



ANA CRISTINA DE SOUZA GOMES

SUBPRODUTOS DA FILETAGEM DE TILÁPIAS (*Oreochromis niloticus*) NA ELABORAÇÃO DE SURIMI E SILAGEM ÁCIDA

**LAVRAS – MG
2022**

ANA CRISTINA DE SOUZA GOMES

**SUBPRODUTOS DA FILETAGEM DE TILÁPIAS (*Oreochromis niloticus*) NA
ELABORAÇÃO DE SURIMI E SILAGEM ÁCIDA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, área de concentração em Ciência dos Alimentos, para a obtenção do título de Doutor.

PROF. DR. CARLOS JOSÉ PIMENTA

Orientador

**LAVRAS - MG
2022**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Gomes, Ana Cristina de Souza.

Subprodutos da filetagem de tilápias
(*Oreochromis Niloticus*) na elaboração de surimi e silagem
ácida / Ana Cristina de Souza Gomes. - 2012.

109 p. : il.

Orientador(a): Carlos José Pimenta.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2012.
Bibliografia.

1. silagens ácidas de pescado. 2. surimis. 3. crioprotetores.
I. Pimenta, Carlos José. II. Título.

ANA CRISTINA DE SOUZA GOMES

**SUBPRODUTOS DA FILETAGEM DE TILÁPIAS (*Oreochromis niloticus*) NA
ELABORAÇÃO DE SURIMI E SILAGEM ÁCIDA**

**BY-PRODUCTS OF FILETING OF TILAPIA (*Oreochromis niloticus*) IN THE
PREPARATION OF SURIMI AND ACID SILAGE**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, área de concentração em Ciência dos Alimentos, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 31 de agosto de 2012.

Profª Drª. LAURA CRISTINA JARDIM PÔRTO PIMENTA	DCA/UFLA
Dr. THIAGO ARCHANGELO FREATO	Epamig
Dra. PRISCILA VIEIRA E ROSA	DZO/UFLA
Dra. SARA MARIA CHALFOUN	Epamig



PROF. DR. CARLOS JOSÉ PIMENTA

Orientador

**LAVRAS -MG
2022**

A Deus, por tudo que tenho e tudo que sou.

À minha avó Emília, *in memorian*, e ao meu irmão Maximilian, *in memorian*, exemplos de dedicação e luta pela vida.

OFEREÇO

Aos meus pais, Waldenor e Gildéia, por me darem os bens mais preciosos: a vida e o exemplo. Aos meus filhos: Letícia, Júlia e Henrique, por me fazerem a pessoa mais feliz do mundo com a sua presença. À minha irmã, Maria Emília, pela paciência e apoio. Aos meus irmãos, cunhados e cunhadas, sobrinhos e sobrinhas, pelo carinho. Aos meus amigos, pelo incentivo.

DEDICO

“...é preciso ter força, é preciso ter raça, é preciso ter sonho, sempre...”

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida e da providência.

Ao meu orientador, Carlos José Pimenta, pela paciência e apoio, sempre.

Aos meus pais, Waldenor e Gildeia, pelo amor, apoio e confiança, fundamentais em minha vida durante essa caminhada.

Aos meus filhos e amores da minha vida, Letícia, Júlia e Henrique, os quais me fazem seguir em frente. Por vocês e para vocês. Amo-os muito!

À minha irmã de sangue e de coração, Maria Emília de Souza Gomes Pimenta, pelo apoio e paciência. Sou eternamente grata!

Ao meu irmão Maximilian e minha avó Emília, que lutaram pela vida, deixaram o seu carinho eternizados nos exemplos.

Aos meus irmãos e cunhadas Guilherme, Cristiane, Renato, Íris, sobrinhos Igor, Felipe, Bernardo, Tiago, Matheus, Rafaela e afilhados Stéfano e Vítor.

À Universidade Federal de Lavras, pelo acolhimento e oportunidade.

À Fapemig e ao CNPq pelo apoio financeiro ao Projeto

Aos membros da banca, Professora Dra. Laura Cristina Jardim Pôrto Pimenta, Dr. Thiago Archângelo Freato, Dra. Sara Maria Chalfoun, Professora Dra. Priscila Vieira e Rosa.

Aos meus amigos de perto e de longe.

Aos graduandos e pós-graduandos da UFLA: Renato, Roseane, Marinez, Bruno, Luiz Felipe, Tatiana, Caroline, Cândido (*in memorian*), Rafaela, Kátia, Luciana, Tamara, pela grande ajuda e pela imensa prestatividade e bom humor.

Aos técnicos do Departamento de Ciência dos Alimentos, especialmente à Tina, Lucilene, Adriana e ao querido e saudoso “Seu” Miguel (*in memorian*). Aos amigos e colegas de trabalho do Departamento de Química.

MUITO OBRIGADA! DEUS OS ABENÇOE!!!

RESUMO

Surimi e silagem ácida de pescados são técnicas antigas de aproveitamento de resíduos e de preservação da matéria orgânica. Com o objetivo de caracterizar esses dois produtos, foram feitas análises físico-químicas e instrumentais, a fim de contribuir com a melhoria da qualidade de ambos. Para tanto, foram elaborados dois trabalhos: o primeiro caracterizou, aos 0, 10, 20 e 35 dias, silagens ácidas elaboradas com resíduos da filetagem de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) acrescidos de 3% p/p dos ácidos fórmico, fosfórico, clorídrico e sulfúrico, sozinhos ou combinados em diferentes proporções. Nas condições em que o experimento foi realizado, verificou-se que o armazenamento interferiu nas variáveis físico-químicas analisadas, sendo observados estabilidade no teor de umidade, redução nos teores de proteínas e lipídios e aumento nos teores de cinzas, cálcio e fósforo. No segundo trabalho foram caracterizados surimis elaborados com resíduos da filetagem de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) e diferentes crioprotetores (sorbitol, sacarose e farinha de banana) e diferentes inibidores de proteases (albumina de ovo e whey protein). Pelos resultados obtidos, observou-se que a sacarose, como crioprotetor, e o *whey protein*, como inibidor de proteases, constituíram a combinação que proporcionou os melhores resultados em termos de teores de umidade, proteína, força de cisalhamento e de resistência do gel. Por outro lado, a farinha de banana e a albumina de ovo alteraram significativamente a cor dos surimis elaborados.

Palavras-chave: silagens ácidas de pescado, surimis, crioprotetores, inibidores de proteases.

ABSTRACT

Surimi and acid silage of fish are ancient techniques of waste recovery and preservation of organic matter. With the aim of characterizing these two products, physico-chemical and instrumental analysis were made, in order to contribute with the improvement of the quality of both. Thus, we prepared two papers: the first featured at 0, 10, 20 and 35 days, acidic silages prepared with filleting waste of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) plus 3% w/w of formic acid, phosphoric, hydrochloric and sulfuric acids, alone or combined in different proportions. Under the conditions in which the experiment was conducted, it was found that the storage interfered in the analysis of the physico-chemical variables, stability was observed in moisture, reduction in protein and lipids and increased levels of ash, calcium and phosphorus. The second study characterized surimis filleting wastes produced with Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and diferenes cryoprotectants (sorbitol, sucrose and banana flour) and different protease inhibitors (egg albumin and whey protein). The results indicated that sucrose, like protease inhibitor and whey protein, were the combination that gave the best results in terms of moisture, protein, shear force and gel strenght. On the other hand, banana flour and egg albumin significantly changed the color of the prepared surimis.

Keywords: fish acid silages, surimis, cryoprotectants, protease inhibitors.

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

Tabela 1	Ácidos e combinações de ácidos utilizados na elaboração das silagens ácidas.....	30
Tabela 2	Valores médios de umidade (%) ao longo de 35 dias em diferentes silagens elaboradas com ácidos orgânicos e inorgânicos e suas combinações.....	33
Tabela 3	Valores médios de proteínas (%) ao longo de 35 dias em diferentes silagens elaboradas com ácidos orgânicos e inorgânicos e suas combinações.....	39
Tabela 4	Valores médios de lipídios (%) ao longo de 35 dias em diferentes silagens elaboradas com ácidos orgânicos e inorgânicos e suas combinações.....	42
Tabela 5	Valores médios de cinzas (%) ao longo de 35 dias em diferentes silagens elaboradas com ácidos orgânicos e inorgânicos e suas combinações.....	45
Tabela 6	Valores médios de cálcio (mg/100g) ao longo de 35 dias em diferentes silagens elaboradas com ácidos orgânicos e inorgânicos e suas combinações.....	46
Tabela 7	Valores médios de fósforo (mg/100g) ao longo de 35 dias em diferentes silagens elaboradas com ácidos orgânicos e inorgânicos e suas combinações.....	50
Tabela 8	Valores médios de pH ao longo de 35 dias em diferentes silagens elaboradas com ácidos orgânicos e inorgânicos e suas combinações.....	53

CAPÍTULO 3

Tabela 1	Processamento do surimi.....	75
Tabela 2	Teores médios de umidade (%) de surimis elaborados com diferentes crioprotetores e inibidores de proteases.....	78
Tabela 3	Teores médios de proteínas (%) de surimis elaborados com diferentes crioprotetores e inibidores de proteases.....	81
Tabela 4	Teores médios de lipídios (%) de surimis elaborados com diferentes crioprotetores e inibidores de proteases	84
Tabela 5	Teores médios de cinzas (%) de surimis elaborados com diferentes crioprotetores e inibidores de proteases.....	86
Tabela 6	Teores médios do parâmetro de cor a* de surimis elaborados com diferentes crioprotetores e inibidores de proteases, 36 h após elaboração.....	88
Tabela 7	Teores médios do parâmetro de cor a* de surimis elaborados com diferentes crioprotetores e inibidores de proteases, 120 dias após elaboração.....	88
Tabela 8	Teores médios do parâmetro de cor b* de surimis elaborados com diferentes crioprotetores e inibidores de proteases, 36 h após elaboração.....	90

Tabela 9	Teores médios do parâmetro de cor b^* de surimis elaborados com diferentes crioprotetores e inibidores de proteases, 120 dias após elaboração.....	90
Tabela 10	Teores médios do parâmetro de cor L^* de surimis elaborados com diferentes crioprotetores e inibidores de proteases, 36 h após elaboração.....	92
Tabela 11	Teores médios do parâmetro de cor L^* de surimis elaborados com diferentes crioprotetores e inibidores de proteases, 120 dias após elaboração.....	92
Tabela 12	Teores médios do parâmetro de <i>Whiteness</i> de surimis elaborados com diferentes crioprotetores e inibidores de proteases, 36 h após elaboração.....	94
Tabela 13	Teores médios de <i>Whiteness</i> de surimis elaborados com diferentes crioprotetores e inibidores de proteases, 120 dias após elaboração.....	95
Tabela 14	Teores médios de rendimento após cocção de surimis elaborados com diferentes crioprotetores e inibidores de proteases, 36 h após elaboração.....	97
Tabela 15	Teores médios de rendimento após cocção de surimis elaborados com diferentes crioprotetores e inibidores de proteases, 120 dias após elaboração.....	97
Tabela 16	Teores médios de força de cisalhamento de géis de surimis elaborados com diferentes crioprotetores e inibidores de proteases, 36 h após elaboração.....	100
Tabela 17	Teores médios de resistência de surimis elaborados com diferentes crioprotetores e inibidores de proteases, 36 h após elaboração.....	102

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 2

Figura 1	Resíduos de filetagem de tilápias (<i>Oreochromis nilótica</i>) e silagens elaboradas com esses resíduos.....	30
Figura 2	Variação da umidade em função do tempo de armazenamento da silagem elaborada com ácido sulfúrico (P<0,01).....	35
Figura 3	Variação da umidade em função do tempo de armazenamento da silagem elaborada com Ácidos Clorídrico/Fórmico 3:1 (P<0,01).....	35
Figura 4	: Variação da umidade em função do tempo de armazenamento da silagem elaborada com Ácido Fosfórico (P<0,01)	36
Figura 5	Variação da umidade em função do tempo de armazenamento da silagem elaborada com ácidos fosfórico/fórmico 3:1 (P<0,01).....	36
Figura 6	Teor de proteínas em função do tempo de armazenamento da silagem elaborada sem adição de ácidos (P<0,01).....	40
Figura 7	Teor de lipídeos em função do tempo de armazenamento da silagem elaborada com ácido clorídrico (P<0,01).....	43
Figura 8	Teor de Cálcio em função do tempo de armazenamento da silagem elaborada com a combinação clorídrico:fórmico 3:1 (P<0,01).....	48
Figura 9	Teor de Cálcio em função do tempo de armazenamento da silagem elaborada com ácido clorídrico (P<0,01).....	48
Figura 10	Teor de Cálcio em função do tempo de armazenamento da silagem <i>in natura</i> (P<0,01).....	49
Figura 11	Teor de Fósforo em função do tempo de armazenamento da silagem elaborada com a combinação de ácidos fosfórico/fórmico 1:1 (P<0,01).....	51
Figura 12	Teor de Fósforo em função do tempo de armazenamento da silagem elaborada com a combinação de ácidos clorídrico/fórmico 3:1(P<0,01).....	52
Figura 13	Variação do pH em função do tempo de armazenamento da silagem elaborada com ácido fosfórico (P<0,01).....	54
Figura 14	Variação do pH em função do tempo de armazenamento da silagem <i>in natura</i> (P<0,01).....	54
Figura 15	Variação do pH em função do tempo de armazenamento da silagem elaborada com ácido sulfúrico (P<0,01).....	55
Figura 16	Variação do pH em função do tempo de armazenamento da silagem elaborada com a combinação de ácido fosfórico/fórmico 1:1 (P<0,01).....	55
Figura 17	Variação do pH em função do tempo de armazenamento da silagem elaborada com a combinação de ácido fosfórico/fórmico 1:3 (P<0,01).....	56
Figura 18	Variação do pH em função do tempo de armazenamento da silagem elaborada com a combinação de ácido fosfórico/fórmico 3:1 (P<0,01).....	56

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO GERAL	13
2 REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1 Aquicultura e sustentabilidade	15
2.2 Silagem de pescado	17
2.3 Surimi	17
REFERÊNCIAS	19
CAPÍTULO 2: CARACTERIZAÇÃO DE SILAGENS ÁCIDAS DE RESÍDUOS DA FILETAGEM DE TILÁPIAS AO LONGO DO ARMAZENAMENTO	21
ABSTRACT	23
1 INTRODUÇÃO	24
2 MATERIAL E MÉTODOS	29
2.1 Matéria-prima	29
2.2 Preparo das silagens	29
2.3 Coleta de amostras	30
2.4 Determinações realizadas	30
2.4.1 Determinações físico-químicas	30
2.4.2 Determinações químicas	31
2.4.2.1 Composição centesimal	31
2.4.2.2 Determinação dos minerais cálcio e fósforo	31
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
3.1 Composição centesimal	33
3.1.1 Umidade	33
3.1.2 Proteínas	39
3.1.3 Lipídios	42
3.1.4 Cinzas	44
3.2 Minerais	46
3.2.1 Cálcio	46
3.2.2 Fósforo	49
3.3 Potencial hidrogeniônico (pH)	52
4 CONCLUSÃO	58
REFERÊNCIAS	59
CAPÍTULO 3: CARACTERIZAÇÃO DE SURIMIS ELABORADOS COM RESÍDUOS DA FILETAGEM DE TILÁPIAS E DIFERENTES CRIOPROTETORES E INIBIDORES DE PROTEASES	64
1 INTRODUÇÃO	67
2 MATERIAL E MÉTODOS	75
2.1 Matéria prima	75
2.2 Local	75
2.3 Processamento do surimi	75
2.4 Preparo do gel kamaboko	76
2.5 Determinações realizadas	76
2.5.1 Composição centesimal	76
2.5.2 Análises instrumentais	77
2.6. Análises estatísticas	77
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	78
3.1 Composição centesimal	78
3.1.1 Umidade	78
3.1.2. Proteína	80
3.1.3 Lipídios	83
3.1.4 Teor de Cinzas	85
3.2 Análises instrumentais	87
3.2.1 Cor a* inicial e aos 120 dias	87
3.2.2 Cor b* inicial e aos 120 dias	90

3.2.3 Cor L inicial e aos 120 dias.....	92
3.2.4 Whiteness	94
3.2.5 Rendimento após cocção	97
3.2.6 Força de cisalhamento	100
3.2.7 Resistência do surimi	101
4 CONCLUSÃO	103
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	104
REFERÊNCIAS.....	105

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO GERAL

Sustentabilidade é a habilidade de sustentar ou suportar uma ou mais condições por um determinado prazo. Ultimamente, esse conceito tornou-se um princípio segundo o qual o uso dos recursos naturais para a satisfação das necessidades presentes não pode comprometer a satisfação das necessidades futuras. É um conceito complexo, pois atende a um conjunto de variáveis interdependentes que, de maneira geral, sustenta que as atividades devem ter a capacidade de serem economicamente viáveis, ambientalmente corretas e socialmente justas.

