (zero, 10% ou 20%). A microestrutura das amostras foi observada utilizando-se um microscópio eletrônico de varredura. Os teores de umidade e proteína apresentaram-se dentro dos níveis esperados, porém os teores de lipídeos foram altos devido à grande quantidade de gordura presente na matéria-prima. Os parâmetros cor, pH e Aa ficaram dentro do padrão do surimi de outras espécies. Observou-se que a textura do produto foi mais descontínua, formando uma rede de malhas irregulares, nos surimis submetidos a apenas um ciclo de lavagem da CMS ou que não receberam adição de amido de mandioca na sua formulação. O tecido apresentou orifícios de ar característicos de produtos reestruturados, e algumas fibras musculares isoladas. O estudo comprovou que a lavagem e a adição de amido de mandioca ao músculo da tilápia transformam a proteína original em um tecido flexível e modelável, proporcionando a utilização do surimi na elaboração de diversos tipos de produtos.

Palavras-chave: amido de mandioca, ciclos de lavagem, fibras musculares, polpa

Abstract

Microscopic food analyses are a useful tool to evaluate the effects of processing food and additive inclusion on this structure and components. That's because a range of this structures are responsible to improve the food quality and identify. This study evaluated the protein matrix structure and chemistry parameters (composition, pH, color, water activity, lipid oxidation and protein degradation) of five surimi formulations, with different washing cycles (one, three or five minced washing cycles) and three levels of cassava starch addition (zero, 10 and 20%). The microstructure was observed using a

scanning electronic microscopy. The moisture and protein levels were normal for tilapia surimi, but lipid level was higher than expected because the highest quantity of fat in the minced. The quality parameters (color, pH and Water activity) found was similar with surimi of others species. The product texture observed was more discontinuous, similar an irregular network, in treatments submitted just a one washing cycle or on those which did not received cassava starch on this formulation. The tissue showed several air holes and pieces of muscle occupying small areas, with an irregular distribution. This work comproved that washing of minced and cassava starch addition transforms the original protein in a flexure and modeling tissue, which can be use in products elaboration.

Keywords: cassava starch, minced, muscular fibrous, washing cycles

Introdução

A filetagem da tilápia gera grande quantidade de resíduos (cabeça + espinha) que correspondem a 55,85% do total do pescado, o que torna importante o seu aproveitamento (SIMÕES et al., 2007). Muitas tecnologias têm surgido com possíveis utilizações desses subprodutos, transformando-os em produtos nutritivos e com boa aceitação no mercado, como o caso da CMS e do surimi, que pode ser obtido através da carne que fica aderida à espinha dorsal do pescado após o processo de filetagem.

O surimi consiste em uma base proteica, obtida a partir do músculo de pescado, submetida a lavagens sucessivas (onde se eliminam gordura, sangue, substancias odoríferas e proteínas solúveis em água), refino, desidratação, adição de crioprotetores e congelamento para sua preservação (LEE, 1984). Esse método se baseia na eliminação das proteínas sarcoplasmáticas, que impedem a correta formação do gel (ÁLVAREZ-PARRILLA et al., 1997), principal forma comercial do surimi.

O tratamento térmico é a técnica mais comum usada na indução da formação do gel do surimi (TABILO-MUNIZAGA e BARBOSA-CANOVAS, 2004). Seu mecanismo de gelatinização ocorre em dois estágios, um envolve o desdobramento inicial da proteína, o outro, a sua agregação. A desnaturação térmica aumenta a quantidade de água ligada a proteína, formando uma estrutura tridimensional capaz de reter as moléculas de água e formar o gel (MANGINO, 1992).

Durante o processo de elaboração do surimi, a estrutura muscular do pescado se modifica substancialmente. Somente estudos microscópicos podem avaliar a intensidade dessas modificações, alterando processos e produtos na melhoria dos atributos de

qualidade do gel de surimi. Atualmente, a utilização de imagem microestrutural proporciona estudos que levarão ao entendimento das mudanças físico-químicas dos alimentos (AGUILERA, 2005).

Em estudos realizados por microscopia eletrônica de transmissão (MET), observou-se que no surimi há uma perda da organização das cadeias de sarcômeros, resultando em redes de fibras (AGUILERA e STANLEY, 1999). A utilização de agentes estabilizantes como os amidos proporciona a formação de emulsões que dependendo do tratamento térmico do surimi, tornam o produto mais estável e homogêneo (MOREIRA et al., 2006).

Diversas espécies podem ser utilizadas na elaboração do surimi a base de pescado, no entanto, alguns peixes mais gordurosos podem dificultar a eliminação de substâncias indesejáveis durante os ciclos de lavagem do músculo. A tilapia produz um surimi de alto padrão, sendo que a qualidade do seu gel pode ser comparada com o padrão do gel de surimi do *Alaska Pollack*, principal peixe utilizado na obtenção do surimi por possuir ótimas características organolépticas e carne de coloração clara (YONGSAWATDIGUL et al., 2000).

O objetivo desse trabalho foi o de comparar os parâmetros físicos e químicos e a morfologia do surimi de tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*).

Material e métodos

Local

O presente experimento foi desenvolvido na Universidade Estadual Paulista, UNESP, no Laboratório de Tecnologia de Produtos de Origem Animal, do Departamento de Gestão e Tecnologia Agroindustrial, da Faculdade de Ciências Agronômicas, Campus de Botucatu.

Matéria-prima

Foram utilizados resíduos da filetagem de tilápia nilótica, obtidos do Frigorífico Fish Fácil, no município de Garça, SP. A carne foi retirada das carcaças de peixes produzidos e abatidos no local, pertencentes a um mesmo lote de produção. Os peixes, depurados por 24 horas, foram abatidos por choque térmico (com uso de água e gelo, na proporção de 1:1), eviscerados e descabeçados para retirada dos filés. Após filetadas, as carcaças dos peixes passaram por uma máquina desossadora, para retirada do músculo aderido às cartilagens, obtendo-se um produto denominado Carne Mecanicamente Separada (CMS). A CMS foi estabilizada, embalada, congelada em túnel de congelamento a - 25 °C, e posteriormente mantida em freezer a - 18°C.

A amostra foi transportada de Garça até Botucatu (aproximadamente 200 km) em caixas térmicas, permanecendo congeladas. Ao chegar ao laboratório, foi mantida em freezer durante 48 horas.

Preparo do surimi

O surimi foi obtido por processamento manual. A CMS congelada foi mantida sob refrigeração a 5°C durante 24 horas, antes de ser manuseada. Após ser descongelada, foi submetida a lavagens sucessivas (uma, três ou cinco lavagens) com água destilada fria, sendo o volume de água utilizado quatro vezes o peso da CMS do pescado. A temperatura da água durante a lavagem foi mantida em torno dos 5°C, com o uso de gelo moído. Após cada lavagem, que durou em média um minuto, a CMS foi prensada manualmente em tecido de algodão e ao final do processamento foram adicionados crioprotetores: 2% de cloreto de sódio e 1% de sacarose.

Ao final do processamento, foram adicionados ou não diferentes níveis de amido de mandioca, obtendo-se os seguintes tratamentos: 1) uma lavagem da CMS, 2) uma lavagem da CMS e 20% de amido de mandioca, 3) cinco lavagens da CMS, 4) cinco lavagens da CMS e 20% de amido de mandioca e 5) três lavagens da CMS e 10% de amido de mandioca. Após essa etapa, o surimi foi mantido congelado (- 18°C) até o momento das análises.

O rendimento do surimi foi calculado segundo a equação: $R = (\text{peso final} \times 100) / \text{Peso inicial}$.

Preparo do gel do surimi

Amostras de surimi, previamente descongeladas, foram acondicionadas em formas de presunto para cozimento e indução da formação do gel de surimi. Cada amostra foi submetida ao aquecimento em “banho-maria” (90°C por 30 min). Após a cocção, foram resfriadas com auxílio de gelo moído, durante 15 minutos, para cessar completamente o processo. Em seguida as amostras foram embaladas e congeladas até o momento das análises de morfologia e cor.

Análises físicas e químicas

A composição centesimal das amostras de surimi e da CMS de tilápia foi determinada segundo a AOAC (2000), sendo as análises realizadas em triplicata. Todas as amostras foram armazenadas a - 18 °C e descongeladas a 5 °C por um período de 24 horas antes das análises. A umidade foi determinada por secagem em estufa a 105 °C por 24 horas (método 950.46); a proteína bruta pelo método semimicro Kjeldahl (N x

6,25) (método 928.08); e os lipídeos determinados por extração com clorofórmio metanol, segundo método de Folch et al. (1957).

A atividade de água foi medida por analisador de atividade de água, Aqualab 3T, da Decagon Devices. Aproximadamente 5g de amostra homogeneizada e em temperatura ambiente foram colocadas na cápsula de medição e introduzidas ao equipamento até leitura constante da amostra.

O potencial hidrogeniônico (pH) foi determinado por leitura direta em peagômetro digital (marca TESTO, modelo 205).

A oxidação lipídica foi avaliada pela formação de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (SRATB), segundo método de Vyncke (1970). As proteínas solúveis foram determinadas segundo a mensuração do nitrogênio solúvel em ácido tricloroacético (TCA), feita em avaliação do filtrado de solução TCA, conforme descrito por Stefansson et al. (2000).

Análise Instrumental

A cor instrumental foi determinada em um espectrofotômetro de cor Minolta (modelo CM 20001), sob ângulo de 90°, a temperatura ambiente. Os valores de L*, a* e b* foram baseados no sistema CIELAB, desenvolvido por Hunter (1975). O valor de L* determina o cromo associado à luminosidade (L*= 0 preto, L*=100 branco), a* o croma que varia de verde (-a) a vermelho (+a); e b* que varia de azul (-b) ao amarelo (+b). Para o cálculo de brancura ou luminosidade (w), foi usada a fórmula: $w = L^* - 3b^*$; segundo o sistema Hunter Lab. Foram realizadas 18 leituras para cada formulação de surimi.

Morfologia

A análise morfológica, em microscopia eletrônica de varredura, foi realizada no Centro de Microscopia Eletrônica do Instituto de Biociências, UNESP, Botucatu. As amostras foram fixadas em glutaraldeído tamponado 2,5% e pós-fixadas em tetróxido de ósmio 1%, por duas horas. Em seguida, foram lavadas em tampão fosfato, desidratadas em etanol, e secas em ponto crítico com CO₂. As amostras foram metalizadas com íons de ouro-pálido para serem elétron-micrografadas no equipamento JEOL-JSM 5410. Foram preparadas quatro amostras de cada tratamento.