A aquicultura é um importante fator de desenvolvimento sócio-econômico para o país, pois além de incrementar os índices de consumo de proteínas de origem animal, tem sido considerada um dos sistemas de produção de alimentos que mais cresce no mundo e que poderá contribuir muito com a crescente demanda de pescado. O Brasil reúne condições extremamente favoráveis à aquicultura, apresentando excelente potencial hídrico, clima favorável, boa disponibilidade de áreas e grandes safras de grãos para formulação de rações. No entanto, ainda é um país onde se consome pouco peixe.

Entre 2003 e 2009, houve um aumento no consumo *per capita* de peixe, passando de cerca de 6 para 9 quilos por habitante/ano, ou seja, quase 40%, fazendo o país se aproximar do patamar de consumo considerado ideal pela Organização Mundial de Saúde, que é de 12 quilos por habitante/ano. O aumento no consumo de pescado no Brasil é resultado das políticas adotadas para o desenvolvimento da pesca e aquicultura, além do aumento da renda média do brasileiro.

Dessa forma, aquicultura tem crescido em termos de consumo e geração de renda nos últimos anos, mas ainda não atende de forma satisfatória ao tripé da sustentabilidade. Assim, de maneira geral, a aquicultura tem caminhado no sentido de ser economicamente viável e socialmente justa; no entanto, ainda está longe de ser ecologicamente correta.

Trabalhos referentes à geração e descarte de resíduos tem verificado que muitas empresas ainda destinam seus resíduos para aterros e lixões públicos e que apenas uma pequena fração vem sendo aproveitada. A obtenção de filés é a atividade de maior geração de resíduos.

Grande parte da captura mundial de pescado não é empregada diretamente na alimentação humana, seguindo para elaboração de rações ou para o descarte, como resíduo. O ideal seria utilizar a matéria-prima em toda a sua extensão, recuperando os subprodutos

mediante a utilização do material residual como uma nova fonte de renda, e assim, evitando ou reduzindo a formação do resíduo.

Os produtos oriundos de pescado possuem grandes concentrações de proteínas e ácidos graxos de alto valor biológico cujo consumo proporciona vários benefícios, tanto na prevenção quanto no tratamento de uma série de doenças e distúrbios da saúde, além de influenciar no desenvolvimento de vários órgãos e tecidos.

Várias alternativas tecnológicas têm sido desenvolvidas para utilização desses resíduos na indústria alimentícia e cosmética. Uma dessas formas é a elaboração de surimis, de silagens, de farinha e de óleo de pescado que, além de poderem ser utilizados na alimentação humana e animal, podem ser empregados em cosméticos ou na fabricação de biodiesel. Esses resíduos são matérias-primas de alta qualidade para a obtenção de vários produtos da cadeia produtiva do pescado. Além disso, seu aproveitamento é ecologicamente recomendável em função da alta carga de matéria orgânica quando descartados no ambiente.

A silagem de pescado é obtida por processos conhecidos há muito tempo, e consiste em acidificar o pH de uma massa triturada, deixando livre a ação das enzimas próprias dos tecidos que terminam liquefazendo o produto. É um processo alternativo à farinha de peixe para rações, com menor custo de produção, pode ser feita em menor escala, sendo recomendada quando os resíduos são gerados em pequenos volumes e com possibilidade de uso local ou regional.

O surimi é um termo japonês que significa músculo de pescado picado. É um produto resultante da tecnologia desenvolvida no Japão desde o século XII, com os objetivos de aproveitar o excedente da pesca e diversificar o emprego do pescado fresco. Trata-se de um extrato de proteínas miofibrilares do pescado com alta capacidade geleificante e emulsificante que tem sido utilizado atualmente na fabricação de produtos tradicionais japoneses, como o *Kamaboko*, e também na fabricação de novos produtos e análogos de pescados e embutidos, como o *kani-kama*, linguiças e salsichas.

É necessário que os produtos utilizados na elaboração e melhoria da qualidade das silagens ácidas e dos surimis sejam cada vez mais conhecidos e divulgados, pois, assim, se tornarão atrativos para aqueles que desejam aumentar seu rendimento, o resíduo da filetagem será valorizado e, ao ser utilizado, contribuirá com a redução do problema ambiental gerado pela atividade aquícola.

O presente trabalho encontra-se dividido em três capítulos. O primeiro refere-se a um referencial teórico geral; o segundo refere-se às análises físico-químicas de diferentes silagens elaboradas com resíduos da filetagem de tilápias-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) adicionadas de ácidos orgânicos e ácidos inorgânicos; e o terceiro e último capítulo refere-se às análises

químicas e instrumentais de surimis elaborados com resíduos da filetagem de tilápias-do-nylo (*Oreochromis niloticus*) e diferentes crioprotetores e inibidores de proteases.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Aquicultura e sustentabilidade

A aquicultura é um processo produtivo de cultivo dos seres que têm na água o seu principal ou mais frequente ambiente de vida. É uma das alternativas mais viáveis no mundo para a produção de alimento de alto valor proteico destinado ao consumo humano (Camargo & Pouey, 2005).

Dentre os alimentos, o pescado se destaca nutricionalmente quanto à quantidade e qualidade das suas proteínas, quanto à presença de vitaminas e minerais e, principalmente, por ser fonte de ácidos graxos essenciais ômega-3 eicosapentaenoico (EPA) e docosaenoico (DHA). O consumo desses lipídios é associado à redução do risco de doenças cardiovasculares e a funções importantes nas fases iniciais do desenvolvimento humano (Sartori & Amancio, 2012).

De acordo com o Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura - Brasil 2010, divulgado pelo Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA, 2012), o consumo *per capita* de pescados no Brasil, considerando-se o ano de 2009, foi de 9 kg/*per capita*/ano, estando aquém do recomendado pela Organização Mundial da Saúde (OMS), que é de pelo menos 12 kg *per capita* por ano (Isaac & Almeida, 2011; World Health Organization, 2007). Possíveis motivos para isso são os preços elevados e a baixa qualidade, resultante de problemas de manipulação na comercialização *in natura*, conservação e armazenamento (Oetterer, 2002).

O valor nutricional do pescado e a divulgação de estudos que o associam com melhorias para a saúde têm causado, nos últimos anos, um aumento de interesse por esse alimento (Burger, 2008).

Dentre os pescados mais cultivados no mundo, está a tilápia, que apresenta fácil reprodução, carne branca de excelente qualidade, ótimo valor de mercado, baixos custos de produção e se adapta aos sistemas de cultivo desde os mais extensivos até os mais intensivos, podendo ser cultivada em águas com salinidades elevadas e temperaturas baixas (Oliveira et al., 2007).

No Brasil, a tilápia foi introduzida pela primeira vez em 1953, quando a “Light”, em São Paulo, importou *Tilapia rendalli* do Congo. Inicialmente, a produção de tilápias não obteve

sucesso: em 1971, o Departamento Nacional de Obras Contra a Seca (DNOCS) introduziu exemplares da espécie tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*), visando ao peixamento dos reservatórios públicos da Região Nordeste (o baixo índice de crescimento da primeira espécie e a alta prolificidade e consanguinidade da segunda levaram à disseminação da tilápia nos reservatórios brasileiros e com baixos índices de produtividade); em 1981, foram introduzidas oficialmente no Brasil as tilápias-vermelhas (tilápia-de-moçambique) cuja consanguinidade e a falta de programas de melhoramento genético trouxeram mais problemas para esses peixes do que os observados com a tilápia nilótica. Em 1996 e em 2002, houve a importação de linhagens melhoradas da tilápia nilótica que, associadas ao uso da técnica de incubação artificial, com controle do sexo, deram novo impulso à atividade e iniciou-se a fase industrial da tilapicultura brasileira (Oliveira et al, 2007).

Com o avanço do processo de industrialização do pescado, especialmente com a obtenção do filé, principal produto das tilápias para a comercialização, grande quantidade de resíduos são produzidos. Trabalhos sobre diferentes métodos de retirada de filés de tilápia-donilo indicam rendimentos entre 32,89% e 36,85% de filé (Souza et al.,1999 e Souza, 2002), ou seja, cerca de 60% a 70% da tilápia é descartada na forma de resíduos.

Apesar de as indústrias serem legalmente obrigadas a se adequar às leis ambientais, principalmente após a implantação da Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei 12.305/20, (Brasil, 2012), estudo sobre a geração, armazenamento, transporte e descarte de resíduos em indústrias de pesca do Brasil verificou que entre as indústrias que colaboraram com a pesquisa, 44% destinam seus resíduos para lixões públicos ou aterros. Tradicionalmente, esses resíduos são descartados ou encaminhados às fábricas de farinha de peixe. Dessa forma, percebe-se a pouca inserção do setor de pesca brasileiro na busca pela sustentabilidade Martins (2011).

Estudo sobre avaliação do resíduo do processamento de pescados para o desenvolvimento de coprodutos visando ao incremento da sustentabilidade na cadeia produtiva, chama atenção para a importância do emprego de tecnologias adequadas ao material residual que seria desperdiçado, convertendo-os em produtos comerciais ou matéria-prima para processos secundários e a consequente redução de custos e de problemas de poluição ambiental, além de aumentar a eficiência de produção Sucasas (2011).

Como formas de aproveitamento dos resíduos de pescado, tem-se a extração de colágeno (escamas e peles) para a indústria farmacêutica e alimentícia; curtimento de pele para a indústria mobiliária, vestuário, artesanato e diferentes objetos; produção de polpa para fabricação de empanados, produtos semiprontos, cozinha institucional (da merenda escolar, restaurantes

universitários, restaurantes de empresas, hospitais, presídios, etc.); compostagem, farinha e silagem de pescado Vidotti & Gonçalves (2006), além do surimi.

2.2 Silagem de pescado

Silagem é um produto líquido elaborado de peixes inteiros ou partes desses, aos quais são acrescentados ácidos, enzimas ou bactérias produtoras de ácido lático, em que a liquefação da massa é oriunda da ação de enzimas naturalmente presentes no pescado. (Tatterson & Windsor, 1974). É um método antigo de preservação da matéria orgânica (Shirai et al., 2001).

Na Noruega, Polônia e Dinamarca, a preservação dos resíduos pela técnica de silagem vem sendo estudada desde 1930. Países como o Canadá, Inglaterra e Alemanha iniciaram a produção de silagem a partir da década de 40. No Brasil, o interesse por esse processo só apareceu na década de 80 (Sales, 1995; Ogawa & Maia, 1999; Benites, 2003).

A tecnologia de obtenção da silagem de pescado é simples e não implica a utilização de maquinários específicos, pois necessita apenas de triturador de resíduos, agitador e recipientes plásticos, não exigindo mão de obra especializada. Não exala odores desagradáveis, não atrai insetos e não apresenta problemas com microorganismos; entretanto, é indicada quando são gerados apenas pequenos volumes de resíduos. Essa restrição se deve a algumas características específicas do produto, dentre as quais o teor de umidade. (Vidotti, 2011)

Além disso, apresenta outras vantagens, como a conservação das propriedades nutricionais em relação ao produto de origem, uma vez que o conteúdo proteico não sofre tratamento térmico; a produção é independente da escala, não requerendo altos custos para a sua fabricação; não necessita de refrigeração para a sua conservação, mantendo-se estável por mais de um ano à temperatura ambiente. A necessidade de grandes espaços para o armazenamento do produto final semilíquido constitui a principal desvantagem da técnica (Tatterson & Windsor, 1974; Raa & Gildberg, 1982; Windsor & Barlow, 1984; Barral et al., 1989).

2.3 Surimi

Surimi pode ser definido como um concentrado de proteínas miofibrilares, produzido por repetidas lavagens da carne de pescado separada mecanicamente, constituindo uma pasta que pode ser congelada após a adição de crioprotetores para a manutenção das características de geleificação, importantes na elaboração de produtos derivados (Mira & Lanfer-Marquez,

2005; Kuhn, 2007).

É um produto obtido do músculo de pescado, constituído por proteínas solúveis em soluções salinas, principalmente as miofibrilares, formando, ao final, um concentrado miofibrilar úmido de alta qualidade nutritiva e excelente funcionalidade. A sua melhor utilização decorre, sobretudo, das propriedades funcionais dessas proteínas, constituindo-se na matéria-prima empregada para produzir o que durante séculos foi elaborado no Japão como produtos de tipo *kamaboko*, que são géis termoestáveis formados ao aquecer o surimi previamente tratado com sal para solubilizar sua proteína (Kuhn, 2006).

É um produto intermediário na fabricação de novos derivados alimentícios, como empanados de peixe, hambúrgueres, salsichas e produtos que imitam análogos de pescado (camarão, patas de caranguejo, carne de siri, molusco). O aroma e o sabor proporcionados pela incorporação do surimi em análogos de pescado se assemelham ao produto original e o "National Fisheries Institute" dos E.U.A. permitiu a retirada da palavra "imitação" das embalagens de produtos à base de surimi (Mira & Lanfer-Marquez, 2005)

O surimi é um produto resultante da tecnologia desenvolvida no Japão desde o século XII, com o objetivo de diversificar o emprego do pescado fresco. O processo de elaboração foi sendo melhorado durante centenas de anos e, atualmente, aplica-se em todo o mundo. A evolução dessa tecnologia foi particularmente rápida nos últimos 30 anos, o que permitiu reduzir consideravelmente os custos de produção, chegar à automatização completa do processo e à normalização da produção (Taha, 1996; Ordoñez-Peneda, 2005; Kuhn, 2006).

O processamento do surimi, quando comparado à Carne Mecanicamente Separada (CMS), requer maior investimento em equipamentos, como lavadores e centrífugas, refinadores dispostos em forma de linha contínua. (Vidotti, 2011)

A propriedade tecnológica mais apreciada do surimi é sua grande capacidade de retenção de água, o que permite que se obtenha qualquer textura desejável dos produtos à base de surimi. Outras propriedades funcionais do surimi são a capacidade de formar géis termo-irreversíveis de alta firmeza, elasticidade e coesividade, além de ser um ótimo estabilizador de emulsões e atuar como dispersante (AFDF, 1987 mencionado por Barreto & Beirão, 1999).

REFERÊNCIAS

- BARRAL, A.; CASTAÑON, C.; BERGAMASCHI, N. Y ROTH, R. Ensilados ácidos de pescado. **La Indústria Cárnica**, v. 17, n. 76, p. 43-47, 1989.
- BARRETO, P. L. M.; BEIRÃO, L. H. Influência do amido e carragena nas propriedades texturiais de surimi de tilápia (*Oreochomis* sp.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.19, n.2, p.183-188, 1999.
- BENITES, C. I. **Farinha de silagem de resíduo de pescado**: elaboração, complementação com farelo de arroz e avaliação biológica em diferentes espécies. 2003. 159 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência dos Alimentos) - Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, RS.
- BRASIL. Câmara dos Deputados. Política nacional de resíduos sólidos. 2. ed. Brasília: Câmara dos Deputados, Edições Câmara, 2012. (Série legislação, 81).
- BURGER, J. Fishing, fish consumption and awareness about warnings in a university community in central New Jersey in 2007, and comparisons with 2004. **Environ Res.** 2008;108(1):107-16.
- CAMARGO, S. G. O.; POUHEY, J. L. O. F. Aquicultura: um mercado em expansão. **Revista Brasileira Agrociência**, Pelotas, v. 11, n. 4, p. 393-396, out./dez. 2005.
- ISAAC, V.J., ALMEIDA, M.C. El consumo de pescado en la Amazonía Brasileña, **Relatório FAO**. Roma: FAO; 2011.
- KUHN, C.R. **Geleificação termo-induzida do surimi de Jundia (*Rhamdia quelen*) com inibidores de proteases**. 2006. 95f. Tese (Doutorado em Ciências)–Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.
- KUHN, C. R.; FILGUEIRAS, R. S.; TORRES, L. M.; VENDRUSCOLO, J. L.S.; SOARES, G. J. D. **Caracterização textural e físico-química do gel de surimi de jundiá (*Rhamdia quelen*)**. B.CEPPA, v. 25, n. 2, p. 305-311, 2007.
- MARTINS, W.S. **Inquérito exploratório referente à geração, armazenamento, transporte e descarte de resíduos em indústrias de pesca do Brasil**. 2011. 99p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.
- MIRA, N. V. de; 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, 2005.
- Ministério da Pesca e Aquicultura. **Boletim estatístico da pesca e aquicultura Brasil 2010**. Brasília: MPA; 2012.30p.
- OGAWA, M.; MAIA, E. L. **Manual de pesca**. São Paulo: Varela, 1999. 332 p.
- OLIVEIRA, E.G; SANTOS,F.J.de S.; PEREIRA,A.M.L; LIMA, C.B Produção de tilápia: Mercado, espécie, biologia e recria. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Circular Técnica** nº 45, Teresina PI, ISSN 0104-7633.

ORDÓÑEZ-PENEDA, J.A. Tecnologia de alimentos – Vol 2. **Alimentos de origem animal**. Porto Alegre: ARTMED Editora. 2005. 208 p.

RAA, J.; GILDBERG, A. Fish silage: a review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, Flórida, v. 16, n. 4, p. 383-419, 1982.

SALES, R. O. **Processamento, caracterização química e avaliação nutricional da despesca da Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus) em dietas experimentais com ratos**. 1995. 174 p. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.

SARTORI, A.G.de O.; AMANCIO, R.D. Pescado: importância nutricional e consumo no Brasil. **Segurança Alimentar e Nutricional**, Campinas, 19(2): 83-93, 2012.

SHIRAI, K.; GUERRERO, I.; HUERTA, S.; SAUCEDO, G.; CASTILLO, A.; GONZALEZ, R. O.; HALL, G. M. Effect of initial glucose concentration and inoculation level of lactic acid bacteria in shrimp waste ensilation. **Enzyme and Microbial Technology**, New York, v. 28, n. 4/5, p. 446-452, Mar. 2001.

SOUZA, M.L.R.; MACEDO-VIEGAS, E.M.; KRONKA, S.N. Influência do método de filetagem e categorias de peso sobre rendimento de carcaça da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.1, p.1-6, 1999.

SOUZA, M. L. R. Comparação de seis métodos de filetagem, em relação ao rendimento de filé e de subprodutos do processamento da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 3, p.1076-1084, jun. 2002.

SUCASAS, L.F.A. **Avaliação do resíduo do processamento do pescado para o desenvolvimento de co-produtos visando o incremento da sustentabilidade na cadeia produtiva**. Tese – Centro de energia Nuclear na Agricultura, Universidade Federal de São Paulo, Piracicaba, 2011. 164p.

TAHA, P. **Estudo de viabilidade técnico-econômica da produção de surimi**. 1996. 34p. Disponível em: <http://www.eps.ufsc.br/disserta96/taha/index/index.htm>.

TATTERSON, I. N.; WINDSOR, M. L. Fish silage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 25, n. 4, p. 369-379, Apr. 1974.

VIDOTTI, R. M.; GONÇALVES, G. S. **Produção e caracterização de silagem, farinha e óleo de tilápia e sua utilização na alimentação animal**. São Paulo, 2006. Disponível em: <ftp://ftp.sp.gov.br/ftppesca/producao_caracterizacao.pdf>. Acesso em: 18 maio 2008.

VIDOTTI, R.M. Silagem de pescado. GONÇALVES, A.A. **Tecnologia do pescado: ciência, tecnologia, inovação e legislação**. São Paulo: Editora Atheneu, 2011. 608p.

WINDSOR, M. Y.; BARLOW, S. **Introducción a los subproductos de pesquería**. Madri: ACRIBIA, 1984. 209 p.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Protein and aminoacid requirements in human nutrition. Report of a joint WHO/FAO/UNU Expert Consultation, United Nations University. **Technical Report Series**, 935. WHO; 2007.

CAPÍTULO 2

CARACTERIZAÇÃO DE SILAGENS ÁCIDAS DE RESÍDUOS DA FILETAGEM DE TILÁPIAS AO LONGO DO ARMAZENAMENTO

RESUMO

No presente trabalho, buscou-se estudar o efeito de diferentes ácidos nas características físico-químicas de silagens elaboradas com resíduos da filetagem de tilápias (*Oreochromis nilotica*), acrescidos de 3% dos ácidos fórmico, fosfórico, clorídrico e sulfúrico, puros ou combinados entre si em diferentes proporções. As análises foram feitas aos 0, 10, 20 e 35 dias. A umidade variou entre 51,43% (ácido sulfúrico aos 35 dias) e 61,64% (ácidos clorídrico/fórmico 3:1 aos 10 dias), proteínas entre 26,04% (ácidos sulfúrico/fórmico 3:1 aos 20 dias) e 44,73% (ácidos sulfúrico/fórmico 3:1 aos 20 dias), lipídios entre 26,84% (ácidos sulfúrico/fórmico 1:3 aos 10 dias) e 44,05% (formulação *in natura* aos 0 dias), cinzas entre 4,28 (ácido clorídrico aos 0 dias) e 28,39 (ácido fosfórico aos 35 dias). Teores de Cálcio variaram entre 5,47 mg/100g (ácido sulfúrico aos 10 dias) e 9,15 mg/100g (ácidos sulfúrico/fórmico aos 35 dias) e de Fósforo entre 4,21 mg/100g (ácido sulfúrico aos 20 dias) e 10,42 mg/100g (ácido fosfórico aos 20 dias). O pH variou entre 2,93 (ácido sulfúrico aos 35 dias) e 7,79 (silagem *in natura* aos 0 e aos 10 dias após a elaboração). Nas condições em que o experimento foi realizado, verificou-se que o armazenamento interferiu nas variáveis físico-químicas analisadas, sendo observada estabilidade no teor de umidade, redução nos teores de proteínas e lipídios e aumento nos teores de cinzas, cálcio e fósforo.

Palavras-chave: silagens ácidas de pescado, ácidos orgânicos, ácidos inorgânicos, tempo de armazenamento.

ABSTRACT

This study aimed to characterize, at 0, 10, 20 and 35 days and through physical and chemical analysis, silage made with filleting waste from tilapia (*Oreochromis nilotica*), plus 3% of formic acid, phosphoric acid, hydrochloric and sulfuric acid, pure or combined together in different proportions. Through chemical analysis there was a variation on humidity that went between 51.43% (sulfuric acid at 35 days) and 61.64% (hydrochloric acid / formic acid 3:1 10 days), proteins ranged from 26.04% (sulfuric acid / formic 3:1 at 20 days) and 44.73% (sulfuric acid / formic acid 3:1 at 20 days), lipids ranging between 26.84% (sulfuric acid / formic 1:3 at 10 days) and 44.05% (fresh formulation at 0 days), ashes ranging between 4.28 grays (hydrochloric acid at 0 days) and 28.39 (phosphoric acid at 35 days). Calcium levels ranging from 5.47 mg/100g (sulfuric acid at 10 days) and 9.15 mg/100g (sulfuric acid / formic acid at 35 days) and phosphorus varying between 4.21 mg/100 g (sulfuric acid at 20 days) and 10.42 mg/100g (phosphoric acid at 20 days). The pH ranged from 2.93 (sulfuric acid at 35 days) and 7.79 (fresh silage at 0 to 10 days after preparation). Under conditions in which the experiment was conducted, it was found that storage interfered in physico-chemical analysis, stability was observed in moisture content, reduction in protein and lipids and increased levels of ash, calcium and phosphorus.

1 INTRODUÇÃO

A crescente produção de peixes tem proporcionado a procura por fontes proteicas alternativas, preferencialmente baratas, para a suplementação de dietas de peixes (Vendruscolo et al., 2009). Os processos de beneficiamento de peixes, que visam principalmente à produção de filés, geram aproximadamente 67% de resíduos, dos quais apenas 33% do pescado são aproveitados na forma de filés (Souza, 2002). Esses resíduos são ricos em materiais orgânicos e inorgânicos, e se forem lançados ao meio ambiente, sem tratamento prévio, podem poluir os recursos naturais (ar, água e solo).

O alto teor proteico encontrado em peixes faz com que o principal destino dos resíduos do beneficiamento seja para a produção de farinha de peixe, para alimentação animal, produto que apresenta cerca de 70% de proteína com a vantagem do baixo custo (Arruda et al., 2006; Seibel & Soares, 2003). A silagem de peixe é uma das formas alternativas de aproveitamento dos resíduos gerados na cadeia aquícola, da produção à industrialização e comercialização.

Quando comparada com a obtenção da farinha de peixe, a silagem apresenta vantagens, como a simplicidade e praticidade do processo que independe de escala, a necessidade de pouco investimento, com reduzida emissão de fluentes e de odores, sendo rápida em climas tropicais; entretanto, o produto é volumoso quando na forma pastosa, podendo-se proceder à sua secagem para sua aplicação em rações, na forma desidratada (Arruda et al., 2007).

A silagem também apresenta vantagens nutricionais diante da farinha de peixe (Arruda et al., 2006; Borghesi et al., 2007; Slizyte et al., 2005), permitindo a melhoria do valor nutritivo da matéria-prima em relação ao aumento da digestibilidade proteica e à presença de lisina e metionina, dentre outros aminoácidos essenciais. Em geral, as silagens são deficientes em triptofano, aminoácido instável em condições ácidas, quando se apresentam na forma livre (Arruda et al., 2006; Morales-Ulloa & Oetterer, 1995).

O processo de ensilagem é um método antigo de preservação da matéria orgânica (Shirai et al., 2001). Surgiu nos países escandinavos, sendo a Suécia o primeiro país a produzi-la, em 1936, para experimentos. Em seu processamento, utilizou-se misturas de ácido sulfúrico, clorídrico, fórmico e outros ingredientes, como o melado. (Disney & James, 1980)

É um produto líquido elaborado a partir de peixes inteiros ou partes desses, aos quais são acrescentados ácidos, enzimas ou bactérias produtoras de ácido láctico, em que a liquefação da massa é oriunda da ação de enzimas naturalmente presentes no pescado. (Tatterson & Windsor, 1974).

O princípio da preservação dos resíduos do processamento de pescado utilizando a técnica de silagem deve-se, principalmente, à redução do pH e à hidrólise proteica da massa residual, por três métodos principais: adição de ácidos orgânicos e/ou minerais (silagem ácida); processo biológico de fermentação por bactérias lácticas, o qual gera ácido lático, aumentando, conseqüentemente, a acidez do meio (silagem biológica); e uso de enzimas proteolíticas (silagem enzimática). Benites (2003) e Gonçalves & Viegas (2007).

Borghesi (2004), com os objetivos de minimizar os problemas ambientais e melhorar a eficiência de produção da indústria do pescado, primeiramente elaborou e a caracterizou físico-química e nutricionalmente a silagem ácida, silagem biológica e silagem enzimática, utilizando, como matéria-prima, os descartes da piscicultura e o resíduo do beneficiamento da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Após resultados obtidos para os três tipos de silagem, o autor verificou que a silagem ácida e a enzimática foram, de maneira geral, próximas e melhores que os obtidos para silagem biológica. Com base nos resultados da pesquisa, recomendou-se o uso da silagem ácida devido à facilidade na sua elaboração.

A silagem ácida (ou química) de pescado é o produto resultante da mistura de ácido aos subprodutos da pesca. O princípio fundamental para que ocorra a preservação do ensilado de pescado é que o ácido utilizado diminua o pH e evite a putrefação bacteriológica do pescado, enquanto as enzimas presentes se encarregam da liquefação. Dessa maneira, o ensilado permanece química e microbiologicamente estável por um longo período de tempo (Göhl, 1982).

Segundo Benites (2003), a escolha do tipo de ácido depende basicamente do custo, da disponibilidade e da ação bactericida. Nas silagens ácidas, as substâncias de preservação utilizadas podem ser ácidos orgânicos (acético, propiônico, fórmico, fosfórico, etc.), ácidos inorgânicos (clorídrico, sulfúrico, etc.) ou uma mistura desses dois. Com o objetivo de diminuir o pH, provocando inibição do crescimento bacteriano (Beraquet & Galacho, 1983), os ácidos são adicionados aos resíduos de pescado picados ou moídos

Devido à baixa solubilidade, à intensidade de sabor e à baixa toxicidade ao organismo humano, os ácidos orgânicos de cadeia curta, como o acético, benzóico, cítrico, propiônico, sórbico e lático, são os mais comumente utilizados em alimentos (Soccol, 2002). Os ácidos orgânicos são classificados como conservadores ou acidulantes, conforme prevê a legislação brasileira, Decreto nº 55.871 de 23/06/1965 (Brasil, 2001).

A presença do grupo carboxila (COOH) confere aos ácidos orgânicos, entre outras propriedades, a de serem ácidos fracos em meio aquoso (Solomons, 1996).

A atividade antimicrobiana dos ácidos orgânicos de cadeia curta está relacionada ao fato de eles provocarem redução do pH e a capacidade de dissociação de suas carboxilas. Em estado não dissociado, os ácidos orgânicos de baixo peso molecular possuem a habilidade de penetração passiva na célula microbiana. Após a penetração, ocorre a liberação de prótons e ânions, o que acarreta o abaixamento do pH intracelular. O aumento da força iônica aumenta a pressão no interior da célula, causando a morte do microorganismo (Cherrington et al., 1991; Russel, 1992; Rodriguez-Palenzuela, 2000; Viola & Vieira, 2007).

A presença de 1% a 2% de ácido acético não dissociado na carne, pescado e vegetais, é geralmente eficiente para inibição bacteriana (Pardi et al., 1994; Soccol, 2002).

Uma mistura de ácidos fórmico e propiônico tem sido recomendada, normalmente na proporção 1:1, pois proporciona silagens estáveis e com aroma acidificado. Os ácidos minerais, como o ácido clorídrico e o ácido sulfúrico, podem ser utilizados, pois são de baixo custo, porém há a desvantagem de necessitar de neutralização antes de utilizá-lo antes do alimento ser consumido.

O ácido fórmico é um ácido orgânico geralmente mais caro que os minerais, no entanto, produz silagens, que por não serem muito ácidas (pH 4,0 a 4,5), não necessitam de neutralização antes do uso.

As silagens produzidas apenas com ácidos inorgânicos devem ter pH próximos de 2, a fim de evitar a ação bacteriana (Dias, 1996). O uso de ácido clorídrico torna a silagem salgada, enquanto o ácido sulfúrico precipita o sulfato de cálcio (Costa et al., 2001).

O pH de silagem produzida com mistura de ácido fórmico com ácido sulfúrico e clorídrico fica na faixa de 4,0 a 5,0. Já a silagem produzida apenas com ácido inorgânico apresenta um pH em torno de 2,0, sendo necessária a neutralização do material ensilado antes do uso (Geron, 2003).

A atividade das enzimas proteolíticas presentes no pescado, responsáveis pela autólise proteica e lipídica do material ensilado, é acelerada por meio da adição de ácidos fracos ou fortes, sendo que essas enzimas alcançam atividade mais alta em valores de pH na faixa de 2,0 a 4,0 (Santana-Delgado et al., 2008).

O material ensilado apresenta composição química muito semelhante ao material de origem, sendo de alto valor nutricional (Carmo, 2009). As transformações químicas que ocorrem durante o armazenamento nos atributos químicos e nutricionais, influenciam a qualidade do produto final, sendo necessário o conhecimento dessas transformações. Entre as principais variáveis de qualidade das silagens estão o pH, a temperatura e a composição centesimal.

O pH é um importante indicativo da qualidade das silagens ácidas, uma vez que as enzimas que liquefazem a matéria-prima, tornando-a mais digestível pela transformação das proteínas em peptídeos, são ativadas a baixos valores de pH, além de contribuir para a preservação da biomassa ensilada inibindo o crescimento de microorganismos deteriorantes. O pH convencional dos ensilados químicos varia entre 3,9 e 4,2. Essa faixa pode variar de acordo com o tipo de ácido utilizado. Para ácidos inorgânicos essa faixa é menor, visto que se dissociam em pH menores. (Vogel, 1981)

Em temperaturas ambiente de 27% a 30⁰ C, ocorre hidrólise da biomassa ensilada, separando a camada de lipídeos e conservando a atividade enzimática por muitos meses (Backhoff, 1976 citado por Vidotti, 2001). O aumento da temperatura aumenta a velocidade das reações, diminuindo o tempo de hidrólise, fato confirmado por trabalhos de Jackson et al. (1984) e Santana-Delgado et al. (2008), o que melhora a digestibilidade do material ensilado.