Análises estatísticas

Os dados obtidos foram analisados pelo programa estatístico SAS, versão 6.12. Nos resultados em que foram verificadas diferenças significativas entre os tratamentos

($P < 0,05$), as médias foram comparadas pelo teste Tukey – Kramer, ao nível de 5% de probabilidade.

Resultados e discussão

Composição e rendimento da matéria-prima

Os resultados de rendimento e os teores de umidade, proteínas e lipídeos estão apresentados na Tabela 1. Apesar da lavagem da carne retirar gordura, sangue, mineral e parte das proteínas sarcoplasmáticas do músculo, há uma concentração das proteínas miofibrilares que têm grande capacidade de se ligar às moléculas de água, e por isso o rendimento em relação à quantidade original de matéria-prima foi próximo de 100%.

Tabela 1 – Rendimento e teores de umidade, proteínas e lipídeos da CMS e do surimi de tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*).

Tratamentos	Rendimento			
	(%)	Umidade (%)	Proteína (%)	Lipídeos (%)
CMS	-	73,87 (0,15) ^b	15,87 (0,33) ^a	7,60 (0,53) ^a
1	99,59 ^a	75,24 (0,43) ^b	14,10 (0,22) ^b	6,39 (0,62) ^b
2	92,94 ^b	65,14 (0,20) ^c	11,58 (0,32) ^d	5,99 (0,36) ^b
3	99,81 ^a	83,24 (0,18) ^a	12,07 (0,76) ^d	5,38 (0,58) ^{bc}
4	100,86 ^a	71,86 (0,14) ^b	8,93 (0,03) ^e	3,10 (0,53) ^d
5	93,11 ^b	72,07 (0,27) ^b	13,40 (2,02) ^c	5,10 (0,53) ^c

CMS in natura. Tratamentos: 1 (uma lavagem da CMS), 2 (uma lavagem da CMS e adição de 20% de amido de mandioca), 3 (cinco lavagens da CMS), 4 (cinco lavagens da CMS e adição de 20% de amido de mandioca), 5 (três lavagens e adição de 10% de amido de mandioca). Média de quatro amostras analisadas em triplicata (Desvio padrão). Médias seguidas de letras diferentes nas colunas demonstram diferença significativa entre os tratamentos ($P < 0,05$).

Os valores de rendimento foram superiores aos citados na literatura. Kirschnik (2007) obteve um rendimento da polpa de 84,7%. Surimi produzido com a espécie Alaska Pollack, em cinco ciclos de lavagem, foi obtido rendimento de 60,2%. Porém o processo utilizado para o preparo do surimi foi industrial, o que permite uma maior eficiência na remoção da água ligada à proteína (MOOSAVI-NASAB et al., 2005). Sebben et al. (2000) encontraram valores de 89,23% para o surimi de carpa comum submetido a um ciclo de lavagem da CMS e de 75,71% para o mesmo produto submetido a três ciclos de lavagem.

Os valores de umidade da CMS de tilápia de 73,87% neste trabalho estão próximos aos encontrados por Kirschnik (2007) de 77,29% também para CMS de tilápia. A CMS apresentou valores de proteína próximos aos encontrados em filés frescos de tilápia por Grýschek et al. (2002), que observaram teores de 17,08% de proteína e diferentes de Souza et al. (2004) que encontraram valores de 26,65%.

Os resultados demonstram o efeito do número de ciclo de lavagens nos parâmetros analisados, quando comparados com a CMS. O surimi produzido com um ciclo de lavagem (Tratamento 2) tem um pequeno aumento nos teores de umidade, com conseqüente diminuição nos teores de proteína e lipídeos, enquanto que no surimi com cinco ciclos de lavagem (Tratamento 3) os valores de umidade tem um aumento de 10 pontos percentuais. Por outro lado a adição de 20% de amido causou uma diminuição dos teores de umidade em torno de 13%, quando comparados aos efeitos desta adição nos resultados dos tratamentos 1 e 2 (um ciclo de lavagem), e dos tratamentos 3 e tratamento 4 (cinco ciclos de lavagem). Valores de umidade variando de 74 a 78% foram descritos para surimi de carapau (*Trachurus trachurus*) e de merluza (*Merluccius merluccius*), respectivamente (ÁLVAREZ-PARRILLA et al., 1997). No surimi de “Alaska Pollack” (*Theragra chalcogramma*) a adição de 5% de amido de milho resultou em uma umidade de 83%, sendo que a matéria prima original possuía 76% de umidade (COUSO et al., 1998).

Ao longo do processo de elaboração do surimi há um decréscimo significativo da proteína devido à perda por lixiviação das proteínas sarcoplasmáticas que ocorre durante a lavagem do músculo. Menores teores de proteínas são dependentes do número do ciclo de lavagens, o que pode ser visualizado no tratamento 3. No entanto, houve redução considerável da proteína bruta (40%) com adição de 20% de amido (Tratamento 4).

A variação encontrada nos valores de proteína (Tabela 1) está de acordo com Kirschnik (2007), que determinou porcentagens de 15,13% para CMS não lavada e 8,93% de proteína para polpa, observando diminuição nos teores de proteína nas CMS lavadas devido à remoção da maioria das proteínas solúveis. Este fato também foi observado por Gryscek et al. (2003) que reportaram diminuição nos teores de proteína de aproximadamente 26% após processo de lavagem do músculo da tilápia. No surimi de tilápia, uma lavagem causou redução de 6% da proteína, enquanto cinco lavagens provocaram 20% de redução.

A porcentagem de lipídeos determinada foi acima do esperado (6 a 3%). Esse fato deve-se a grande quantidade de gordura encontrada na região ventral do filé de tilápia, chamada de “apara da filetagem”, que pode ter elevado a quantidade de lipídeo presente na matéria-prima. Valores entre 0,39% (Mira & Lanfer-Marquez, 2005) e 1,63% (Kirschnik, 2007) são citados para surimi de peixes.

É importante ressaltar que a composição varia com a origem, qualidade, armazenamento, e outros fatores ambientais durante a produção e o processamento dos peixes. Por isso, existe diferença entre os resultados encontrados e aqueles citados por outros autores.

Parâmetros físicos e químicos do surimi

Os resultados das análises químicas do surimi de tilápia estão apresentados na Tabela 2. A taxa de oxidação lipídica e a taxa de degradação proteica estão expressas em SRATB e nitrogênio solúvel, respectivamente.

Tabela 2 – Características físico-químicas da CMS e do surimi de tilápia de nilótica (*Oreochromis niloticus*).

Tratamentos*	SRATB (mg MDA/kg surimi)	Nitrogênio solúvel (%)	pH	Aa
CMS	0,103 (0,015) ^c	10,50 (0,14) ^d	8,04 (0,005) ^a	-
1	0,083 (0,008) ^b	6,29 (0,76) ^c	8,02 (0,005) ^a	0,989 (0,004) ^a
2	0,075 (0,003) ^{ab}	5,09 (0,18) ^c	8,03 (0,005) ^a	0,985 (0,002) ^a
3	0,083 (0,021) ^b	1,28 (0,10) ^a	8,03 (0,006) ^a	0,989 (0,003) ^a
4	0,069 (0,007) ^a	1,25 (0,26) ^a	8,03(0,000) ^a	0,987 (0,001) ^a
5	0,102 (0,005) ^c	3,00 (0,13) ^b	8,03 (0,005) ^a	0,987 (0,002) ^a

CMS *in natura*. Tratamentos: 1 (uma lavagem da CMS), 2 (uma lavagem da CMS e adição de 20% de amido de mandioca), 3 (cinco lavagens da CMS), 4 (cinco lavagens da CMS e adição de 20% de amido de mandioca), 5 (três lavagens e adição de 10% de amido de mandioca). Média de quatro amostras analisadas em triplicata (Desvio padrão). Médias seguidas de letras diferentes nas colunas demonstram diferença significativa entre os tratamentos (P<0,05). SRATB = oxidação lipídica; Aa = Atividade de água.

Os valores de SRATB são utilizados como indicadores do grau de oxidação lipídica, sendo quantificados em miligramas de malonaldeído (MDA), que é a principal substância formada durante a oxidação e que reage com o ácido tiobarbitúrico. Os valores de SRATB (Tabela 2) demonstram que a lavagem diminuiu a taxa de oxidação

lipídica em comparação a CMS *in natura*, porém não houve diferença entre uma e cinco lavagens (tratamentos 1 e 3). A lavagem da polpa pode prevenir a oxidação lipídica, pois além de retirar boa parte da gordura contida no músculo do peixe, ela também remove produtos primários e secundários da oxidação lipídica (EYMARD et al., 2005). Gryscek (2001) e Kirschnik (2007) estudaram o efeito do processo de lavagem da CMS de tilápia na oxidação lipídica, e também observaram menores valores de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico SRATB no “minced” lavado em relação à CMS.

Com relação aos valores encontrados, segundo Ke et al. (1984), abaixo de 0,576 mg MDA/kg a taxa de oxidação é baixa ou indica nenhuma rancificação; entre 0,648 e 1,44mg MDA/kg é leve, e valores superiores a 1,51 são classificados como inaceitáveis. Kelleher et al. (1994) observaram que valores de 1,5 mg de MDA/kg são acompanhados de odor desagradável. Dessa forma, segundo esses autores, o surimi e a CMS apresentaram níveis ótimos de MDA.

A análise da porcentagem de nitrogênio solúvel determinou valores muito mais altos para a CMS, que diminuíram com o número de lavagens da CMS (Tabela 2). Esses resultados demonstram que a lavagem inibe a degradação protéica da CMS, melhorando a estabilidade do produto. A maior proporção de nitrogênio solúvel encontrada na CMS pode também indicar que as proteínas sarcoplasmáticas apresentam maior taxa de degradação protéica do que as miofibrilares, e por isso o surimi apresentou valores de nitrogênio solúvel menores, por eliminar as proteínas hidrossolúveis durante a lavagem.

Os valores de pH não variaram entre os tratamentos, e não houve diferença entre os valores encontrados na carne e no surimi, independente da adição de amido de mandioca ou do número de lavagens da carne (Tabela 2).

A importância do pH do músculo do peixe se reflete principalmente na textura e no “gaping”, fenômeno de ruptura que ocorre nos filés congelados, prejudicando sua qualidade para comercialização ou o processamento em produtos integrais (LOVE, 1992). Na CMS de pescado, não há esse problema, devido ao processo de separação mecânica que desintegra o músculo de peixe (JESUS et al., 2001). O aumento do pH pode indicar degradação protéica, com liberação de substâncias como amônia e outras aminas (KIRSCHNIK, 2007). Alvarez-Parrilla et al.(1997) descreveram que valores de pH no intervalo de 6 a 8, indicam que não há desnaturação proteica e pode-se obter um gel de boa qualidade deste produto, sendo que a lavagem pode elevar o pH da polpa de

6,5 para 6,9 (NOWSAD et al., 2000). Porém, este aumento é verificado quando o produto é estocado congelado. Jesus et al. (2001) avaliou “minced fish” estocados a -18°C e constatou aumento nos valores de pH ao longo de 150 dias de estocagem, de 6,50 a 7,07.

A atividade de água manteve-se elevada em todos os tratamentos, apresentando valores próximos aos do surimi de carapau (0,989) e de merluza (0,987) (ALVAREZ-PARRILLA et al., 1997). A análise da atividade de água dos alimentos é fundamental para garantir sua estabilidade durante estocagem. No entanto, poucos são os trabalhos que utilizam essa ferramenta, principalmente em produtos reestruturados como o surimi.

Análise Instrumental - Cor

Os resultados da análise colorimétrica do gel do surimi de tilápia estão expressos na Tabela 3. Geralmente, existe grande preferência pelo surimi com alta luminosidade (L), baixa coloração amarela (b) e alta brancura (w) (HSU e CHIANG, 2002). Os valores encontrados para o surimi de tilápia estão dentro do padrão esperado, onde o valor de L deve ser maior que 50 e a brancura (w) entre 40 a 54 (ALVAREZ-PARRILLA et al., 1997).

Tabela 3 – Análise da cor da CMS e do gel do surimi de tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*).

Tratamentos*	L ¹	a ²	b ³	w ⁴
CMS	65,06 (1,67)	4,96 (0,93)	8,41 (1,09)	39,83 (3,00) ^e
1	58,75 (0,52)	2,24 (0,54)	5,56 (0,95)	42,06 (3,03) ^{de}
2	71,62 (0,61)	2,00 (0,43)	8,44 (0,32)	46,29 (1,20) ^c
3	58,79 (0,73)	0,27 (0,42)	2,15 (0,94)	52,34 (3,27) ^a
4	74,58 (0,78)	1,50 (0,17)	8,05 (0,43)	50,44 (1,75) ^a
5	69,48 (0,61)	1,85 (0,41)	7,93 (0,50)	45,68 (1,66) ^c

¹ Luminosidade; ² Cromo vermelho; ³ Cromo amarelo; ⁴ w = L - 3b. CMS in natura. Tratamentos: 1 (uma lavagem da CMS), 2 (uma lavagem da CMS e adição de 20% de amido de mandioca), 3 (cinco lavagens da CMS), 4 (cinco lavagens da CMS e adição de 20% de amido de mandioca), 5 (três lavagens e adição de 10% de amido de mandioca). Letras minúsculas nas colunas demonstram diferença significativa entre os tratamentos (P<0,05). Foram realizadas 18 leituras por tratamento. Média (desvio padrão).

Os resultados obtidos mostram que a lavagem da CMS causa uma diminuição da luminosidade, efeito indesejável, porém com efeito positivo na diminuição da cor amarela e no aumento da brancura, ambos influenciados pelo número de ciclos de lavagem. De acordo com Tabilo-Munizaga e Barbosa-Cánovas (2004), a adição de

aditivos como amidos, eleva os valores de brancura do surimi, o que foi observado neste trabalho.

O número de lavagens também proporcionou melhor coloração conforme os valores encontrados para os tratamentos 1 ($w = 42,06$) e 3 ($w = 52,34$). Os resultados encontrados para o tratamento 5 estão próximos aos valores do tratamento 2, mostrando que quanto maior o número de lavagens, maior a brancura do produto pela eliminação de sangue e substâncias odoríferas.

Caracterização da microestrutura do gel de surimi

As eletromicrografias obtidas ao microscópio eletrônico de varredura (MEV) estão apresentadas nas Figuras enumeradas de 1 a 6, que correspondem às formulações: 1) CMS *in natura*, 2) uma lavagem da CMS, 3) uma lavagem da CMS e adição de 20% de amido de mandioca, 4) cinco lavagens da CMS, 5) cinco lavagens da CMS e adição de 20% de amido de mandioca, 6) três lavagens da CMS e adição de 10% de amido de mandioca.

Para efeito de comparação, as imagens 1a e 1b mostram a CMS *in natura*. Sua superfície caracteriza-se como uma estrutura reticular protéica, podendo-se distinguir regiões de alta (A) e baixa (B) densidade protéica e esporadicamente, algum fragmento de fibra muscular (Imagem 1c - C). A CMS foi submetida ao mesmo tratamento térmico que o surimi, por isso é possível a visualização de regiões mais homogêneas (D). A presença de gotículas de gordura (Imagem 1d - E) demonstra a maior porcentagem de lipídeos na CMS como demonstrada pelas análises químicas (Tabela 1).

As imagens 2a e 2b demonstram uma superfície com orifícios de ar e porções de músculo, com distribuição irregular e esporádica, contendo duas a três fibras musculares, conforme descrito por Moreira et al. (2006). A presença destas fibras indica que apenas uma lavagem não foi suficiente para descaracterizar totalmente a estrutura do músculo, e que mesmo após tratamento térmico para indução da formação do gel de surimi, não houve desnaturação de toda proteína miofibrilar do surimi. A presença de glóbulos maiores, em menor quantidade e mais claros indica perda da gordura residual, certamente causada pela falta de um agente espessante e estabilizante como o amido de mandioca.

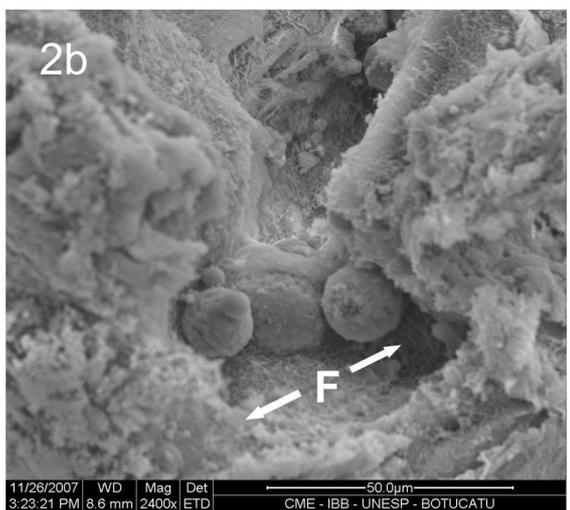
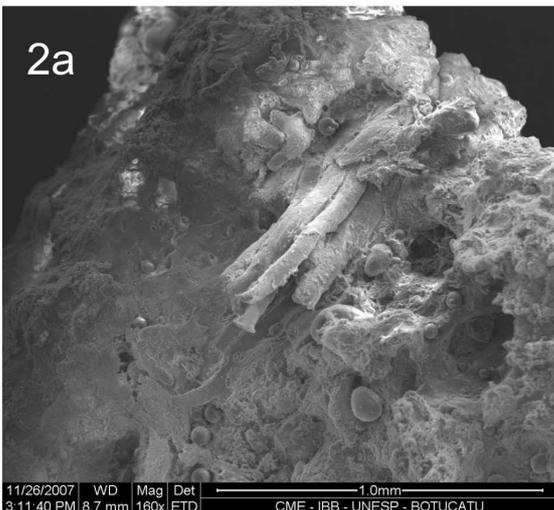
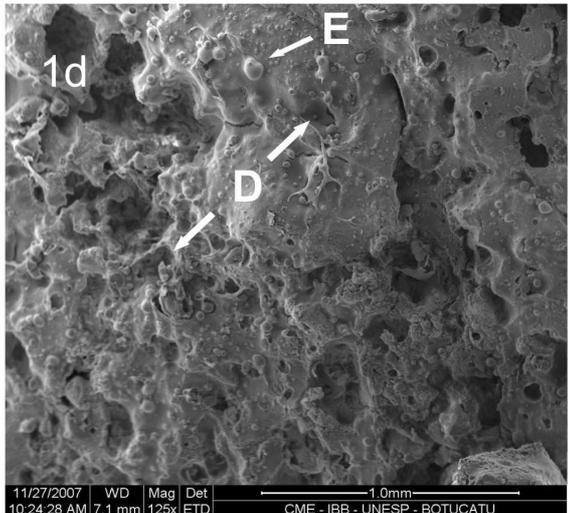
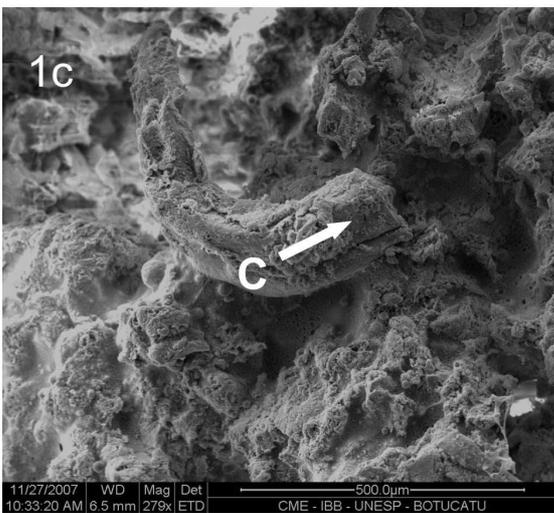
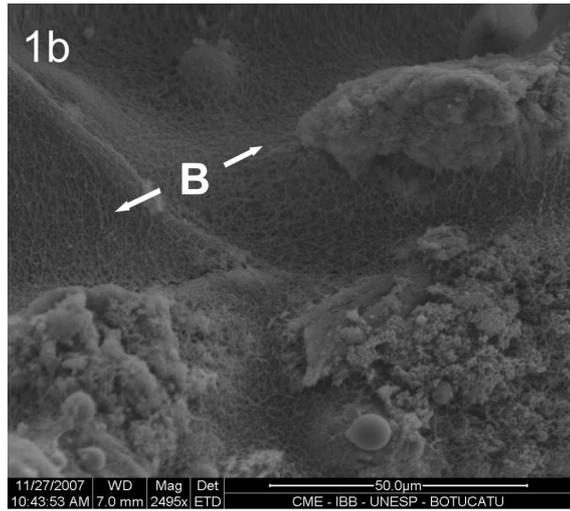
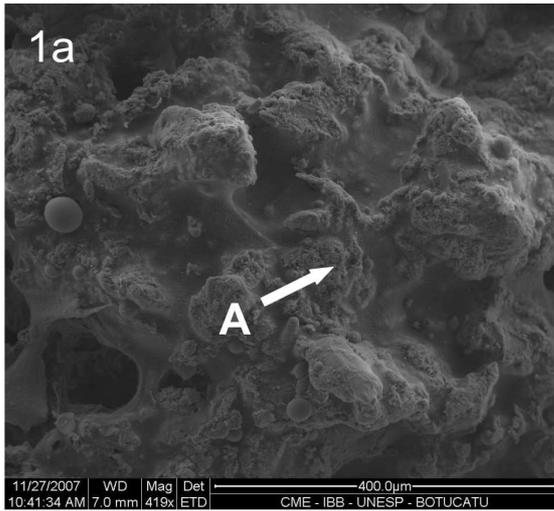


Imagem 1a - Região de alta densidade proteica (A). 1b – Região de baixa densidade proteica (B). 1c – Detalhe de fibra muscular (C). 1d – Superfície homogênea (D) e presença de gotículas de gordura (E). 2a – Gel de surimi de tilápia (0% amido e uma lavagem da CMS). 2b – Gel de surimi de tilápia (0% amido e uma lavagem da CMS), detalhe da camada de fibras finas (F).