A composição centesimal varia de uma espécie de pescado para outra e até entre a mesma espécie, dependendo da época do ano, tipo de alimentação, grau de maturação gonadal e sexo. Além disso, pode apresentar variação no mesmo peixe, dependendo da parte analisada (Sales, 1995). Apesar das alterações nas estruturas físicas e químicas do peixe, o valor nutricional da silagem assemelha-se ao material que lhe deu origem (Borghesi et al., 2007).

Borghesi (2004) caracterizou físico-química e nutricionalmente a silagem ácida, silagem biológica e a enzimática, utilizando como matéria-prima os descartes da piscicultura e o resíduo do beneficiamento da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). As silagens ácida, biológica e enzimática apresentaram os valores (base na matéria seca) de: 25,21; 34,58 e 25,01 g/100g para a matéria seca, 54,25; 33,00 e 54,50 g/100g para a proteína bruta, 12,45; 12,25 e 12,17 g/100g para lipídios, 8,03; 7,33 e 8,58 g/100g para o cálcio e 4,71; 2,86 e 4,85 g/100g para o fósforo, respectivamente.

Carmo (2009) estudou a qualidade de silagens ácidas de resíduos da filetagem de tilápia elaboradas com os ácidos orgânicos fórmico, acético e propênico na concentração de 5% v/p ao longo de 28 dias de armazenamento, visando obter um produto final de bom valor nutricional e verificar a viabilidade da aplicação desses resíduos na alimentação de juvenis de tilápia do Nilo. Verificou-se que a umidade e o extrato etéreo aumentaram em relação ao tempo inicial de ensilagem e que o conteúdo de proteína e de cinzas sofreu decréscimo. Os óleos extraídos das silagens mantiveram-se estáveis durante todo o experimento, não sendo detectada a formação de peróxidos. Verificou ainda boa digestibilidade proteica *in vitro* e *in vivo* em juvenis de tilápia nilótica, indicando que as silagens ácidas foram bem utilizadas pela tilápia do Nilo.

O teor lipídico da silagem é elevado, porém semelhante ao encontrado na matéria-prima, podendo esta ser considerada fonte de ácidos graxos poliinsaturados. Porém, a concentração lipídica é considerada um ponto crítico para manutenção da qualidade nutricional da silagem (Ferraz de Arruda; Borghesi; Oetterer, 2007). Sendo assim, torna-se necessária a rápida utilização da silagem elaborada.

O tempo de armazenamento prolongado da silagem pode piorar a conversão alimentar e reduzir o valor nutricional, havendo relação direta entre o escurecimento provocado por reação envolvendo os lipídios e a perda do valor nutritivo (Kompiang, 1981). Quando as proteínas são expostas a lipídios peroxidados, uma porção considerável destes complexa-se com proteínas mediante associações e/ou ligações de hidrogênio, causando perda do valor nutritivo (Sales, 1995). Ligações covalentes entre produtos oxidados e proteínas podem destruir aminoácidos como o triptofano, oxidar a metionina e ligar a lisina a outros compostos, tornando esses aminoácidos indisponíveis (Nelson & Cox, 2000)

O objetivo do presente trabalho foi estudar o efeito de diferentes ácidos e suas combinações, nas características físico-químicas de silagens, elaboradas com resíduos da filetagem de tilápias (*Oreochromis nilotica*).

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Matéria-prima

A matéria-prima utilizada na elaboração das silagens constituiu-se de resíduos da filetagem de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) compostos por espinhas, nadadeiras, caudas, aparas (entre as espinhas) e poucas escamas. Tais resíduos foram adquiridos de produtores da região de Alfenas-MG e transportados até o Laboratório de Nutrição Animal (LNA) do Departamento de Zootecnia (DZO) da Universidade Federal de Lavras (UFLA), onde foram moídos em máquina elétrica (Figura 1).

Figura 1 Resíduos de filetagem de tilápias (*Oreochromis nilótica*) e silagens elaboradas com esses resíduos.



2.2 Preparo das silagens

Os resíduos moídos foram pesados e homogeneizados manualmente, adicionou-se 0,1% (p/p) de BHT (butilhidroxitolueno) e divididos em 14 partes, às quais foram adicionados 3% v/p dos ácidos ou combinações de ácidos a serem estudados, conforme a Tabela 1.

Tabela1 Ácidos e combinações de ácidos utilizados na elaboração das silagens.

Ácidos e combinações	Proporção
Fórmico (FOR)	-
Clorídrico (CLO)	-
Fosfórico (FOS)	-
Sulfúrico (SUL)	-
CLO/FOR 1:1	1:1
CLO/FOR 1:3	1:3
CLO/FOR 3:1	3:1
FOS/FOR 1:1	1:1
FOS/FOR 1:3	1:3
FOS/FOR 3:1	3:1
SUL/FOR 1:1	1:1
SUL/FOR 1:3	1:3
SUL/FOR 3:1	3:1
Resíduo <i>in natura</i>	-

Foram colocados 2 Kg de cada um dos 14 tratamentos em recipientes plásticos de 5 litros, os quais continham um orifício na tampa por onde saíam os gases formados no processo. Em seguida, tais recipientes foram colocados em ambiente sombreado, à temperatura ambiente durante 35 dias.

Durante os 35 dias, a massa foi revolvida duas vezes ao dia (de manhã e de tarde) a fim de provocar o maior contato possível entre ácido (agente de preservação) e a biomassa.

2.3 Coleta de amostras

Antes de cada coleta os sistemas foram revolvidos. Foram coletadas amostras logo após o preparo das silagens e no 10º, 20º e 35º dia do processo de ensilagem.

2.4 Determinações realizadas

2.4.1 Determinações físico-químicas

A temperatura ambiente do local de armazenamento das silagens foi acompanhada diariamente, utilizando um termômetro de máxima e mínima. A temperatura no interior da biomassa foi medida por meio de um termômetro de mercúrio antes de cada revolvimento diário.

O pH foi determinado em pHmetro digital, com resultados compostos de duas casas decimais. Essas determinações foram realizadas no Laboratório Central de Análises (LCA) do Departamento de Ciência dos Alimentos (DCA) da Universidade Federal de Lavras.

2.4.2 Determinações químicas

2.4.2.1 Composição centesimal

A composição centesimal das silagens foi realizada no Laboratório Central de Análises (LCA) do Departamento de Ciência dos Alimentos (DCA) da Universidade Federal de Lavras, utilizando os seguintes métodos propostos pela Association of Official Analytical Chemists, AOAC (1990).

2.4.2.2 Determinação dos minerais cálcio e fósforo

Os minerais cálcio e fósforo foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica, no Laboratório de Análise Foliar no Departamento de Química da Universidade Federal de Lavras.

2.4.3 Análises estatísticas

O experimento seguiu um Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), num fatorial simples 14 x 4 (14 diferentes silagens produzidas e 4 tempos de armazenamento da silagem: 0, 10, 20, 35) totalizando 56 tratamentos e 3 repetições.

O modelo estatístico utilizado foi:

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + Y_{ij} + \epsilon_{ijk}, \text{ em que:}$$

y_{ijk} = é a observação k no nível i do fator A e nível j do fator B;

μ = é uma constante inerente a todas observações;

α_i = é o efeito do i -th tratamento, $i = 1, 2, \dots, 14$;

β_j = é o efeito do j -th tempo, $j = 1, 2, \dots, 4$;

Y_{ij} = é o efeito da interação entre o i -th tratamento e j -th tempo;

ϵ_{ijk} = é o resíduo ou erro experimental.

As análises foram feitas de forma que, quando detectada a interação entre os fatores, efetuou-se o desdobramento da soma de quadrados do fator "Tempo" dentro de cada "Tratamento", sendo, o fator tempo, estudado por meio de polinômios, por se tratar de um fator

quantitativo. No sentido contrário, desdobrou-se a soma de quadrados do fator "Tratamento" dentro de cada "Tempo", sendo, o fator tratamento, avaliado por meio do teste de Scott-Knott, por evitar o encavalamento de médias (Ferreira, 2000).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Composição centesimal

3.1.1 Umidade

A umidade das silagens analisadas (Tabela 2) variou entre 51,43% (referente ao ácido sulfúrico aos 35 dias) e 61,64% (referente à combinação clorídrico/fórmico 3:1 aos 10 dias).

Tabela 2 Valores médios de umidade (%) nos tempos 0, 10, 20 e 35 dias em diferentes silagens elaboradas com ácidos orgânicos e inorgânicos e suas combinações.

Ácidos e combinações	Dias de elaboração da silagem			
	0	10	20	35
Fórmico (FOR)	59,90 a	61,02 a	59,51 a	60,02 b
Clorídrico (CLO)	59,81 a	60,20 b	60,00 a	59,64 b
Fosfórico (FOS)**	59,42 a	58,81 c	57,17 b	53,09 e
Sulfúrico (SUL)*	57,25 c	56,42 d	55,04 c	51,43 f
CLO/FOR 1:1	60,09 a	60,82 a	59,61 a	59,92 b
CLO/FOR 1:3	58,77 b	60,16 b	59,37 a	59,23 b
CLO/FOR 3:1**	60,45 a	61,64 a	60,35 a	59,35 b
FOS/FOR 1:1	58,59 b	59,50 b	55,94 c	56,31 d
FOS/FOR 1:3	58,38 b	57,47 d	59,96 a	58,20 c
FOS/FOR 3:1**	59,66 a	57,47 d	56,20 c	57,53 c
SUL/FOR 1:1	58,74 b	57,55 d	58,28 b	57,61 c
SUL/FOR 1:3	59,93 a	60,22 b	58,14 b	59,83 b
SUL/FOR 3:1	58,03 c	56,92 d	52,04 d	55,59 d
Resíduo <i>in natura</i>	58,93 b	61,69 a	58,95 a	61,53 a

* Efeito linear ($P<0,01$) / ** Efeito quadrático ($P<0,01$).

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si ($P<0,01$)

Considerando-se a umidade em cada tempo analisado, verificou-se que assim que as silagens foram elaboradas, no dia zero, as que foram elaboradas com os ácidos fórmico, clorídrico e fosfórico isoladamente e as seguintes combinações: clorídrico/fórmico (1:1 e 3:1), fosfórico/fórmico 3:1 e sulfúrico/fórmico 1:3, foram os tratamentos que apresentaram maiores teores de umidade ($P<0,01$). Valores intermediários ($P<0,01$) foram verificados na silagem em que não se adicionou nenhum ácido (*in natura*) e nas combinações contendo ácidos clorídrico/fórmico 1:3, fosfórico/fórmico (1:1 e 1:3) e sulfúrico/fórmico 1:1. Os menores teores de umidade ($P<0,01$) foram observados nos tratamentos contendo apenas ácido sulfúrico e na combinação sulfúrico/fórmico 3:1.

Aos 10 dias após a elaboração das silagens, as que apresentaram maiores teores de umidade ($P<0,01$) foram a *in natura*, a composta por apenas ácido fórmico e as compostas pelas combinações clorídrico/fórmico 1:1 e 3:1. Valores intermediários ($P<0,01$) foram verificados na silagem contendo apenas ácido clorídrico e nas composições dos ácidos clorídrico/fórmico 1:3, fosfórico/fórmico 1:1 e sulfúrico/fórmicos 1:3, seguidos pela silagem elaborada com apenas ácido fosfórico. Os menores teores de umidade ($P<0,01$) foram observados quando se utilizou apenas ácido sulfúrico, e nas combinações contendo ácido fosfórico/fórmico 1:1 e 3:1 e ácido sulfúrico/fórmico 1:1 e 3:1.

Aos 20 dias após a elaboração das silagens, as que apresentaram maiores teores de umidade ($P<0,01$) foram a *in natura*, a composta apenas pelos ácidos fórmico e clorídrico e as compostas pelas combinações clorídrico/fórmico 1:3, 1:1 e 3:1 e fosfórico/fórmico 1:3. Valores intermediários ($P<0,01$) foram verificados na silagem contendo apenas ácido fosfórico e nas combinações sulfúrico/fórmico 1:1 e 1:3, seguidos pela silagem adicionada apenas com ácido sulfúrico e das combinações contendo ácidos fosfórico/fórmico 1:1 e 3:1. O menor valor de umidade ($P<0,01$) foi observado no tratamento em que se utilizou a combinação sulfúrico/fórmico 3:1.

Aos 35 dias após a elaboração das silagens, a que apresentou maior teor de umidade ($P<0,01$) foi a *in natura*. Valores intermediários ($P<0,01$) foram verificados nas silagens contendo apenas ácidos fórmico e clorídrico isoladamente, em todas as combinações avaliadas entre ácidos clorídrico/fórmico (1:1, 1:3 e 3:1) e na combinação sulfúrico/fórmico 1:3, seguidos pelas combinações fosfórico/fórmico 1:3 e 3:1 e sulfúrico/fórmico 1:1 e 3:1 e fosfórico/fórmico 1:1. Os menores valores de umidade ($P<0,01$) foram observados quando se utilizou apenas os ácidos fosfórico e sulfúrico isoladamente.

Considerando-se o comportamento de cada silagem estudada ao longo dos 35 dias, podemos observar pela tabela 1 que não houve diferença ($P>0,05$) entre os tempos para as seguintes silagens: clorídrico, fórmico, clorídrico/fórmico 1:1, 1:3 e sulfúrico/fórmico 1:1. Houve efeito linear dos tempos ($P<0,01$) apenas para a silagem elaborada com ácido sulfúrico (Figura 2).

Houve efeito quadrático dos tempos ($P<0,01$) para as silagens: clorídrico/fórmico 3:1 ($P<0,01$), (Figura 3) fosfórico/fórmico 3:1 ($P<0,01$) (Figura 4) e fosfórico ($P<0,01$) (Figura 5).

Figura 2 Variação da umidade em função do tempo de armazenamento da silagem elaborada com ácido sulfúrico ($P < 0,01$).

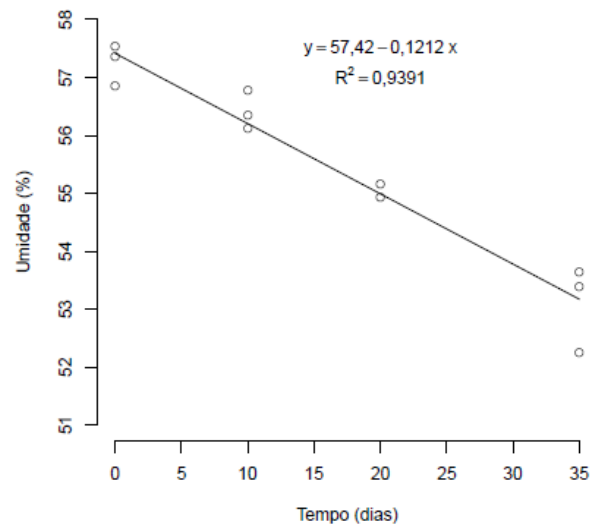


Figura 3 Variação da umidade em função do tempo de armazenamento da silagem elaborada com Ácidos Clorídrico/Fórmico 3:1 ($P < 0,01$).