O gel de surimi sem amido apresenta pequenas zonas reticulares, dispersas na superfície do surimi e conectadas por fibras bem finas, indicando baixo grau de agregação (TABILO-MUNIZAGA e BARBOSA-CÁNOVAS, 2005). Essa camada de fibras mais homogêneas, apesar de ser característica de gel induzido termicamente (AGUILERA e STANLEY, 1999), não proporciona estabilidade ao produto.

As imagens 3a e 3b demonstram uma superfície coberta por glóbulos de gordura, aprisionados em uma matriz proteica, caracterizando uma emulsão. O amido de mandioca funcionou como estabilizante, sendo que quanto mais estáveis e bem distribuídos os glóbulos de gordura estiverem (Imagem 3b), melhor a emulsão.

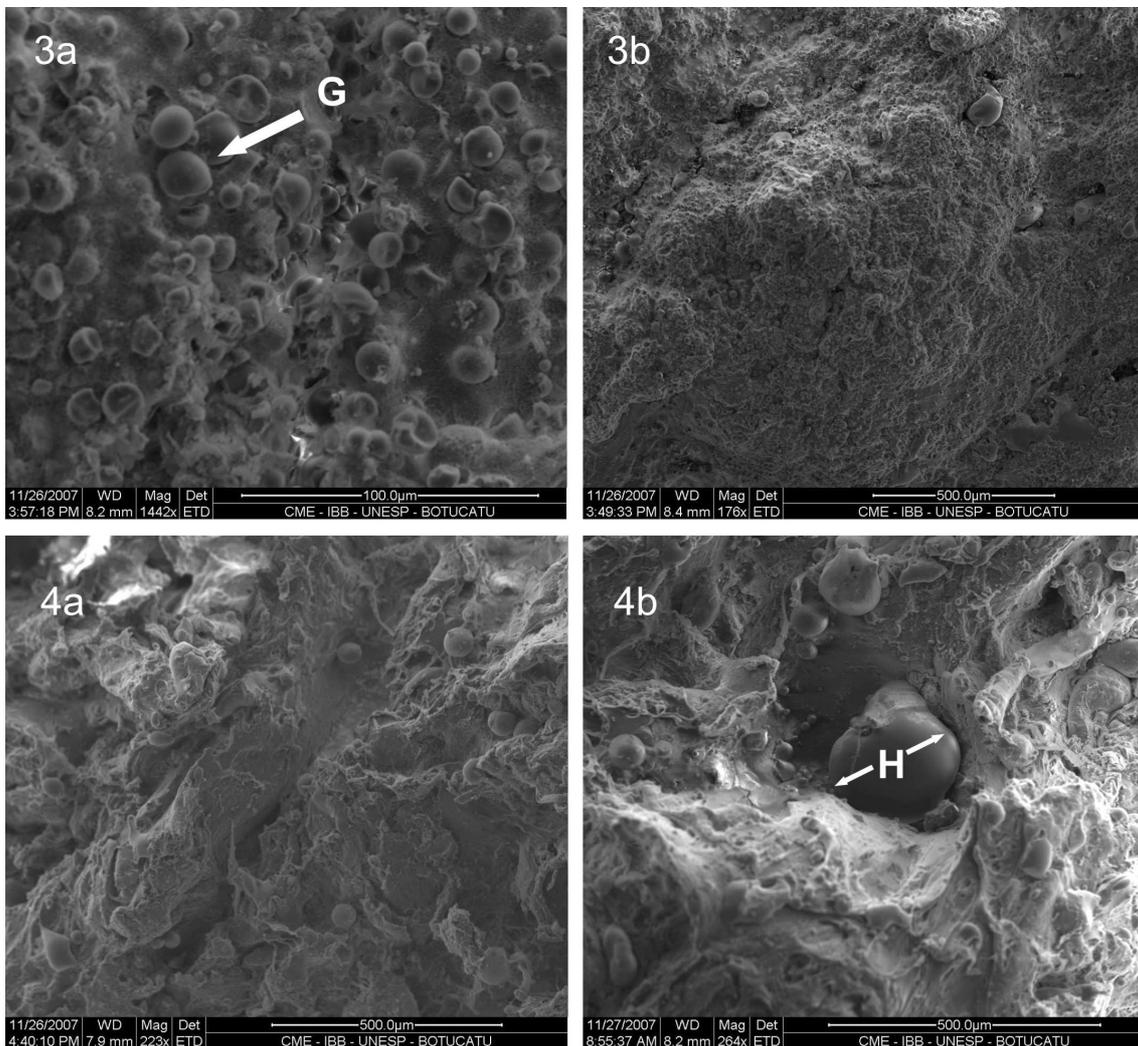


Imagem 3a – Gel de surimi de tilápia (20% amido e uma lavagem da CMS), detalhe dos glóbulos de gordura (G). 3b – Gel de surimi de tilápia (20% amido e uma lavagem da CMS). 4a – Gel de surimi de tilápia (0% amido e cinco lavagens da CMS). 4b – Gel de surimi de tilápia (0% amido e cinco lavagens da CMS), detalhe do glóbulo de gordura dentro de um alvéolo (H).

A emulsão é caracterizada como a mistura de líquidos imiscíveis, um dos quais se dispersa em forma de pequenas gotículas no outro. No caso de carnes, o sistema constitui-se em duas fases, a fase dispersa formada pelas partículas de gordura e a fase contínua formada pela água, juntamente com proteínas solúveis, formando uma matriz que encapsula os glóbulos de gordura (MENDES, 2001).

Para o surimi lavado cinco vezes, nota-se ausência de fibras musculares e uma estrutura mais homogênea, com grandes glóbulos de gordura (Imagem 4b - H). A presença dessas estruturas demonstra a ausência de estabilidade do produto. Se a emulsão não é estável, a gordura não é aprisionada na rede, ficando a massa disforme e com problemas na textura. No mesmo tratamento nota-se a presença de alvéolos (H), que pode estar relacionada à maior retenção de água durante seu processamento (TABILO-MUNIZAGA e BARBOSA-CÁNOVAS, 2005) e à dilatação do ar ocluído durante o processo de cocção

No processo de gelatinização do amido, assim que o grânulo absorve água, sua estrutura cristalina se rompe, formando uma estrutura amorfa. A distribuição dessas duas morfologias (cristalina e amorfa) não é uniforme e depende da quantidade de água e da temperatura de cozimento (COUSO et al., 1998). O tratamento térmico utilizado proporcionou gelatinização dos grânulos de amido, e não foram observadas essas estruturas cristalinas.

O tratamento cinco apresentou comportamento similar ao tratamento dois, formando uma rede homogênea de glóbulos de gordura ligados à matriz proteica pela camada de amido de mandioca (Imagens 5a e 5b). O tratamento 6 mostrou uma estrutura intermediária, com a presença de grânulos amorfos de amido (Imagem 6a - J), provavelmente gelatinizados durante a formação do gel, e dos glóbulos de gordura distribuídos uniformemente pela superfície do surimi (Imagem 6b).

Em geral, as Figuras demonstraram uma textura descontínua, formando tecido semelhante a uma rede de malhas irregulares. O tecido apresentou ainda vários orifícios de ar e abrigou porções de músculo, que ocuparam pequenas áreas com distribuição irregular conforme o número de lavagens da matéria prima utilizada na elaboração do surimi, ou seja, quanto maior o número de lavagens, menor a quantidade de fibras encontradas. Os glóbulos de gordura distribuíram-se de maneira mais uniforme nos tratamentos com adição de amido.

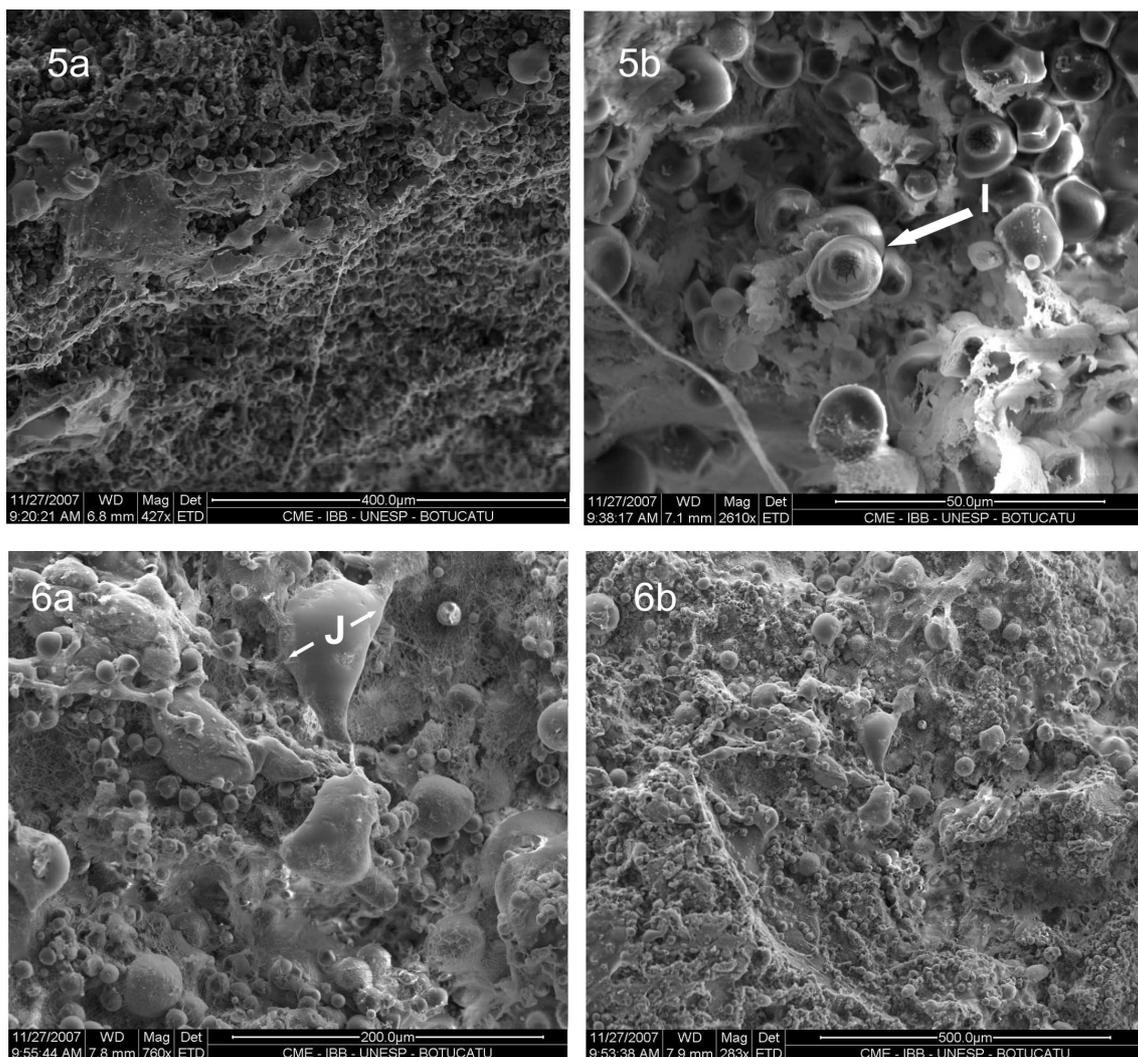


Imagem 5a – Gel de surimi de tilápia (20% amido e cinco lavagens da CMS). 5b – Gel de surimi de tilápia (20% amido e cinco lavagens da CMS), detalhe do glóbulo de gordura ligado à matriz proteica (I). 6a – Gel de surimi de tilápia (10% amido e três lavagens da CMS), detalhe do grânulo amorfo de amido de mandioca (J). 6b – Gel de surimi de tilápia (10% amido e três lavagens da CMS).

Conclusões

Os parâmetros físicos e químicos encontrados no surimi e no gel de surimi de tilápia estão dentro dos valores determinados para outras espécies, podendo ser considerado um produto de boa qualidade.

A adição de amido melhorou as propriedades físicas do gel de surimi de tilápia, proporcionando um produto mais estável com relação à CMS *in natura*. Os tratamentos 4 (20% de amido e cinco lavagens da CMS) e 5 (10% de amido e três lavagens da CMS) apresentaram maior estabilidade.

O estudo comprovou que a lavagem e a adição de amido de mandioca ao músculo da tilápia transformam a proteína original em um tecido flexível e modelável, proporcionando a utilização do surimi na elaboração de diversos tipos de alimentos.

Agradecimentos

A FAPESP pelo apoio financeiro ao projeto.

Referências Bibliográficas

- A.O.A.C. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists International**, 17th ed. Arlington: AOAC, 2000. 937 p.
- AGUILERA, J. M. Why food microstructure? **Journal of Food Engineering**, v. 67, p. 3-11, 2005.
- AGUILERA, J. M.; STANLEY, D. W. **Microstructural principles of food processing and engineering**. 2nd ed. Gaithersburg: Aspen Publishers, 1999.
- ALVAREZ-PARRILLA, E.; PUIG, A.; LLUCH, M. A. Preparation and chemical and microstructural characterization of surimi from hake (*Merluccius merluccius*) and horse mackerel (*Trachurus trachurus*). **Food Science and Technology Internacional**, n.3, p.49-60, 1997.
- COUSO, I.; ALVAREZ, C.; SOLAS, M. T.; BARBA, C.; TEJADA, M. Morphology of starch in surimi gels. **Z. Lebensm Unters Forsch A**, v. 206, p. 38-43, 1998.
- EYMARD, S. et al. Development of lipid oxidation during manufacturing of horse mackerel surimi. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 85, p. 1750-1756, 2005.
- FOLCH, J.; LEE, M.; SLOANE STANLEY, G. H. A simple method for isolation and purification of total lipids from animal tissue. **Journal of Biology and Chemistry**, v.226, p.497-509, 1957.
- GRYSCHKEK, S. F. B.; OETTERER, M.; GALLO, C. R. Characterization and frozen storage stability of minced Nile tilapia *Oreochromis niloticus* and red tilapia *Oreochromis spp*. **Journal of Aquatic Food Product Technology**, v. 12, n.3, p.57-69, 2003.
- GRYSCHKEK, S. F. B.; OETTERER, M.; SPOTO, M. F. Formulação de fishburguers a partir de carne mecanicamente separada de tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*) e tilápia vermelha (*Oreochromis spp*). In: **Anais do XVIII Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Porto Alegre: SBCTA, 2002. p 143-146.
- HSU, C. K., CHIANG, B. H. Effects of water, oil, starch, calcium carbonate and titanium dioxide on the color and texture of threadfin and hair tail surimi gels. **International Journal of Food Science and Technology**, v.37, p.387-393, 2002.
- HUNTER, R. S. The measurement of appearance. New York: John Wiley & Sons, 1975. 348p.
- JESUS, R. S., LESSI, E., TENUTA-FILHO, A. Estabilidade química e microbiológica de “minced fish” de peixes amazônicos durante o congelamento. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, n.21, v.2, p. 144-148, maio/ago, 2001.
- KE, P. J.; CERVANTES, E.; ROBLE-MARTINEZ, C. Determination of thiobarbituric acid reactive substances (tbars) in fish tissue by an improved distillation-spectrophotometric method. **Journal of The Science and Food Agriculture**, v. 35, p. 1248-1254, 1984.
- KELLEHER, S. D.; HULTIN, H.; WILKEN, K. A. Stability of macherel surimi prepared under lipid stabilizing processing conditions. **Journal of Food Science**, v. 59, n. 2, p. 269-271, 1994.

- KIRSCHNIK, P. **Avaliação da estabilidade de produtos obtidos de carne mecanicamente separada de tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*)** Jaboticabal, 2007, 91 f. (Tese de Doutorado em Aqüicultura, Faculdade de Ciências Agrônomicas e Veterinárias, Centro de Aqüicultura da UNESP).
- LEE, C. M. Surimi process technology. **Food Technology**, v.40, p.69-80, 1984.
- LOVE, R. M. Biochemical dynamics and the quality of fresh and frozen fish. In: Hall, G. M. **Fish Processing Technology**. Glasgow: Blackie Academic & Professional, 1992. p.1-31.
- MANGINO, M. E. Gelation of whey protein concentrates. **Food Technology**, v.46, n.1, p.114-117, 1992.
- MENDES, R. **Polpa e surimi de pequenos pelágicos da costa portuguesa**. Lisboa, 2001, 205f. (Dissertação de Investigador Auxiliar, Instituto de Investigação das Pescas e do Mar).
- MOOSAVI-NASAB, M. ; ALLI, I. ; ISMAIL, A. A. ; NGADI, M. O. Protein structural changes during preparation and storage of surimi. **Journal of Food Science**, v. 70, n. 7, p. 448-453, 2005.
- MOREIRA, R. T. et al. Caracterização microestrutural de embutido emulsionado de tilápia (*Oreochromis niloticus* L.). **Brazilian Journal of Food technology**, v. 9, n. 3, p. 217-221, jul/set, 2006.
- NOWSAD, A. A. et al. Washing and cryoprotectant effects on frozen storage of spent hen Surimi. **Poultry Science**, n.79, p. 913–920, 2000.
- SEBBEN, C. L. et al. Rendimento e avaliação sensorial de hambúrgueres de carpa (*Cyprinus carpio*) com diferentes condições de processamento e armazenamento sob congelamento. **Boletim CEPPA**, v. 18, n.1, p. 1-12, jan-jun, 2000.
- STEFANSSON, G. et al. Frozen herring as raw material for spice salting. **Journal of The Science and Food Agriculture**, v.80, p.1319-1324, 2000.
- SIMÕES, M. R. et al. Composição físico-química, microbiológica e rendimento do filé de tilápia tailandesa (*Oreochromis niloticus*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.27, n.3, p. 608-613, jul/set, 2007.
- SOUZA, M. L. R. et al. Defumação da Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) inteira, eviscerada e filé: aspectos referentes às características organolépticas, composição centesimal e perdas ocorridas no processamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 1, p. 27-36, 2004.
- TABILO-MUNIZAGA, G.; BARBOSA-CÁNOVAS, G. V. Pressurized and heat-treated surimi gels as affected by potato starch and egg white: microstructure and water-holding capacity. **Lebensm.-Wiss. u.-Technol.** V.38, p. 47-57, 2005.
- TABILO-MUNIZAGA, G.; BARBOSA-CANÓVAS, G. V. Color and textural parameters of pressurized and heat-treated surimi gels as affected by potato starch and egg white. **Food Research International**, v.37, p.767-775, 2004.
- VYNCKE, W. Direct determination of the TBA value in trichloroacetic acid extract of fish as a measure of oxidative rancidity. **Fette-Scifen Anstrichmittel**, v.72, p.1084 - 1087, 1970.

YONGSAWATDIGUL, J.; PARK, J. W.; VIRULHAKUL, P.; VIRATCHAKUL, S.
Proteolytic degradation of tropical Tilapia surimi. **Journal of Food Science**, v.65, n.1,
p.129-133, 2000.