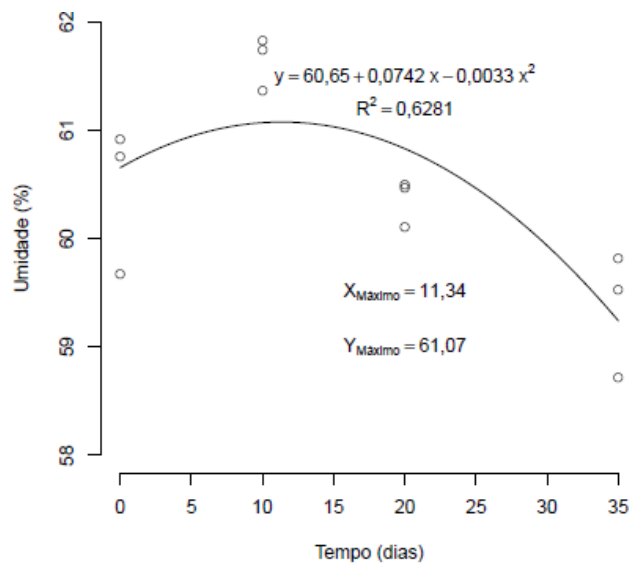


Figura.4 Variação da umidade em função do tempo de armazenamento da silagem elaborada com Ácido Fosfórico ($P < 0,01$)

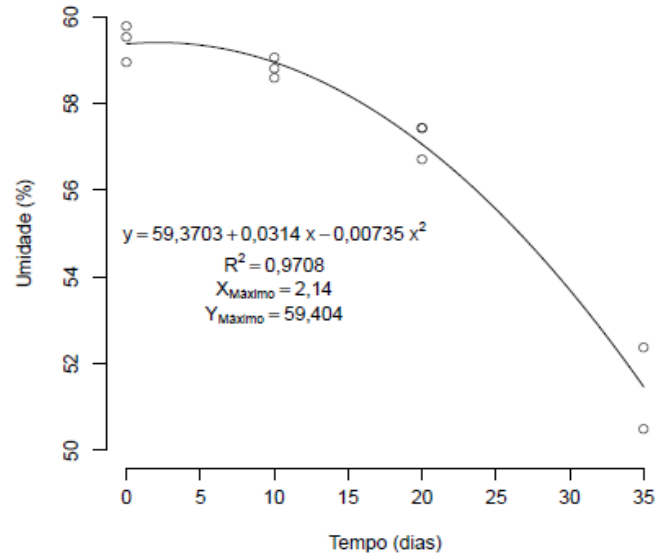
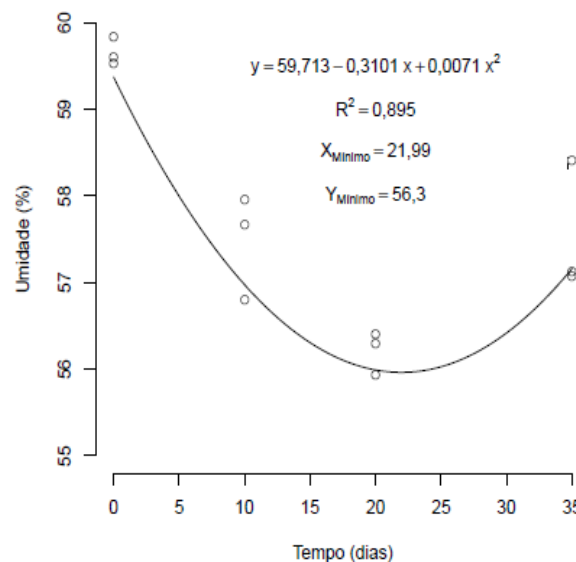


Figura.5 Variação da umidade em função do tempo de armazenamento da silagem elaborada com ácidos fosfórico/fórmico 3:1 ($P < 0,01$).



Para as demais silagens - fosfórico/fórmico 1:1 e 1:3, *in natura*, sulfúrico/fórmico 1:3 e 3:1 - houve efeito cúbico dos tempos ($P < 0,01$), no entanto não podendo-se precisar o motivo exato de tal comportamento, mas levantando-se a hipótese do desenvolvimento de

microorganismos e ação de enzimas no rico meio de cultura representado pelas silagens.

Entende-se que a umidade observada dentre os tratamentos refere-se à água retida na silagem, pois nos recipientes que foram utilizados na sua elaboração, apesar de tampados, continham orifícios para que o vapor de água e outros gases saíssem.

A observação da umidade em relação às silagens é de grande importância, tendo em vista que a menor umidade favorece o transporte do material, reduzindo custos, além de ser menos propício ao desenvolvimento de microorganismos.

A umidade observada nas silagens elaboradas a partir de resíduos da filetagem de tilápias foi superior à encontrada para o mesmo tipo de resíduos estudado por Carmo (2009), que utilizou diferentes ácidos orgânicos (fórmico, acético e propiônico) na elaboração de silagens ácidas, obtendo-se valores entre 39% e 40% aproximadamente.

Sucasas (2011) afirma que a composição centesimal varia de uma espécie de pescado para outra e até dentro da mesma espécie, dependendo da época do ano, tipo de alimentação, grau de maturação gonadal e sexo. Além disso, pode apresentar variação no mesmo peixe, dependendo da parte analisada (SALES, 1995).

Oliveira et al. (2006), utilizando ácido fórmico na concentração de 3% v/p na produção de silagem ácida de resíduos da filetagem de tilápias, observaram aumento no teor de umidade, o qual passou de 40,20% (primeiro dia de ensilagem) para 42,09% (trigésimo dia de ensilagem). Dapkevicius et al. (1998), também observaram aumento no teor de umidade de silagens ácidas, de 76,10 no tempo 0 dia de estocagem para 77,20% de umidade no tempo 15 dias de estocagem. Contrariamente, Valério (1994), observou diminuição do teor de umidade ($P < 0,01$) com o passar do tempo de armazenamento em sistema aberto em silagem ácida de sardinha, provocada pelo ressecamento da massa.

Neste estudo, as silagens *in natura* inicialmente apresentavam-se com valores intermediários de umidade ($P < 0,01$), mas ao final do período experimental, apresentaram a maior umidade: 61,53% ($P < 0,01$). Provavelmente, por não contarem com o efeito protetor ácido, a presença inicial de microorganismos associados à presença de enzimas proteolíticas, fez com que a massa fosse liquefeita, no entanto, a umidade ficou retida entre a estrutura miofibrilar remanescente na silagem e essa umidade foi detectada nas análises efetuadas.

O tratamento *in natura* acaba sendo uma Carne Mecanicamente Separada (CMS), que apenas recebeu o antioxidante e ficou armazenada pelos mesmos 35 dias como os demais tratamentos. De acordo com Moraes & Martins (1981), a deterioração da CMS se dá mais rapidamente do que a de filés obtidos da mesma matéria prima, principalmente devido à destruição da estrutura do músculo durante o processo de separação mecânica, além do contato

com o sangue, fragmentos de ossos e da dispersão da flora bacteriana presente na superfície do peixe. Além disso, as enzimas das vísceras que se difundem pela massa provocam a autólise, liquefazendo a silagem. (Oetterer, 1994)

Depois do tratamento *in natura*, os tratamentos elaborados com apenas ácido clorídrico e ácido fórmico e suas combinações, apresentaram os maiores teores de umidade ($P < 0,01$). O ácido clorídrico é um ácido inorgânico forte que apresenta alta higroscopicidade, portanto, tem a tendência de reter a umidade.

O ácido fórmico é um ácido orgânico relativamente fraco e tem sido um dos ácidos mais utilizados na elaboração de silagens ácidas, pois produz silagens que não são muito ácidas (pH 4,0 a 4,5) e não necessitam de neutralização antes do uso (Oetterer, 1994). Por outro lado, justamente por ser orgânico, pode estar associado à maior contaminação por microorganismos.

No presente estudo, até os 20 dias, o pH da silagem elaborada com ácido fórmico teve seu pH próximo aos valores mencionados pela autora, no entanto, aos 35 dias, o pH caiu para 3,94, provavelmente devido ao tempo elevado de armazenamento.

Oetterer (1994) informou que o ácido fórmico, apesar de ser bastante utilizado para obter silagens ácidas era, àquela época, um ácido mais caro que os ácidos minerais, no entanto, atualmente o custo de 1.000 mL desse ácido é de R\$19,49, sendo mais barato que o ácido sulfúrico (R\$ 32,84) e que o ácido fosfórico (R\$55,49).

No processo de autólise, ocorre degradação de proteínas e lipídios das membranas celulares do pescado, devido à ação enzimática feita por componentes do próprio organismo animal. Além disso, a adição de ácidos fortes (ácido clorídrico $pK_a = -6,3$, ácido sulfúrico $pK_a = -3,9$ e $1,96$), ácidos fracos (ácido fórmico $pK_a = 3,77$, ácido fosfórico $pK_a = 2,15$; $7,1$ e $12,4$), pode proporcionar, dependendo de sua concentração, uma reação de desidratação, (Fenema, 2010) conforme observado na silagem com adição de ácido sulfúrico e fosfórico 3% e na silagem com adição de combinações de ácido sulfúrico/fosfórico 3:1 para o tempo zero. Com o passar do tempo, pode-se observar que essas silagens apresentaram uma diminuição na porcentagem de umidade ($P < 0,01$) e, como alguns ácidos apresentam mais de uma constante de ionização, como é o caso do ácido fosfórico que possui três, essa diminuição foi devido a essa desidratação contínua e com a liberação gradativa de hidrogênio ionizado que permite a reação de H^+ com a molécula de água formando H_3O^+ e conseqüentemente evaporando. (Vogel, 1981).

O ácido sulfúrico é considerado um excelente desidratante para inúmeros fins. Sua afinidade por água é tão energética (com $\Delta H = -880$ kJ/mol) que captura átomos de hidrogênio e oxigênio proporcionais às moléculas de água de outros compostos, como ocorreu nas silagens com adição de 3% desse ácido e também quando combinado com outro ácido fraco, nesse caso,

o ácido fórmico (Fenema, 2010).

3.1.2 Proteínas

O teor de proteínas das silagens analisadas (tabela 3) variou entre 26,04% (referente à combinação sulfúrico/fórmico 3:1 aos 20 dias) e 44,73% (referente à combinação clorídrico/fórmico 1:1 aos 0 dias).

Tabela 3 Valores médios de proteína (%) nos tempos 0, 10, 20 e 35 dias em diferentes silagens elaboradas com ácidos orgânicos e inorgânicos e suas combinações

Ácidos e combinações	Dias de elaboração da silagem			
	0	10	20	35
Fórmico (FOR)	37,56 a	19,43 b	35,88 a	32,39 a
Clorídrico (CLO)	26,65 b	21,80 b	35,53 a	37,84 a
Fosfórico (FOS)	36,42 a	20,14 b	35,27 a	36,24 a
Sulfúrico (SUL)	38,26 a	21,26 b	37,35 a	35,55 a
CLO/FOR 1:1	44,73 a	21,05 c	34,68 a	38,05 a
CLO/FOR 1:3	39,21 b	22,86 b	27,07 b	34,86 a
CLO/FOR 3:1	32,42 a	22,28 b	32,32 a	33,30 a
FOS/FOR 1:1	35,01 a	22,79 b	38,26 a	34,76 a
FOS/FOR 1:3	39,35 a	19,88 b	35,13 a	36,29 a
FOS/FOR 3:1	33,88 a	20,10 b	34,17 a	31,69 a
SUL/FOR 1:1	33,23 ab	22,96 c	37,29 a	29,32 b
SUL/FOR 1:3	40,73 a	25,02 b	38,29 a	35,28 a
SUL/FOR 3:1	34,84 a	22,07 b	26,04 b	33,09 a
Resíduo <i>in natura</i> **	35,41 a	26,21 a	28,78 b	39,75 a

** Efeito quadrático ($P < 0,01$). Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si ($P < 0,01$)

Considerando-se os teores de proteínas em cada tempo analisado, verificou-se que assim que as silagens foram elaboradas, no dia zero, a que foi elaborada com os ácidos clorídrico/fórmico 1:1 foi o tratamento que apresentou maior teor de proteínas ($P < 0,01$). Valores intermediários ($P < 0,01$) foram verificados nas silagens que foram elaboradas apenas com ácido fórmico ou com ácido sulfúrico e nas combinações contendo ácidos clorídrico/fórmico 1:3, fosfórico/fórmico 1:3 e sulfúrico/fórmico 1:3, seguidos pela formulação *in natura*, pelas silagens contendo apenas ácido fosfórico, pelas combinações clorídrico/fórmico 3:1, fosfórico fórmico 1:1 e 3:1 e pelas combinações sulfúrico/fórmico 1:1 e 3:1. O menor teor de proteínas ($P < 0,01$) foi observado no tratamento contendo apenas ácido clorídrico.

Aos 10 dias após a elaboração das silagens, as que apresentaram maiores teores de

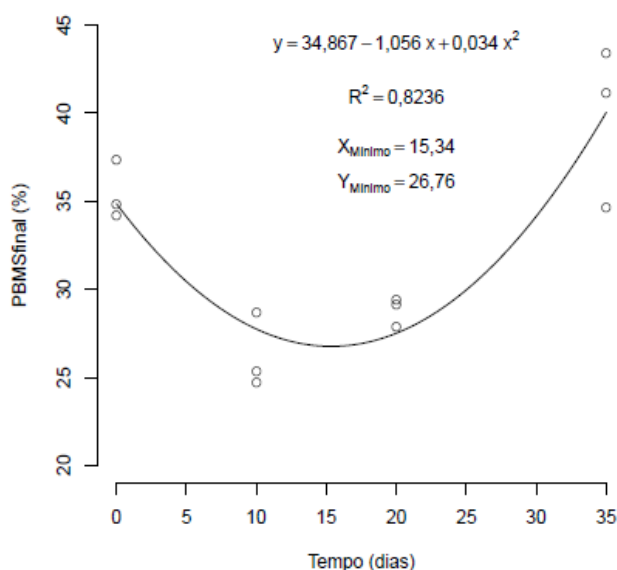
proteínas ($P < 0,01$) foram as compostas pelas combinações clorídrico/fórmico 1:1 sulfúrico/fórmico 1:3. As demais silagens igualaram-se estatisticamente para teores de proteínas.

Aos 20 dias após a elaboração das silagens, as que apresentaram maiores teores de proteínas ($P < 0,01$) foram as compostas apenas por ácidos: fórmico, clorídrico, fosfórico e sulfúrico, pelas combinações clorídrico/fórmico 1:1 e 3:1, fosfórico/fórmico 1:1, 1:3 e 3:1, sulfúrico/fórmico 1:1 e 1:3 e *in natura*. As demais combinações igualaram-se estatisticamente para teores de proteínas.

Aos 35 dias após a elaboração das silagens, as que apresentaram maiores teores de proteínas foram a *in natura*, as compostas apenas por ácidos clorídrico, fosfórico e sulfúrico, as compostas pelas combinações clorídrico/fórmico 1:1, 1:3 e 3:1, fosfórico/fórmico 1:1 e 1:3 e sulfúrico/fórmico 1:3. Os menores teores de proteínas ($P < 0,01$) foram observados quando se utilizou apenas o ácido fórmico, clorídrico/fórmico 3:1, fosfórico/fórmico 3:1 e sulfúrico/fórmico 3:1.

Considerando-se o comportamento de cada silagem estudada ao longo dos 35 dias, podemos observar pela figura 6 que houve efeito quadrático dos tempos ($P < 0,01$) apenas para a silagem *in natura* ($P < 0,01$) (Figura 5) e efeito cúbico dos tempos ($P < 0,01$) para as demais silagens.

Figura 6 Teor de proteínas em função do tempo de armazenamento da silagem elaborada sem adição de ácidos ($P < 0,01$).



Os teores de proteína bruta encontrados neste estudo foram inferiores aos encontrados por Oliveira (2003), que, ao investigar o teor proteico de silagens ácidas de sardinhas

(*Sardinella brasiliensis*) inteiras utilizando 3,5% v/p de uma mistura de ácido sulfúrico e fórmico (3:1), encontrou 58,71 % de proteína bruta; e aos observados por Nunes (2001) e Seibel & Souza-Soares (2003), os quais, analisando silagens ácidas de pescado, encontraram os valores de 73,2 e 56,68%, respectivamente.

Os teores de proteína observados por Carmo (2009), que estudou três tipos de ácidos orgânicos na elaboração de silagens ácidas a partir de resíduos da filetagem de tilápias, foram mais próximos dos encontrados no presente estudo com o mesmo tipo de resíduo. É importante salientar que diferenças entre o tipo e a composição da matéria-prima podem acarretar diferentes valores de nutrientes nas silagens ácidas, como o valor do conteúdo de proteína bruta.

Vidotti (2001) e Arruda (2004), ambas trabalhando com matéria-prima originária da filetagem de tilápias, obtiveram 13,49 e 12,85% de proteína bruta, respectivamente. O tipo de matéria-prima (Arruda, 2004) e diferentes concentrações e tipos de ácidos levam às divergências nas variáveis de qualidade observadas nas silagens.

A combinação clorídrico/fórmico 1:1 apresentou maiores teores de proteínas ($P < 0,01$) durante todo o período de armazenamento, no entanto, houve uma redução nesse teor, provavelmente devido ao tempo de armazenamento da silagem. O valor nutricional da silagem está na sua digestibilidade proteica, que deve ser preservada evitando-se estocagem prolongada. O preparo da silagem não causa perda imediata de aminoácidos por não envolver aumento de temperatura. Entretanto, depois de uma semana, começam a ocorrer perdas nutricionais (Moralles-Ulloa & Oetterer, 1997).

A adição de ácidos fortes e fracos nas silagens pode propiciar uma ligação cruzada entre proteínas e lipídios peroxidados (Araujo, 2008), podendo levar a uma diminuição de porcentagem inicial de proteína ($P < 0,01$), como foi percebido na silagem com adição de 3% de ácido clorídrico. Com o tempo a liberação de H^+ pode levar à disponibilização de proteínas e/ou a cisão de proteínas, liberando compostos nitrogenados que, por serem voláteis, podem ter saído do sistema em estudo.

Pode-se observar que o ácido clorídrico, ácido fórmico e a combinação do ácido fórmico com outros ácidos apresentam tendências de redução na porcentagem de proteína e diminuída com o passar do tempo, isso pode ser devido à alta disponibilidade de H^+ dos ácidos que podem penetrar no músculo e à alta permeabilidade do ácido fórmico de penetrar por membranas.

As proteínas em geral são estáveis em seu ponto isoelétrico, sofrendo pouca desnaturação. No entanto, quando há forte repulsão eletrostática intramolecular causada pela alta carga líquida em valores extremos de pH ácidos ou básicos, há uma desnaturação induzida

pelo pH (Araujo, 2008). Na silagem com adição de ácido clorídrico para o tempo 0, pode-se perceber esse efeito, em que a porcentagem de proteína bruta total foi inferior em comparação com as demais silagens; e com o passar do tempo percebeu-se um aumento gradativo na porcentagem de proteína bruta, observando também um aumento no seu pH.

Alguns solventes orgânicos podem promover desnaturação de proteínas, em decorrência de seu efeito solubilizante sobre as cadeias laterais não polares, (Fenema, 2010). Em relação às silagens com adição de ácido fórmico e quando esse foi adicionado combinado, notou-se uma porcentagem de proteína bruta menor em relação às demais silagens com adição dos outros ácidos, confirmando assim esse efeito.

3.1.3 Lipídios

O teor de lipídios das silagens analisadas (tabela 4) variou entre 26,84% (referente à combinação sulfúrico/fórmico 1:3 aos 10 dias) e 44,05% (referente à silagem *in natura* aos 0 dias).

Tabela 4 Valores médios de lipídios (%) nos tempos 0, 10, 20 e 35 dias em diferentes silagens elaboradas com ácidos orgânicos e inorgânicos e suas combinações.

Ácidos e combinações	Dias de elaboração da silagem			
	0	10	20	35
Fórmico (FOR)	37,71 b	36,76 b	37,18 b	37,10 b
Clorídrico (CLO)*	41,16 a	39,79 a	40,05 a	34,64 b
Fosfórico (FOS)	37,20 b	28,69 d	34,10 c	38,95 a
Sulfúrico (SUL)	37,44 b	35,58 b	36,16 b	36,95 b
CLO/FOR 1:1	36,10 b	35,11 b	36,94 b	34,56 b
CLO/FOR 1:3	37,04 b	35,98 b	39,85 a	37,88 b
CLO/FOR 3:1	37,78 b	37,38 b	37,01 b	36,59 b
FOS/FOR 1:1	38,00 b	35,31 b	35,82 b	36,91 b
FOS/FOR 1:3	38,02 b	37,73 b	36,87 b	36,03 b
FOS/FOR 3:1	40,07 a	40,54 a	32,31 c	35,03 b
SUL/FOR 1:1**	33,42 b	31,67 c	33,82 c	37,35 b
SUL/FOR 1:3	41,03 a	26,84 d	34,38 c	39,91 a
SUL/FOR 3:1	38,73 b	39,86 a	36,25 b	41,06 a
Resíduo <i>in natura</i>	44,05 a	40,76 a	42,28 a	37,37 b

* Efeito linear (P<0,01) / ** Efeito quadrático (P<0,01)

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si (P<0,01)

Considerando-se os teores de lipídios em cada tempo analisado, verificou-se que, assim que as silagens foram elaboradas, a silagem *in natura*, as que foram elaboradas apenas com o ácido clorídrico e as combinações de ácidos fosfórico/fórmico 3:1 e sulfúrico/fórmico 1:3 foram

os tratamentos que apresentaram maiores teores de lipídios ($P < 0,01$). As demais silagens igualaram-se estatisticamente para teores de lipídios.

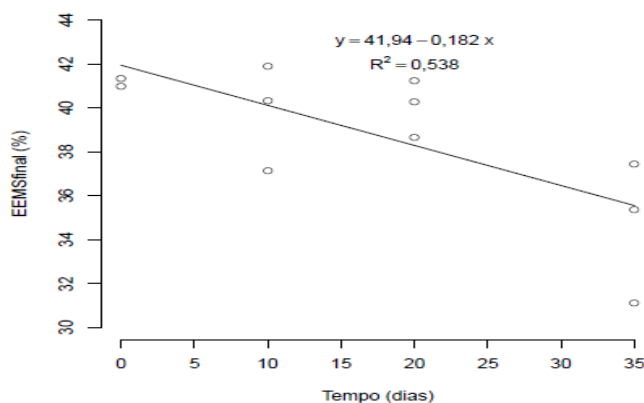
Aos 10 dias após a elaboração das silagens, as que apresentaram maiores teores de lipídios ($P < 0,01$) foram a *in natura* e as compostas pelas combinações fosfórico/fórmico 3:1 e sulfúrico/fórmico 3:1. As demais silagens igualaram-se estatisticamente para teores de lipídios.

Aos 20 dias após a elaboração das silagens, as que apresentaram maiores teores de proteínas ($P < 0,01$) foram a *in natura* e as compostas apenas por ácido clorídrico e pelas combinações clorídrico/fórmico 1:3. Valores intermediários ($P < 0,01$) foram verificados para as silagens elaboradas apenas com ácidos fórmico e sulfúrico e pelas combinações clorídrico/fórmico 1:1 e 3:1, fosfórico/fórmico 1:1 e 1:3 e sulfúrico/fórmico 3:1. Os menores teores de lipídios ($P < 0,01$) foram observados nos tratamentos contendo apenas ácido fosfórico, e as combinações de fosfórico/fórmico 3:1 e sulfúrico/fórmico 1:1 e 1:3.

Aos 35 dias após a elaboração das silagens, as que apresentaram maiores teores de proteínas ($P < 0,01$) foram a composta apenas pelo ácido fosfórico e pelas combinações de ácido sulfúrico/fórmico 1:3 e 3:1. As demais silagens igualaram-se estatisticamente para teores de lipídios.

Considerando-se o comportamento de cada silagem estudada ao longo dos 35 dias, podemos observar pela tabela 4 que não houve diferença ($P < 0,01$) entre os tempos para as seguintes silagens: fórmico, sulfúrico, clorídrico/fórmico 1:1, 1:3 e 3:1 e fosfórico/fórmico 1:1 e 1:3. Houve efeito linear dos tempos ($P < 0,01$) apenas para a silagem elaborada com ácido clorídrico ($P < 0,01$) e efeito quadrático dos tempos ($P < 0,01$) apenas para a silagem: sulfúrico/fórmico 1:1 ($P < 0,01$). Para as demais silagens houve efeito cúbico ($P < 0,01$).

Figura 7 Teor de lipídeos em função do tempo de armazenamento da silagem elaborada com ácido clorídrico ($P < 0,01$).



Os valores encontrados no presente estudo são relativamente superiores aos encontrados por Carmo (2009), que utilizou o mesmo tipo de resíduo adicionado de três diferentes ácidos e encontraram, em média, valores entre 30,74% e 32,74%. A composição final da silagem varia principalmente quanto ao teor de lipídeos, de acordo com o tipo de resíduo empregado, a época de captura e o sexo dos animais (Haard et al., 1985; Borghesi, 2004).

O óleo de peixe é constituído por uma baixa concentração de ácidos graxos saturados (14:0, 16:0 e 18:0) e grande concentração de ácidos graxos insaturados 16 a 22 carbonos com até 6 insaturações. Essa concentração elevada de ácidos graxos polienóicos torna o óleo de peixe muito susceptível à oxidação, causando *flavor* desagradável além de compostos indesejáveis, tais como: radicais livres e aldeídos reativos. A adição de ácido clorídrico promoveu uma redução linear de lipídios quando adicionados à silagem. Por outro lado, quando adicionados da combinação de ácidos sulfúrico/fórmico 1:1, promoveu uma curva quadrática crescente.

Dapkevicius et al. (1998) observaram um aumento no teor de lipídeos ($P < 0,01$) de 11,30 (no tempo 0 dia) para 14,90% (no tempo 15 dias) com base na matéria seca. Um decréscimo no conteúdo de extrato etéreo com o passar dos dias de ensilagem foi observado na silagem ácida estudada por Oliveira et al. (2006), entretanto, tais autores não utilizaram antioxidantes como um dos ingredientes para a elaboração da silagem, podendo ter ocorrido oxidações nos lipídios, acarretando a diminuição no teor de extrato etéreo.

O aumento na liquefação do material ensilado durante o armazenamento resulta na desintegração da biomassa, na qual ocorre a separação de fases, formando uma camada de óleo sobrenadante (Miranda et al., 2001; Miranda et al., 2005). À medida que outros participantes da composição centesimal são perdidos (como a proteína), o conteúdo de EE em relação ao total (100%) aumenta.

3.1.4 Cinzas

O teor de cinzas das silagens analisadas (tabela 5) variou entre 4,28% (referente à elaborada com ácido clorídrico aos 0 dias) e 28,39% (referente à silagem elaborada com ácido fosfórico aos 35 dias).

Tabela 5 Valores médios de cinzas (%) nos tempos 0, 10, 20 e 35 dias em diferentes silagens elaboradas com ácidos orgânicos e inorgânicos e suas combinações.

Ácidos e combinações	Dias de elaboração da silagem			
	0	10	20	35
Fórmico (FOR)	5,28 c	16,16 c	5,45 d	15,74 e
Clorídrico (CLO)	4,28 c	15,12 c	5,81 d	14,91 e
Fosfórico (FOS)	8,15 a	23,22 a	8,51 b	28,39 a
Sulfúrico (SUL)	7,36 b	15,97 c	6,23 d	16,07 e
CLO/FOR 1:1	4,83 c	15,61 c	6,93 c	16,02 e
CLO/FOR 1:3	4,99 c	15,29 c	5,92 d	15,81 e
CLO/FOR 3:1	5,99 c	16,46 c	8,40 b	17,74 d
FOS/FOR 1:1	8,76 a	18,57 b	8,17 b	23,44 b
FOS/FOR 1:3	6,78 b	15,61 c	10,51 a	18,58 d
FOS/FOR 3:1	8,35 a	18,16 b	9,14 b	22,76 b
SUL/FOR 1:1	9,64 a	14,68 c	7,43 c	17,98 d
SUL/FOR 1:3	4,62 c	15,61 c	7,24 c	21,16 c
SUL/FOR 3:1	7,28 b	16,40 c	6,35 d	17,28 d
Resíduo <i>in natura</i>	5,38 c	14,17 c	7,50 c	21,45 c

* Efeito linear (P<0,01) / ** Efeito quadrático (P<0,01)

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si (P<0,01)

Considerando-se que os teores de cinzas na matéria seca da silagem, em cada tempo analisado, verificou-se que assim que as silagens foram elaboradas, as silagens que foram produzidas apenas com o ácido fosfórico e as combinações de ácidos fosfórico/fórmico 1:1 e 3:1 e sulfúrico/fórmico 1:1 foram os tratamentos que apresentaram maiores teores de cinzas (P<0,01). Valores intermediários (P<0,01) foram verificados nas silagens elaboradas com apenas ácido sulfúrico e pelas combinações de ácidos fosfórico/fórmico 1:3 e sulfúrico fórmico 3:1. Os menores teores de umidade (P<0,01) foram observados na silagem *in natura*, nos tratamentos elaborados apenas com os ácidos fórmico e clorídrico, pelas combinações clorídrico/fórmico 1:1, 1:3 e 3:1 e pela combinação sulfúrico/fórmico 3:1.

Aos 10 dias, após a elaboração das silagens, a que apresentou maior teor de cinzas (P<0,01) foi a composta apenas por ácido fosfórico. Valores intermediários (P<0,01) foram verificados nas silagens contendo as combinações fosfórico/fórmico 1:1 e 3:1. Os menores teores de cinzas (P<0,01) foram observados nos demais tratamentos.

Aos 20 dias, após a elaboração das silagens, a que apresentou maior teor de cinzas (P<0,01) foi a composta pela combinação fosfórico/fórmico 1:3. Valores intermediários (P<0,01) foram verificados para as silagens elaboradas apenas com ácido fosfórico e pelas combinações clorídrico/fórmico 3:1; fosfórico/fórmico 1:1, seguidos pela silagem *in natura* e pelas combinações de clorídrico/fórmico 1:1 e sulfúrico/fórmico 1:1 e 1:3. Os menores teores

de cinzas ($P < 0,01$) foram observados nos tratamentos contendo apenas ácidos fórmico, clorídrico e sulfúrico, e pelas combinações contendo ácidos clorídrico/fórmico 1:1 e 1:3.

Considerando-se o comportamento de cada silagem estudada ao longo dos 35 dias, podemos observar pela tabela que houve apenas efeito cúbico dos tempos ($P < 0,05$).

Os valores de cinzas encontrados na presente pesquisa são relativamente inferiores aos encontrados por Carmo (2009), que foram de 22,93%, 22,39% e 22,74% para silagens elaboradas com 3% de ácidos fórmico, acético e propiônico, respectivamente. Inferiores também aos encontrados por Geron et al. (2007), que obtiveram 23,47% de cinzas (com base na matéria seca), e aos relatados por Carmo et al. (2008), os quais observaram, com base na matéria seca de silagens elaboradas com ácido acético e com ácido propiônico, os valores de 20,81 e 20,97% de cinzas, respectivamente.

3.2 Minerais

3.2.1 Cálcio

O teor de cálcio das silagens analisadas (tabela 6) variou entre 5,47% (referente à silagem elaborada com ácido sulfúrico aos 10 dias) e 9,15% (referente à silagem elaborada com ácidos sulfúrico/fórmico 1:3, aos 35 dias).

Tabela 6 Valores médios de cálcio ($\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$) nos tempos 0, 10, 20 e 35 dias em diferentes silagens elaboradas com ácidos orgânicos e inorgânicos e suas combinações.

Ácidos e combinações	Dias de elaboração da silagem			
	0	10	20	35
Fórmico (FOR)	7,06 a	6,94 a	6,99 b	7,48 b
Clorídrico (CLO)**	7,03 a	6,93 a	7,25 b	9,00 a
Fosfórico (FOS)	7,27 a	6,29 b	7,35 b	6,31 d
Sulfúrico (SUL)	6,56 b	5,47 b	6,16 c	5,71 d
CLO/FOR 1:1*	6,88 a	7,27 a	8,24 a	7,95 b
CLO/FOR 1:3	7,26 a	7,20 a	6,96 b	7,27 b
CLO/FOR 3:1**	6,27 b	6,05 b	6,13 c	7,66 b
FOS/FOR 1:1	7,15 a	6,53 b	7,62 a	6,76 c
FOS/FOR 1:3	6,76 a	6,58 b	7,03 b	7,28 b
FOS/FOR 3:1	5,96 b	6,09 b	7,47 b	7,53 b
SUL/FOR 1:1*	5,82 b	6,47 b	7,29 b	6,85 c
SUL/FOR 1:3	6,95 a	7,68 a	6,91 b	9,15 a
SUL/FOR 3:1	6,47 b	6,15 b	6,22 c	6,96 c
Resíduo <i>in natura</i> **	7,46 a	7,17 a	7,96 a	9,13 a

* Efeito linear ($P < 0,01$) / ** Efeito quadrático ($P < 0,01$)

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si ($P < 0,01$)

Aos 10 dias após a elaboração das silagens, as que apresentaram maiores teores de cálcio ($P < 0,01$) foram a *in natura*, as compostas apenas por ácidos fórmico e clorídrico e as compostas pelas combinações clorídrico/fórmico 1:1 e 1:3 e sulfúrico/fórmico 1:3. As demais silagens igualaram-se estatisticamente para teores de lipídios.