CAPITULO 3 – Avaliação nutricional e sensorial do hambúrguer de surimi de tilápia

Resumo

Esse estudo teve como objetivo avaliar o valor nutricional e a aceitação do hambúrguer de surimi de tilápia nilótica, elaborado a partir da CMS de tilápia. O valor nutricional do surimi foi medido pelas análises da composição química (umidade, proteína e lipídeos) e do perfil de aminoácidos nos tempos zero e 180 dias de estocagem congelada. A análise sensorial do hambúrguer foi realizada através da aplicação do teste de aceitação global. Com base nos resultados obtidos, observou-se que a lavagem da CMS alterou a composição centesimal da CMS de tilápia, diminuindo sua porcentagem proteica e lipídica, e aumentando sua umidade, atributo desejável ao surimi. O perfil de aminoácidos não foi alterado com a lavagem. A análise sensorial obteve notas próximas de 7,0 para aparência, sabor, odor, textura e aceitação geral, demonstrando que o surimi pode ser utilizado na elaboração do hambúrguer de peixe.

Palavras-chave: aminoácidos, aceitação, CMS, composição centesimal

Introdução

A popularização do consumo do pescado é uma das barreiras mais difíceis a serem vencidas para a expansão da aquicultura no país, pois o brasileiro consome pouca carne de peixe (BORGHETTI e OSTRENSKY, 1999). Segundo Oetterer (1991), esse baixo consumo estava ligado à comercialização mal feita praticada há anos e pela falta de métodos de conservação e processamento em sua cadeia produtiva.

O pescado é um alimento de alto valor nutricional, fácil digestão, fonte de minerais e vitaminas (OGAWA e MAIA, 1999), e quando industrializado pode atender as necessidades do consumidor em aspectos sensoriais (sabores agradáveis, suaves e característicos); conveniência (fácil preparo ou pré-pronto); e econômico (com preços acessíveis) (FERREIRA et al., 2002).

O processamento do surimi é uma maneira de se agregar valor ao pescado de baixo valor comercial e dos resíduos do processamento de peixes, aumentando sua vida útil e oferecendo à indústria maior flexibilidade na elaboração de produtos. Por apresentar características como ausência de odor de peixe, o surimi pode ser acrescentado a todos os tipos de alimento como sopas, hambúrguer, embutidos, entre outros (ALFARO et al, 2002).

Segundo estatísticas, a produção mundial de surimi foi estimada em 600.000 toneladas/ano em 2004 (FAOSTAT, 2005), sendo os maiores produtores Estados Unidos, Tailândia e Japão. A principal espécie utilizada para produção do surimi é o *Alaska pollack* (*Theragra chalcogramma*), devido à sua grande disponibilidade (MIRA e LANFER-MARQUEZ, 2005). Atualmente, existem trabalhos avaliando a utilização de outras espécies como merluza, carapau, *Paralichthys brasiliensis*, *Priacanthus tayenus*, entre outros (ÁLVAREZ-PARRILLA et al., 1997; MIRA e LANFER-MARQUEZ, 2005; PHATCHARAT et al., 2005) na obtenção de surimi com qualidade semelhante. A estabilidade e qualidade da polpa de tilápia também foram avaliadas por Gryscek et al. (2003) e Kirschnik (2007). Porém, muitos estudos ainda fazem-se necessários para o estabelecimento de padrões de identidade e qualidade do surimi de espécies tropicais.

Visando contribuir para a caracterização do surimi, o objetivo desse estudo foi avaliar o perfil de aminoácidos e a aceitação do hambúrguer de surimi de tilápia nilótica.

Material e métodos

Local

O presente experimento foi desenvolvido na Universidade Estadual Paulista, UNESP, no Laboratório de Tecnologia de Produtos de Origem Animal, do Departamento de Gestão e Tecnologia Agroindustrial, da Faculdade de Ciências Agrônômicas, Campus de Botucatu.

Matéria-prima

Foram utilizados resíduos da filetagem de tilápia nilótica, obtidos do Frigorífico Fish Fácil, no município de Garça, SP. A carne foi retirada das carcaças de peixes produzidos e abatidos no local, pertencentes a um mesmo lote de produção. Os peixes, depurados por 24 horas, foram abatidos por choque térmico (com uso de água e gelo, na proporção de 1:1), eviscerados e descabeçados para retirada dos filés. Após filetadas, as carcaças dos peixes passaram por uma máquina despoldadora, para retirada do músculo aderido às cartilagens, obtendo-se um produto denominado Carne Mecanicamente Separada (CMS). A CMS foi estabilizada, embalada, congelada em túnel de congelamento a - 25 °C, e posteriormente mantida em freezer a - 18°C.

A amostra foi transportada de Garça até Botucatu (aproximadamente 200 km) em caixas térmicas, permanecendo congeladas. Ao chegar ao laboratório, foi mantida em freezer durante 48 horas.

Processamento do surimi

O surimi foi obtido por processamento manual. A CMS congelada foi mantida sob refrigeração a 5°C durante 24 horas, antes de ser manuseada. Após ser descongelada, foi submetida a três lavagens sucessivas, com água destilada fria, sendo o volume de água utilizado quatro vezes o peso da massa. A temperatura da água durante a lavagem foi mantida em torno dos 5°C, com o uso de gelo moído. Após cada lavagem, que durou em média um minuto, a amostra foi prensada manualmente em tecido de algodão e ao final do processamento foram adicionados crioprotetores: 2% de cloreto de sódio e 1% de sacarose. Após essa etapa, o surimi foi mantido congelado (- 18°C) até o momento das análises.

Composição centesimal

A composição centesimal das amostras de surimi e da matéria-prima foi realizada segundo a AOAC (2000), sendo as análises realizadas em triplicata. Todas as amostras foram armazenadas a - 18 °C e descongeladas a 5 °C por um período de 24 horas antes das análises. A umidade foi definida por secagem em estufa a 105 °C por 24 horas (método 950.46); a proteína bruta pelo método semimicro Kjeldahl (N x 6.25) (método 928.08); e os lipídeos determinados por extração com clorofórmio metanol, segundo método de Folch et al. (1957).

Perfil de aminoácidos

Os aminoácidos foram determinados em auto-analisador, por cromatografia de troca iônica, segundo Spackman et al. (1958). As amostras foram previamente desengorduradas e hidrolisadas em HCL; metionina e cisteína foram determinados como sulfato de metionina e ácido cisteico, respectivamente, após extração em ácido perfórmico (MOORE, 1963).

Elaboração do hambúrguer de surimi

O hambúrguer de surimi foi elaborado segundo a seguinte formulação: 96,9% de surimi, 2% de sal, 1% de açúcar, 0,1% de cebola e alho desidratados. Depois de homogeneizada, essa mistura foi enformada em tubos de PVC 4,0' (revestidos com uma bolsa de polietileno) e congelada a -18 °C por 24 horas, sendo fatiados com o auxílio de serra fita. As amostras de hambúrguer foram submetidas ao aquecimento em “grill” para análise sensorial.

Análises microbiológicas

Foram realizadas análises microbiológicas dos hambúrgueres para verificação de presença dos seguintes microrganismos: *Salmonella* sp, Estafilococos coagulase positiva e contagem de coliformes a 45 °C; pelo Serviço de Orientação a Alimentação Pública (SOAP), da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, UNESP, Campus de Botucatu. Os critérios microbiológicos exigidos pela legislação vigente para produtos a base de pescado, cozidos, em uma amostra indicativa, são: ausência de *Salmonella* sp em 25g do alimento; coliformes a 45 °C em níveis de até 10²/g; e estafilococos coagulase positiva em níveis de até 5x10²/g (ANVISA, 2001). Por estarem dentro dos padrões microbiológicos exigidos pela legislação brasileira (Anexo I), os hambúrgueres foram submetidos à análise sensorial.

Análise sensorial

Os testes sensoriais foram realizados no laboratório de análise sensorial da FCA/UNESP. O teste de aceitação global (STONE e SIDEL, 1992) do hambúrguer foi realizado com 50 provadores não treinados, recrutados aleatoriamente. Os provadores receberam amostras dos hambúrgueres, acondicionadas em recipientes codificados. Neste teste o provador deveria expressar, por uma escala hedônica (modelo Anexo II), o grau de gostar ou desgostar das amostras, em uma escala que varia de “gostei muitíssimo” (nove pontos) a “desgostei muitíssimo” (um ponto). Para a realização da análise sensorial o projeto foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa Humana da Faculdade de Medicina da Universidade Estadual Paulista, UNESP, Botucatu (Anexo III). Os voluntários assinaram um termo de consentimento (Anexo IV), estando cientes e de acordo com a pesquisa, recebendo informações a respeito do projeto.

Análises estatísticas

Os dados obtidos foram analisados pelo programa estatístico SAS, versão 6.12. Quando foram verificadas diferenças significativas entre os tratamentos (P<0,05), as médias foram comparadas pelo teste Tukey – Kramer, ao nível de 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

Composição centesimal

Os teores de umidade, proteínas e lipídeos da CMS e do surimi estão apresentados na Tabela 1. Houve diferença (P<0,05) entre a CMS e o surimi para todos os parâmetros avaliados, mostrando que a lavagem da matéria-prima alterou a composição da CMS.

Tabela 1 – Teores de umidade, proteínas e lipídeos da CMS e do surimi de tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*).

Tratamentos	Umidade (%)	Proteína (%)	Lipídeos (%)
CMS	73,87 (0,15) ^b	15,87 (0,33) ^a	7,62 (0,53) ^a
Surimi	75,44 (0,97) ^a	14,81 (0,59) ^b	7,15 (0,15) ^b

Média de quatro amostras analisadas em triplicata (Desvio padrão). Letras minúsculas nas linhas demonstram diferença significativa entre os tratamentos (P<0,05).

A determinação da umidade é uma forma de avaliar a qualidade do surimi, que no caso do produto japonês, elaborado com o *Alaska pollack*, está diferenciado em quatro categorias: S (super classe) com umidade entre 76,1 e 79,0%; classe A entre 79,1 e 80,0%, classe B entre 80,1 e 81,5% e classe C quando for superior a 81,5% (MIRA e LANFER-MARQUEZ, 2005). O surimi de tilápia é considerado de excelente padrão, o que pode ser comprovado com o teor de umidade apresentado na Tabela 1 (75,44%), valor enquadrado na classe S.

Os valores descritos pela literatura para peixes marinhos (de 79,58 a 88,70%) podem estar relacionados com a sazonalidade (época reprodutiva quando os peixes acumulam gordura) e com a eficiência no processo de prensagem do surimi (MIRA e LANFER-MARQUEZ, 2005).