Aos 20 dias após a elaboração das silagens, as que apresentaram maiores teores de cálcio ($P < 0,01$) foram a *in natura* e as compostas pelas combinações clorídrico/fórmico 1:1 e fosfórico/fórmico 1:1. Valores intermediários ($P < 0,01$) foram verificados para as silagens elaboradas apenas com ácidos fórmico, clorídrico e fosfórico e pelas combinações clorídrico/fórmico 1:3, fosfórico/fórmico 1:3 e 3:1 e sulfúrico/fórmico 1:1 e 1:3. Os menores teores de lipídios ($P < 0,01$) foram observados nos tratamentos contendo apenas ácido sulfúrico, e as combinações de clorídrico/fórmico 3:1 e sulfúrico/fórmico 3:1.

Aos 35 dias após a elaboração das silagens, as que apresentaram maiores teores de cálcio ($P < 0,01$) foram a *in natura*, a composta apenas pelo ácido clorídrico e pela combinação de ácido sulfúrico/fórmico 1:3. Valores intermediários ($P < 0,01$) foram verificados nas silagens elaboradas apenas com ácido clorídrico e nas combinações de ácido clorídrico/fórmico 1:1, 1:3 e 3:1 e sulfúrico/fórmico 1:3 e 3:1. Os menores teores de cálcio ($P < 0,01$) foram observados nos tratamentos contendo apenas ácidos fosfórico e sulfúrico.

Considerando-se o comportamento de cada silagem estudada ao longo dos 35 dias, podemos observar pela tabela 6 que não houve diferença ($P > 0,05$) entre os tempos para as seguintes silagens: fórmico, clorídrico/fórmico 1:3, fosfórico/fórmico 1:3, 1:3 e sulfúrico/fórmico 3:1. Houve efeito linear dos tempos ($P < 0,01$) apenas para a silagem elaborada com ácido fosfórico/fórmico 3:1 ($P < 0,0001$) e efeito quadrático dos tempos ($P < 0,01$) para as silagens: contendo ácido clorídrico ($P < 0,0012$), clorídrico/fórmico 3:1 ($P = 0,0044$), sulfúrico/fórmico 1:1 ($P = 0,0304$). Para as demais silagens houve efeito cúbico dos tempos ($P < 0,01$).

Figura 8 Teor de Cálcio em função do tempo de armazenamento da silagem elaborada com a combinação clorídrico:fórmico 3:1 ($P < 0,01$).

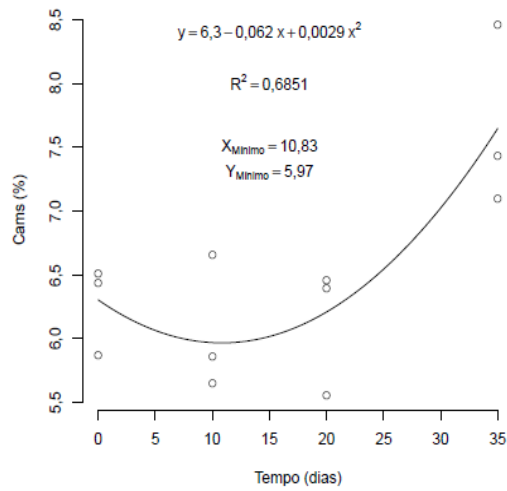


Figura 9 Teor de Cálcio em função do tempo de armazenamento da silagem elaborada com ácido clorídrico ($P < 0,01$).

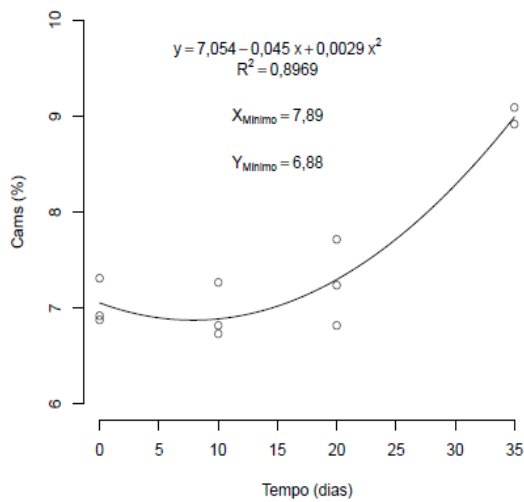
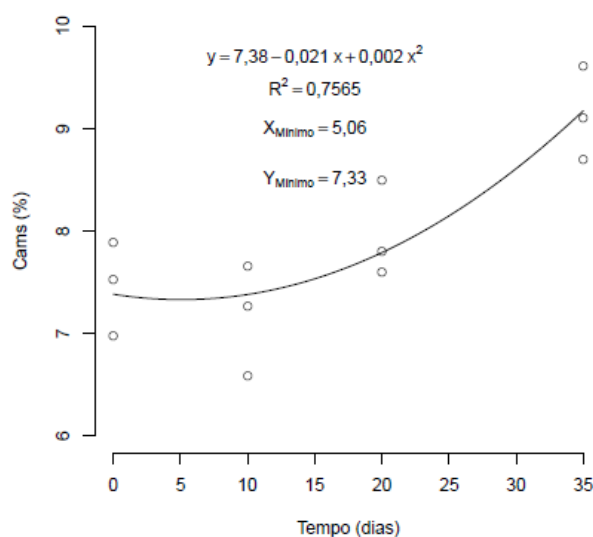


Figura 10 Teor de Cálcio em função do tempo de armazenamento da silagem *in natura* ($P < 0,01$).



Carmo (2009) avaliando silagens elaboradas com resíduos de filetagem de tilápias adicionados de ácidos orgânicos, encontrou valores inferiores aos encontrados neste estudo. Borghesi (2004) caracterizando físico-química e nutricionalmente silagem ácida, silagem biológica e silagem enzimática, utilizando como matéria-prima os descartes da piscicultura e resíduos do beneficiamento da tilápia do Nilo, observou valores intermediários ($P < 0,01$) ao do sendo que a silagem ácida (elaborada com 3% de uma combinação de ácidos fórmico e propiônico 1:1) apresentou 8,03 g de Cálcio para 100g de matéria seca de silagem.

Analisando os diferentes tratamentos ao longo dos 35 dias, e a diferença estatística verificada dentro de cada tempo analisado, pode-se pressupor que tais diferenças podem ser devido à solubilização dos íons de Cálcio pelos diferentes ácidos adicionados e/ou aos diferentes compostos produzidos ao longo da ensilagem. Pode também ser devido à precipitação com outros componentes. (Costa et al, 2001)

3.2.2 Fósforo

O teor de fósforo na matéria seca das silagens analisadas (tabela 7) variou entre 4,21% (referente à silagem elaborada com ácido sulfúrico aos 20 dias) e 10,42% (referente à silagem elaborada com ácido fosfórico aos 20 dias).

Tabela 7 Valores médios de fósforo ($\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$) nos tempos 0, 10, 20 e 35 dias em diferentes silagens elaboradas com ácidos orgânicos e inorgânicos e suas combinações.

Ácidos e combinações	Dias de elaboração da silagem			
	0	10	20	35
Fórmico (FOR)	5,63 c	5,63 b	4,87 e	5,42 e
Clorídrico (CLO)	5,46 d	5,46 b	5,12 e	6,37 d
Fosfórico (FOS)	8,95 a	8,95 a	10,42 a	9,26 a
Sulfúrico (SUL)	5,16 d	5,16 c	4,21 e	4,41 f
CLO/FOR 1:1**	5,30 d	5,30 b	6,14 c	4,96 f
CLO/FOR 1:3	5,88 c	5,88 b	5,26 e	5,30 e
CLO/FOR 3:1**	4,73 d	4,73 c	4,79 e	5,92 d
FOS/FOR 1:1**	7,96 b	7,96 a	9,00 b	8,04 b
FOS/FOR 1:3	6,47 c	6,47 b	6,45 c	7,07 c
FOS/FOR 3:1**	8,70 a	8,70 a	8,42 b	9,64 a
SUL/FOR 1:1	4,98 d	4,98 c	5,54 d	4,78 f
SUL/FOR 1:3	5,62 c	5,62 b	5,65 d	4,80 f
SUL/FOR 3:1	5,18 d	5,18 c	4,48 e	4,27 f
Resíduo <i>in natura</i> **	6,13 c	6,13 b	5,46 d	6,86 c

** Efeito quadrático ($P < 0,01$). Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si ($P < 0,01$)

Considerando-se os teores de cinzas na matéria seca da silagem, em cada tempo analisado, verificou-se que assim que as silagens foram elaboradas, as silagens que foram elaboradas apenas com o ácido fosfórico e a combinação de ácido fosfórico/fórmico 3:1 foram os tratamentos que apresentaram maiores teores de fósforo ($P < 0,01$). Valores intermediários ($P < 0,01$) foram verificados nas silagens elaboradas com combinações de ácidos fosfórico/fórmico 1:1, seguidas pela silagem e pelas elaboradas com apenas ácido fórmico e combinações clorídrico/fórmico 1:3, fosfórico/fórmico 1:3 e sulfúrico/fórmico 1:3. Os menores teores de umidade ($P < 0,01$) foram observados nas silagens elaboradas apenas com os ácidos clorídrico e sulfúrico, pelas combinações clorídrico/fórmico 1:1 e 3:1 e pela combinação sulfúrico/fórmico 1:1 e 3:1.

Aos 10 dias após a elaboração das silagens, as que apresentaram maiores teores de fósforo ($P < 0,01$) foram as compostas apenas por ácido fosfórico e as combinações entre fosfórico/fórmico 1:1 e 3:1. Valores intermediários ($P < 0,01$) foram verificados na silagem *in natura*, nas silagens elaboradas com apenas ácidos fórmico e clorídrico e as contendo as combinações clorídrico/fórmico 1:1 e 1:3, fosfórico/fórmico 1:3 e sulfúrico/fórmico 1:3. Os menores teores de fósforo ($P < 0,01$) foram observados nos tratamentos elaborados com apenas ácido sulfúrico, nas combinações clorídrico/fórmico 3:1, sulfúrico fórmico 1:1 e 3:1.

Aos 20 dias após a elaboração das silagens, a que apresentou maior teor de fósforo

($P < 0,01$) foi a composta apenas pelo ácido fosfórico. Valores intermediários ($P < 0,01$) foram verificados para as silagens elaboradas com a combinação fosfórico/fórmico 1:1 e 3:1, seguido pela silagem *in natura* e combinações de clorídrico/fórmico 1:1 e fosfórico/fórmico 1:3 e pelas sulfúrico/fórmico 1:1 e 1:3. Os menores teores de fósforo ($P < 0,01$) foram observados nos tratamentos contendo apenas ácidos fórmico, clorídrico e sulfúrico, e as combinações de clorídrico/fórmico 1:3 e 3:1 e sulfúrico/fórmico 3:1.

Aos 35 dias após a elaboração das silagens, a que apresentou maior teor de fósforo ($P < 0,01$) foi a composta apenas pelo ácido fosfórico e pela combinação fosfórico/fórmico 3:1. Valores intermediários ($P < 0,01$) foram verificados nas combinações fosfórico/fórmico 1:1, seguido pela silagem *in natura*, e fosfórico/fórmico 1:3 e por apenas ácido clorídrico e clorídrico/fórmico 3:1. Os menores teores de cinzas ($P < 0,01$) foram observados nos tratamentos contendo apenas ácidos fórmico e sulfúrico e pelas combinações contendo ácidos clorídrico/fórmico 1:1 e 1:3 e sulfúrico/fórmico 1:1, 1:3 e 3:1.

Considerando-se o comportamento de cada silagem estudada ao longo dos 35 dias, podemos observar pela tabela 7 que não houve diferença ($P > 0,05$) entre os tempos para as silagens: fórmico e sulfúrico e para as silagens com as combinações clorídrico/fórmico 1:3, fosfórico/fórmico 1:3, sulfúrico/fórmico 1:1, 1:3 e 3:1. Houve efeito quadrático dos tempos ($P < 0,01$) para as silagens clorídrico/fórmico 1:1 ($P < 0,01$), e 3:1 ($P < 0,01$), fosfórico/fórmico 1:1 ($P < 0,01$), 3:1 ($P < 0,01$) e *in natura* ($P < 0,01$). Houve efeito cúbico dos tempos para as silagens elaboradas com ácido clorídrico ($P < 0,01$) e fosfórico ($P < 0,01$).

Figura 11 Teor de Fósforo em função do tempo de armazenamento da silagem elaborada com a combinação de ácidos fosfórico/fórmico 1:1 ($P < 0,01$).

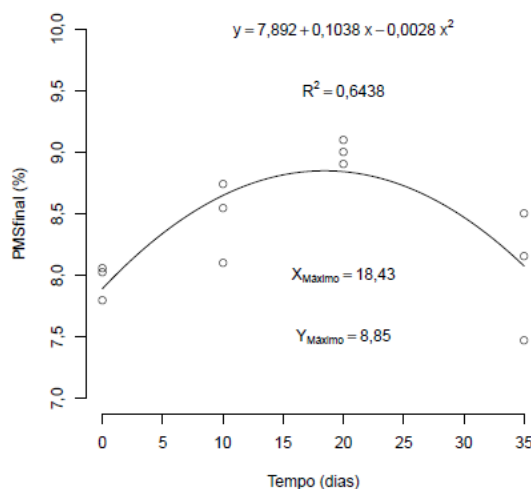
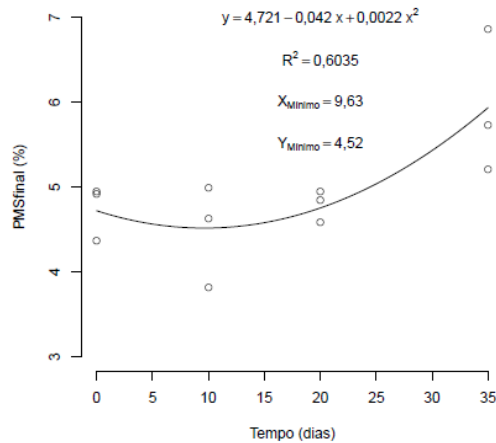


Figura 12 Teor de Fósforo em função do tempo de armazenamento da silagem elaborada com a combinação de ácidos clorídrico/fórmico 3:1 ($P < 0,01$).



Os resultados encontrados no presente estudo são superiores aos encontrados por Carmo (2009), que avaliou silagens elaboradas com resíduos de filetagem de tilápias adicionados de ácidos orgânicos e encontrou 3, 34, 3,27 e 3,01 mg de P por 100 g de amostra, e superiores aos encontrados por Borghesi (2004) que estudou silagens ácidas, biológica e enzimática e encontrou, para a ácida 4,71 mg de P por 100 g de amostra.

A cada período analisado, houve diferença entre os tratamentos e, de maneira geral, os tratamentos elaborados com ácido fosfórico, especialmente quando o mesmo não foi combinado com nenhum outro ácido, foram os que apresentaram maiores teores de P.

Analisando o comportamento dos tratamentos cuja interação com tempo foi significativa, observa-se que, para a combinação clorídrico/fórmico 1:1 e fosfórico/fórmico 1:1, os teores de P aumentaram até o vigésimo dia, reduzindo depois. Por outro lado, os elaborados com a combinação fosfórico/fórmico 3:1, clorídrico/fórmico 3:1 e *in natura*, houve redução dos teores de P até o vigésimo dia e, posteriormente, esses valores aumentaram.

3.3 Potencial hidrogeniônico (pH)

O pH das silagens analisadas (tabela 8) variou entre 2,93 (referente ao ácido sulfúrico aos 35 dias) e 7,79 (referente à silagem *in natura* aos 0 e 10 dias).

Tabela 8 Valores médios de pH nos tempos 0, 10, 20 e 35 dias em diferentes silagens elaboradas com ácidos orgânicos e inorgânicos e suas combinações.