Os métodos convencionais de obtenção do surimi compreendem três ciclos de lavagem da CMS (MINOZZO e VAZ, 2007). O elevado teor de lipídeos encontrado no surimi (Tabela 1) está relacionado à quantidade de lipídeo presente na matéria-prima (7,62%). Apesar de a lavagem eliminar boa parte da gordura, os três ciclos utilizados não foram suficientes para reduzir em grandes proporções a gordura da CMS. Os baixos teores de lipídeos no surimi estão presentes em produtos elaborados com peixes inteiros ou aparas de filés de tilápia, o chamado corte em ‘V’ possui 3,4% de lipídeos (Vidotti, 2006). Kirschnik (2007) determinou valores de lipídeos de 1,85% para CMS obtida de tilápias inteiras e de 11,97% para CMS de carcaças de tilápia, devido à presença da musculatura ventral, que contém maior teor de gordura (em torno de 15%), o que também foi observado no presente experimento.

A porcentagem de proteína encontrada no surimi (14,82%) foi próxima à quantidade de proteína encontrada na CMS (15,87%). Teores entre 9,9 e 18% foram descritos para surimi de carapau (MIRA e LANFER-MARQUEZ, 2005), sendo que o

decréscimo do conteúdo protéico em torno de 12 a 17% foi observado após a lavagem do pescado (VAZ, 2005).

Perfil de aminoácidos

O perfil de aminoácidos, da CMS de tilápia e do surimi, está demonstrado na Tabela 2. Os valores determinados nos dois produtos foram muito próximos, indicando que a lavagem não influenciou na composição aminoacídica do músculo do peixe, que deve estar baseada nas proteínas miofibrilares, concentradas após a lavagem da CMS.

Mendes (2001) também observou que a lavagem da CMS não alterou significativamente a composição de aminoácidos em comparação ao peixe fresco, para as espécies sardinha e carapau. Em estudos anteriores, o mesmo autor descreve uma leve diminuição da porcentagem de histidina na polpa de sardinha, sugerindo que este aminoácido estava presente principalmente na sua forma livre, e por isso seria de fácil perda durante o processo de lavagem (MENDES et al., 1991).

Tabela 2 - Perfil de aminoácidos da CMS de tilápia e do surimi (g/100g).

Aminoácido (%)	CMS ¹	Surimi ²
Alanina	1,08	1,12
Arginina	1,29	1,42
Ácido aspártico	1,71	1,74
Glicina	1,13	1,12
Isoleucina	0,37	0,41
Leucina	1,00	1,09
Ácido Glutâmico	2,56	2,77
Lisina (a.a.)	1,86	1,94
Cistina	Não detectado	0,20
Metionina	0,27	0,24
Fenilalanina	0,74	0,76
Tirosina	0,56	0,61
Treonina	0,78	0,82
Triptofano	0,77	0,78
Prolina	0,83	0,92
Valina	0,77	0,84
Histidina	0,38	0,36
Serina	0,72	0,75

¹CMS de tilápia *in natura*. ²Surimi de tilápia no tempo zero de estocagem.

Os valores determinados no presente trabalho ficaram abaixo dos valores descritos pela literatura. Mira e Lanfer-Marquez (2005) encontraram valores 10 vezes maiores para o surimi de espécies marinhas. Kirschnik (2007) já determinou valores mais

próximos para isoleucina (2,93), para histidina (1,53) e valina (2,95). Porém, os aminoácidos foram determinados em nuggets de CMS lavada de tilápia, que continham além da carne, proteína isolada de soja, amido de mandioca e condimentos que podem ter alterado a composição original da matéria-prima.

Análise sensorial

A análise sensorial avaliou a aparência, o odor, o sabor, a textura e a aceitação global do hambúrguer de surimi de tilápia. As médias para os parâmetros avaliados ficaram próximas de 7,0, em uma escala que variava de 1 a 9 pontos, demonstrando ótima aceitação do produto.

O odor obteve a maior pontuação média ($7,33 \pm 1,34$), enquanto a textura apresentou menor nota ($6,79 \pm 1,71$), ver Figuras 2 e 4. Aceitação global obteve nota média de $7,06 \pm 0,97$ (gostei moderadamente), enquanto o sabor e a aparência receberam notas médias de $6,85 \pm 1,28$ (gostei) e $7,03 \pm 1,36$ (gostei moderadamente), respectivamente (Figuras 5, 3 e 1).

A pontuação média obtida no surimi de tilápia foi superior aos valores descritos para nuggets de CMS lavada de tilápia, que receberam nota média de 6,95 e 6,33, no teste de aceitação global realizado com crianças entre 8 e 15 anos (KIRSCHNIK, 2007). Sebben et al. (2000) avaliaram os mesmos atributos para hambúrgueres de carpa comum (*Cyprinus carpio*) elaborados com surimi lavado três vezes e obtiveram médias de 3,13 para aparência, 3,75 para odor, 2,81 para gosto e 3,13 para textura, utilizando uma escala hedônica que variava de 0 a 5 pontos.

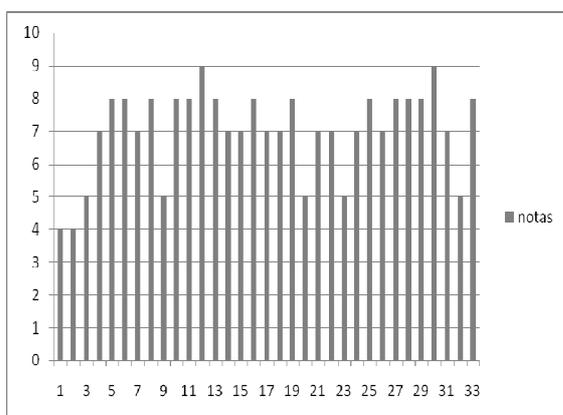


Figura 1 – Frequência de notas para a aparência do hambúrguer de surimi de tilápia.

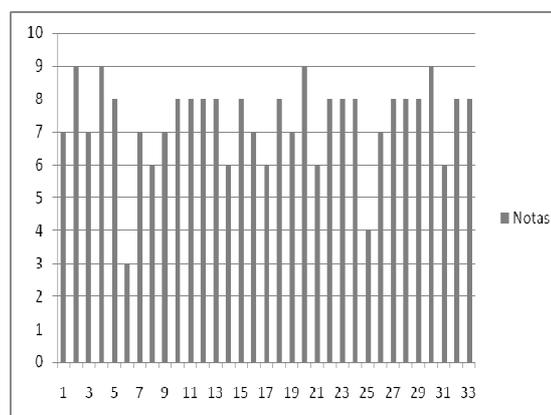


Figura 2 – Frequência de notas para o odor do hambúrguer de surimi de tilápia.

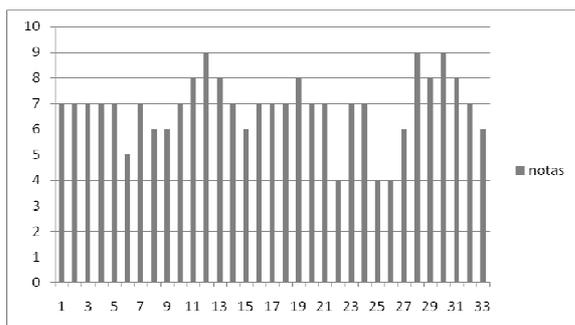


Figura 3 – Frequência de notas para o sabor do hambúrguer de surimi de tilápia.

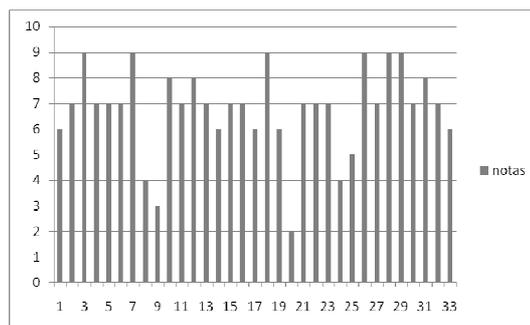


Figura 4 – Frequência de notas para a textura do hambúrguer de surimi de tilápia.

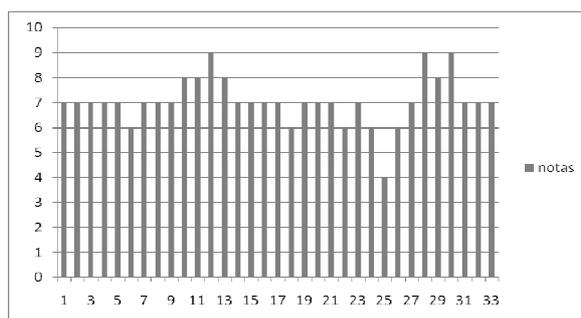


Figura 5 - Frequência de notas para a aceitação geral do hambúrguer de surimi de tilápia.

Conclusões

O surimi pode ser empregado como matéria-prima na elaboração de hambúrgueres de peixe, por apresentar boa aceitação sensorial e devido a sua composição em aminoácidos.

Agradecimentos

A FAPESP pelo apoio financeiro ao projeto.

Referências

ALFARO, A. et al. Definição de fatores para o planejamento experimental de um produto de tipo presunto processado a partir de carne de pescado mecanicamente separada (CPMS). In: **XVIII Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 2002, Porto Alegre, Anais... Porto Alegre: SBCTA, 2002. p 80-84.

ÁLVAREZ-PARRILLA, E.; LLUCH, A. P. M. A. Preparación y caracterización química y microestructural de surimi de merluza (*Merluccius merluccius*) y de jurel (*Trachurus trachurus*). **Food Science and Technology Internacional**, v.3, p. 49-60, 1997.

ANVISA. **Resolução - RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001**. Disponível em <www.abic.com.br/arquivos/leg_resolucao12_01_anvisa.pdf> Acesso em 23/01/2008.

A.O.A.C. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists International**, 17th ed. Arlington: AOAC, 2000. 937 p.

BORGHETTI, J. R.; OSTRENSKY, A. Pesca e Aqüicultura de Água Doce no Brasil. In: Rebouças, A. C.; Braga, B.; Tundisi, J. G. **Águas Doces no Brasil: capital ecológico e conservação**. São Paulo: Escrituras, 1999. Cap. 13, p. 451-466.

FAOSTAT. 2005. Disponível em <<http://www.faostat.fao.org>> Acesso em: 01/ago/2005.

FERREIRA, M. W. et al. **Pescados processados: maior vida-de-prateleira e maior valor agregado**. Lavras: UFLA, 2002, 26 p. Disponível em http://www.nucleoestudo.ufla.br/naqua/publicacoes/boletins_tecnicos/Pescados%20processados.pdf Acesso em: 01/jul/2005.

FOLCH, J.; LEE, M.; SLOANE STANLEY, G. H. A simple method for isolation and purification of total lipids from animal tissue. **Journal of Biology and Chemistry**, v.226, p.497-509, 1957.

GRYSCHKEK, S. F. B.; OETTERER, M.; GALLO, C. R. Characterization and frozen storage stability of minced Nile tilapia *Oreochromis niloticus* and red tilapia *Oreochromis spp.* **Journal of Aquatic Food Product Technology**, v. 12, n.3, p.57-69, 2003.

KIRSCHNIK, P. **Avaliação da estabilidade de produtos obtidos de carne mecanicamente separada de tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*)** Jaboticabal, 2007, 91 f. (Tese de Doutorado em Aqüicultura, Faculdade de Ciências Agrônômicas e Veterinárias, Centro de Aqüicultura da UNESP).

MENDES, R. **Polpa e surimi de pequenos pelágicos da costa portuguesa**. Lisboa, 2001, 205f. (Dissertação de Investigador Auxiliar, Instituto de Investigação das Pescas e do Mar).

MENDES, R.; GONÇALVES, A., NUNES, M. L. Protein and amino acid changes in sardine (*Sardina pilchardus*) and Horse Mackerel (*Trachurus trachurus*) minces with washing. In: **1.º Simpósio Internacional “NOPROT 91”**. Faro, Portugal, 4-6 Abril, 1991, 11p.

MINOZZO, M. G.; VAZ, S. K. Pasta de tilápia – Surimi. . In: Boscolo, W. R.; Feiden, A. **Industrialização de Tilápias**. Toledo: GFM Gráfica & Editora, 2007. Cap.5, p.83-96.

MIRA, N. V. M.; LANFER-MARQUEZ, U. M. Avaliação da composição centesimal, aminoácidos e mercúrio contaminante de surimi. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 4, p. 665-671, out-dez, 2005.

MOORE, S. J. On the determination of cystine as cysteic acid. **Journal of Biological Chemistry**, v.238, p.235-237, 1963.

OETTERER, M. **Matéria-prima alimentar: pescado**. São Caetano do Sul: Centro de pesquisas do Instituto Mauá de Tecnologia, 1991. 29p.

OGAWA, M.; MAIA, E. L. (Ed). **Manual de pesca, ciência e tecnologia do pescado**. São Paulo: Livraria Vilela, 1999, v. 1, p. 221-249.

PHATCHARAT, S.; BENJAKUL, S.; VISESSANGUAN, W. Effects of washing with oxidizing agents on the gel-forming ability and physicochemical properties of surimi produced from bigeye snapper (*Priacanthus tayenus*). **Food Chemistry**, doi:10.1016/j.foodchem.2005.06.016, 2005.

SEBBEN, C. L.; BEIRÃO, L. H.; MEINERT, E. M.; TEIXEIRA, E.; DAMIAN, C. Rendimento e avaliação sensorial de hambúrgueres de carpa (*Cyprinus carpio*) com diferentes condições de processamento e armazenamento sob congelamento. **Boletim CEPPA**, v. 18, n.1, p. 1-12, jan-jun, 2000.

SPACKMAN, D. H.; STEIN, W. H.; MOORE, S. Automatic recording apparatus for use in chromatography of amino acids. **Analytical Chemistry**, v.30, n.7, p.1190-1206, 1958.

STONE, H.; SIDEL, J. L. **Sensory evaluation practices**. 2 ed. San Diego: Academic Press, 1992. 338p.

VAZ, S. K. Elaboração e caracterização de linguiça tipo fresco “tipo Toscana” de tilápia (*Oreochromis niloticus*). Curitiba, 97f. 2005. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Paraná).

Considerações Finais

Foi possível avaliar um processo para obtenção do surimi de CMS de tilápia com umidade e força de cisalhamento desejáveis através da metodologia da superfície de resposta.

O estudo das propriedades físico-químicas e morfológicas dos alimentos proporciona melhor entendimento a respeito do comportamento de seus componentes: a modificação da estrutura proteica do músculo, os efeitos da adição de aditivos e a interação entre proteína, lipídeos e amido.

O valor nutricional do surimi deve ser estudado por novas pesquisas, avaliando-se a quantidade e qualidade da sua composição proteica, testando-se outros ingredientes que melhorem a aceitabilidade dos produtos a base de surimi.

A CMS de tilápia mostrou ser uma ótima matéria-prima para elaboração do surimi, no entanto, o processamento utilizado deverá levar em conta os altos teores lipídicos do produto e sua estabilidade durante a estocagem.

ANEXO I



FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA - CAMPUS DE BOTUCATU
SERVIÇO DE ORIENTAÇÃO À ALIMENTAÇÃO PÚBLICA

RESULTADO DE ANÁLISE PARA ORIENTAÇÃO Nº 1.104/08

Interessado: **DRª. LEA DA SILVA SANT'ANA**

Amostra: TILÁPIA (HAMBURGUER)

Data da análise: 03.04.2008

Resultado:

Características Microbiológicas:

- Coliformes a 45° C: $< 1,0 \times 10^2$ UFC/g
- Estafilococos coagulase positiva: $< 1,0 \times 10^2$ UFC/g
- *Salmonella* sp: ausência em 25 g

OBS.: A amostra foi colhida e transportada pelo Interessado.

Análises realizadas de acordo com pedido I.F. local.

Resultados válidos para a amostra analisada.

Serviço de Orientação à Alimentação Pública, aos 11 de abril de 2008

Jose Paes de A. Nogueira Pinto
JOSÉ PAES DE A. NOGUEIRA PINTO

Responsável - CRMV-SP nº 3166

Cx. Postal 572 - CEP 18618-000 - Rubião Junior/SP - 55 14 3811-6273 / Fax: 55 14 3815-6024

www.fmvz.unesp.br - soap@fmvz.unesp.br

ANEXO II

Nome: _____ Idade: _____

Data: ____ / ____ / ____

Por favor, avalie as amostras utilizando a escala abaixo para descrever o quanto você gostou ou desgostou do produto segundo os atributos Aparência, Odor, Sabor e Textura.

Marque a posição da escala que melhor reflita sua opinião:

<p><i>Aparência</i></p> <p>() Gostei extremamente</p> <p>() Gostei muito</p> <p>() Gostei moderadamente</p> <p>() Gostei ligeiramente</p> <p>() Desgostei</p> <p>() Desgostei ligeiramente</p> <p>() Desgostei moderadamente</p> <p>() Desgostei muito</p> <p>() Desgostei extremamente</p>	<p><i>Odor</i></p> <p>() Gostei extremamente</p> <p>() Gostei muito</p> <p>() Gostei moderadamente</p> <p>() Gostei ligeiramente</p> <p>() Desgostei</p> <p>() Desgostei ligeiramente</p> <p>() Desgostei moderadamente</p> <p>() Desgostei muito</p> <p>() Desgostei extremamente</p>
<p><i>Sabor</i></p> <p>() Gostei extremamente</p> <p>() Gostei muito</p> <p>() Gostei moderadamente</p> <p>() Gostei ligeiramente</p> <p>() Desgostei</p> <p>() Desgostei ligeiramente</p> <p>() Desgostei moderadamente</p> <p>() Desgostei muito</p> <p>() Desgostei extremamente</p>	<p><i>Textura</i></p> <p>() Gostei extremamente</p> <p>() Gostei muito</p> <p>() Gostei moderadamente</p> <p>() Gostei ligeiramente</p> <p>() Desgostei</p> <p>() Desgostei ligeiramente</p> <p>() Desgostei moderadamente</p> <p>() Desgostei muito</p> <p>() Desgostei extremamente</p>

ANEXO III



Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Medicina de Botucatu



Distrito Rubião Junior, s/nº - Botucatu - S.P.
CEP: 18.618-970
Fone/Fax: (0xx14) 3811-6143
e-mail secretaria: capellup@fmb.unesp.br



Registrado no Ministério da Saúde em 30 de
abril de 1997

Botucatu, 06 de novembro de 2.006

OF.520/2006-CEP

*Ilustríssima Senhora
Prof.ª Dr.ª Lea Silva Sant'Ana
Departamento de gestão e Tecnologia Agroindustrial da
Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu -UNESP.*

Prezada Dr.ª Lea,

*De ordem da Senhora Coordenadora deste CEP informo que o Projeto de Pesquisa
"Caracterização do surimi de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*): morfologia, propriedades
físico químicas e sensoriais" a ser conduzido por Fabíola H. S. Fogaça, orientada por Vossa
Senhoria, recebeu do relator parecer favorável, aprovado em reunião de 06/11/2006.*

*Situação do Projeto: **APROVADO.***

- Ao término deste projeto, apresentar ao CEP Relatório Final de Atividades.*

Atenciosamente,


*Alberto Santos Capellupi
Secretário do CEP.*

ANEXO IV

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Eu, _____, fui informado satisfatoriamente sobre a pesquisa “**Caracterização do surimi de Tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*): morfologia, propriedades físico-químicas e sensoriais**” cujo objetivo é desenvolver e caracterizar o surimi obtido a partir da tilápia nilótica, e cujo resultado da análise sensorial será de grande importância no desenvolvimento de outros produtos de valor agregado, derivados do surimi. Serão apresentadas aos provadores duas amostras de hambúrgueres, acondicionadas em recipientes codificados, sendo que neste teste o provador expressara, através de uma escala hedônica, o grau de gostar ou desgostar das amostras. O trabalho será realizado sob responsabilidade da Prof.^a Dra.. Léa Silvia Sant’Ana, docente da Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP, Botucatu, e da aluna de doutorado Fabíola Helena dos Santos Fogaça.

Concordo em participar da pesquisa, na qualidade de provador, estando ciente de que os pesquisadores estarão disponíveis para responder a quaisquer perguntas, garantindo total sigilo acerca de minha participação, e que poderei retirar este meu consentimento a qualquer instante.

Este documento, após aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) será elaborado em duas vias, sendo uma entregue ao sujeito da pesquisa e o outro será mantido em arquivo pelo pesquisador.

Botucatu, ____ de _____ de _____.

Pesquisador

Provador

- ✓ Fabíola H. S. Fogaça: Rua Caetano Fausto de Castro Aguiar, 750, Centro, Teodoro Sampaio, SP. Tel (18) 32823090; E-mail: fabiolafogaca@yahoo.com.br
- ✓ Léa Silvia Sant’Ana: Rua João Montes Filho, 14, Jardim Primavera, Botucatu, SP. Tel: (14) 38151941; E-mail: Santana@fca.unesp.br