Ácidos e combinações	Dias de elaboração da silagem			
	0	10	20	35
Fórmico (FOR)	4,82 c	4,68 d	4,58 f	3,94 g
Clorídrico (CLO)	5,05 b	5,46 b	5,76 c	5,30 d
Fosfórico (FOS)*	5,01 d	5,14 f	5,66 c	6,65 b
Sulfúrico (SUL)*	3,62 f	3,29 h	3,15 h	2,93 i
CLO/FOR 1:1	4,96 b	4,84 c	4,80 d	4,14 f
CLO/FOR 1:3	4,74 c	4,58 e	4,70 e	3,87 g
CLO/FOR 3:1	4,76 c	4,98 e	6,06 b	5,81 c
FOS/FOR 1:1**	4,65 d	4,65 f	4,52 f	4,17 f
FOS/FOR 1:3**	4,70 c	4,62 e	4,49 f	4,05 f
FOS/FOR 3:1**	4,63 d	4,81 f	4,66 e	4,46 e
SUL/FOR 1:1	4,29 e	4,47 f	4,40 f	3,57 h
SUL/FOR 1:3	4,50 d	4,58 f	4,46 f	3,69 h
SUL/FOR 3:1	3,52 f	4,08 g	4,06 g	4,46 e
Resíduo <i>in natura</i> *	7,79 a	7,63 a	7,51 a	7,51 a

* Efeito linear (P<0,01) / ** Efeito quadrático (P<0,01).

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si (P<0,01)

Considerando-se o pH em cada tempo analisado, verificou-se que assim que as silagens foram elaboradas, a silagem *in natura* foi o tratamento que apresentou maior pH. Valores intermediários (P<0,01) foram verificados nas silagens elaboradas apenas com o ácido clorídrico e com as combinações contendo ácidos clorídrico/fórmico 1:1, seguidas pelos ácidos clorídrico/fórmico (1:3 e 3:1) e fosfórico/fórmico 1:3, seguidos também pela silagem elaborada apenas com o ácido fosfórico, fosfórico/fórmico 1:1 e 3:1 e sulfúrico/fórmico 1:3. Os menores teores (P<0,01) de pH foram observados nos tratamentos contendo apenas ácido sulfúrico, na combinação sulfúrico/fórmico 1:1 e 3:1.

Aos 10 dias após a elaboração das silagens, as que apresentaram maior pH foram a *in natura*, a composta por apenas ácido fórmico e as compostas pelas combinações clorídrico/fórmico 1:1 e 3:1. Valores intermediários (P<0,01) foram verificados na silagem contendo apenas ácido clorídrico e nas composições dos ácidos clorídrico/fórmico 1:3, fosfórico/fórmico 1:1 e sulfúrico/fórmico 1:3, seguidos pela silagem elaborada com apenas ácido fosfórico. Os menores pHs foram observados quando se utilizou apenas ácido sulfúrico, e nas combinações contendo ácido fosfórico/fórmico 1:1 e 3:1 e ácido sulfúrico/fórmico 1:1 e 3:1.

Aos 20 e aos 35 dias após a elaboração das silagens, as que foram elaboradas sem adição de nenhum ácido (*in natura*) apresentaram o maior pH e as elaboradas com ácido sulfúrico o

menor pH. As demais silagens apresentaram valores intermediários ($P < 0,01$).

Considerando-se o comportamento de cada silagem estudada ao longo dos 35 dias, podemos observar pela tabela 8 que houve efeito linear dos tempos ($P < 0,01$) para as silagens *in natura* e para as elaboradas apenas com os ácidos fosfórico e sulfúrico ($P < 0,01$). Houve efeito quadrático dos tempos ($P < 0,01$) para as silagens: fosfórico/fórmico 1:1 ($P < 0,01$), 1:3 ($P < 0,01$) e 3:1 ($P < 0,01$). Para as demais silagens houve efeito cúbico dos tempos ($P < 0,01$).

Figura 13 Variação do pH em função do tempo de armazenamento da silagem elaborada com ácido fosfórico ($P < 0,01$).

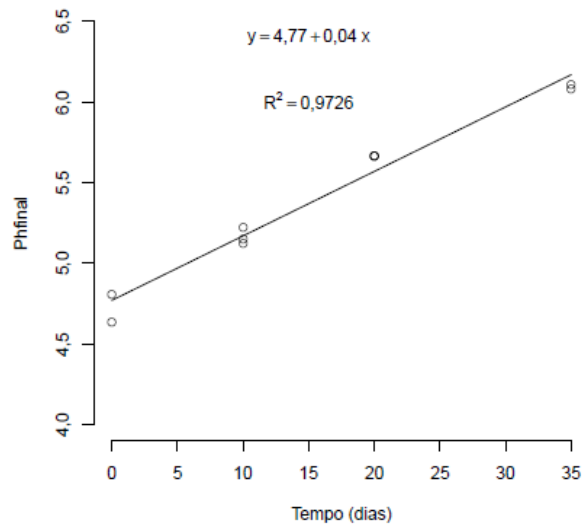


Figura 14 Variação do pH em função do tempo de armazenamento da silagem *in natura* ($P < 0,01$).

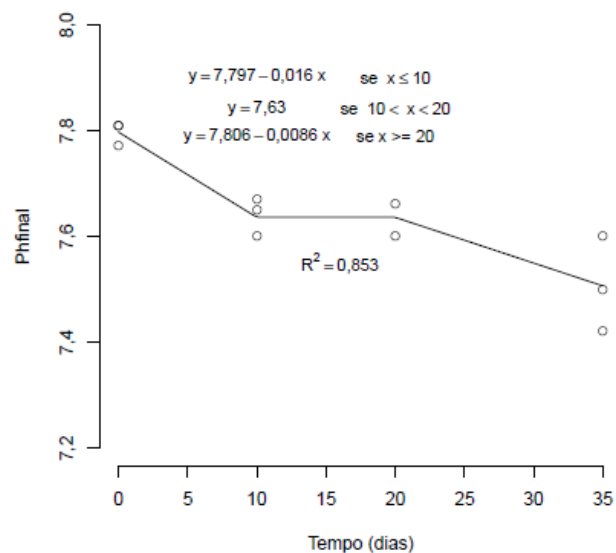


Figura 15 Variação do pH em função do tempo de armazenamento da silagem elaborada com ácido sulfúrico ($P < 0,01$).

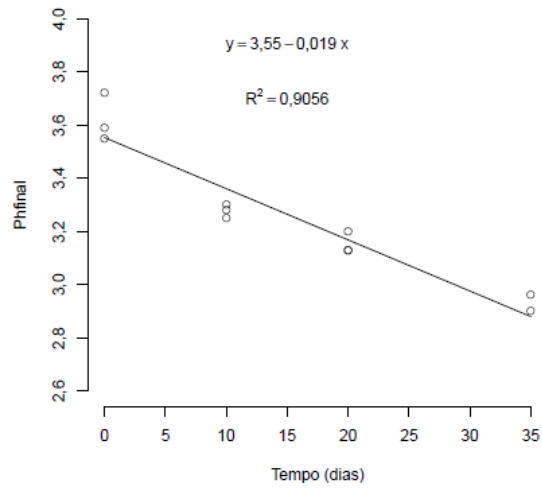


Figura 16 Variação do pH em função do tempo de armazenamento da silagem elaborada com a combinação de ácido fosfórico/fórmico 1:1 ($P < 0,01$).

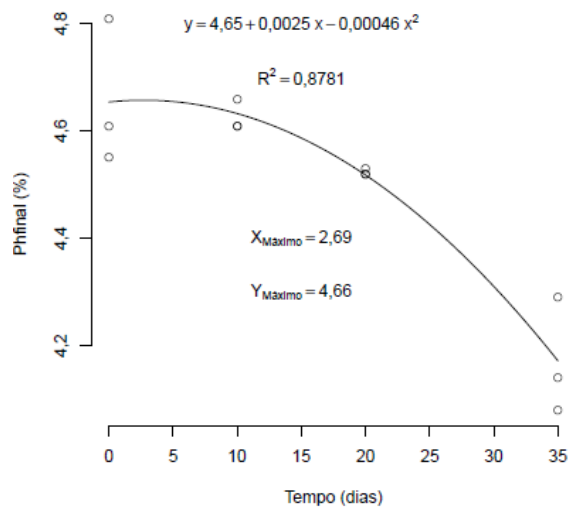


Figura 17 Variação do pH em função do tempo de armazenamento da silagem elaborada com a combinação de ácido fosfórico/fórmico 1:3 ($P < 0,01$).

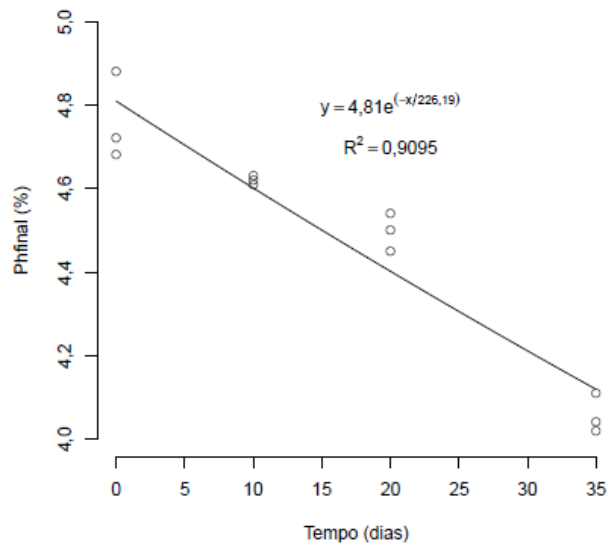
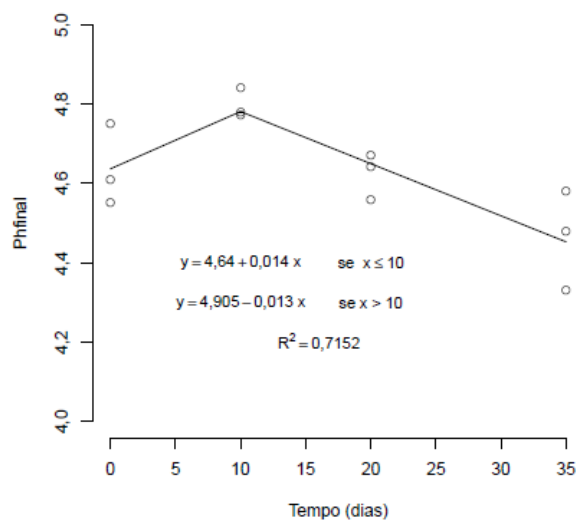


Figura 18 Variação do pH em função do tempo de armazenamento da silagem elaborada com a combinação de ácido fosfórico/fórmico 3:1 ($P < 0,01$).



Os valores de pH observados no presente estudo foram diferentes dos sugeridos por Geron (2003). Para ele, o pH de silagem produzida com mistura de ácido fórmico com ácido sulfúrico e clorídrico fica na faixa de 4,0 a 5,0. Já a silagem produzida apenas com ácido inorgânico apresenta um pH em torno de 2,0, sendo necessária a neutralização do material ensilado antes do uso.

Analisando a cada período, observa-se que apesar do ácido clorídrico ($pK_a = -6,3$) ser mais forte que o ácido sulfúrico ($pK_a = -3,9$ e $1,96$) inicialmente, os tratamentos contendo ácido

sulfúrico foram os que apresentaram maior acidez. Aos 10 dias, além do ácido sulfúrico, o ácido fosfórico também apresentou pH mais baixos que os demais. Ao final do período analisado, a maior acidez foi observada nos tratamentos em que se utilizou ácido sulfúrico e clorídrico.

O ácido fosfórico é um ácido que varia de fraco a medianamente forte, por possuir 3 níveis de dissociação (Vogel, 1981) ou seja, $pK_a = 2,15; 7,1$ e $12,4$. Cada nível de dissociação pode ter contribuído para que o abaixamento do pH fosse gradual e maior apenas no final do período avaliado.

Os valores de pH podem não ter sido influenciados apenas pelo grau de dissociação dos ácidos envolvidos, mas também pela combinação desses ácidos e os efeitos competitivos e/ou sinérgicos dessa combinação. Os valores de pH podem estar associados às reações causadas pelas enzimas presentes no músculo do pescado e os ácidos adicionados, levando a um abaixamento do pH, prevenindo assim, o não aparecimento dos microorganismos patogênicos.

4 CONCLUSÃO

Através das análises químicas obteve-se umidade variando entre 51,43% (ácido sulfúrico aos 35 dias) e 61,64% (ácidos clorídrico/fórmico 3:1 aos 10 dias), proteínas variando entre 26,04% (ácidos sulfúrico/fórmico 3:1 aos 20 dias) e 44,73% (ácidos sulfúrico/fórmico 3:1 aos 20 dias), lipídios variando entre 26,84% (ácidos sulfúrico/fórmico 1:3 aos 10 dias) e 44,05% (formulação in natura aos 0 dias), cinzas variando entre 4,28 (ácido clorídrico aos 0 dias) e 28,39 (ácido fosfórico aos 35 dias).

Teores de Cálcio variando entre 5,47 mg/100g (ácido sulfúrico aos 10 dias) e 9,15 mg/100g (ácidos sulfúrico/fórmico aos 35 dias) e de Fósforo variando entre 4,21 mg/100g (ácido sulfúrico aos 20 dias) e 10,42 mg/100g (ácido fosfórico aos 20 dias).

O pH variou entre 2,93 (ácido sulfúrico aos 35 dias) e 7,79 (silagem in natura aos 0 e aos 10 dias após a elaboração).

Nas condições em que o experimento foi realizado, concluiu-se que o tempo de armazenamento interferiu nas variáveis físico-químicas analisadas, sendo observado estabilidade no teor de umidade, redução nos teores de proteínas e lipídios e aumento nos teores de cinzas, cálcio e fósforo.

Tendo em vista que a menor umidade facilita o transporte das silagens, a silagem elaborada com ácido sulfúrico se destacou em relação às demais pela consistência pastosa que apresentou durante o período avaliado, refletindo a menor umidade entre os ácidos e combinações de ácidos analisadas.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, J.M.A. **Química de alimentos: teoria e prática**. 4.ed. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2008.478p.
- ARRUDA, L.F.DE ; BORGHESI, R. ; OETTERER, M.. Use of fish waste as silage: a review. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 50, p. 879-886, 2007.
- ARRUDA, L. F. **Aproveitamento do resíduo do beneficiamento da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) para obtenção de silagem e óleo como subprodutos**. 2004. 91 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analyses of the Association of Official Analytical Chemists**. 15. ed. Washington, 1990. 1117 p.
- BENITES, C. I. **Farinha de silagem de resíduo de pescado: elaboração, complementação com farelo de arroz e avaliação biológica em diferentes espécies**. 2003. 159 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência dos Alimentos) - Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, RS.
- BERAQUET, N. J.; GALACHO, S. A. A. **Composição, estabilidade e alterações na fração proteica e no óleo de ensilados de resíduos de peixe e camarão**. Campinas: ITAL, 1983. p. 149-174. (Coleção ITAL, 13).
- BORGHESI, R. **Avaliação físico-química, nutricional e biológica das silagens ácida, biológica e enzimática elaboradas com descarte e resíduo do beneficiamento da tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*)**. 2004. 108 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- BORGHESI, R.; PORTZ, L.; OETTERER, M.; CYRINO, J. E. P. Apparent digestibility coefficient of protein and amino acids of acid, biological and enzymatic silage for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture Nutrition**, Oxford, v. 13, n. 1, p. 1-7, Feb. 2007.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. Decreto nº 55871, de 26 de março de 1965. Modifica o Decreto 50.040 de 24 de janeiro de 1961, referente a normas reguladoras do emprego de aditivos para alimentos, alterado pelo Decreto nº 691, de 13 de março de 1962. In: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE ALIMENTOS. **Compêndio de legislação de alimentos**. São Paulo: ABIA, 2001. v. 1.
- CARMO, J. R.; PIMENTA, C. J.; PIMENTA, M. E. S. G.; OLIVEIRA, M. M.; LOGATO, P. V. R.; FERREIRA, L. O. Caracterização de silagens ácidas de resíduos de tilápia (*Oreochromis niloticus*). **Revista Eletrônica Nutritime**, Viçosa, v. 5, n. 5, p. 664-672, set./out. 2008.
- CARMO, Juliana Ribeiro do. **Qualidade de silagens ácidas de resíduos da filetagem de tilápia (*Oreochromis niloticus*) elaboradas com ácidos orgânicos**. 2009. 157 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

- CHERRINGTON, C. A.; HINTON, M.; CHOPRA, I. Organic acids: chemistry, antibacterial activity and practical applications. **Advances Microbiological Physiology**, v. 32, p. 87-108, 1991.
- COSTA, C. S.; SCHOFFEN, D. B.; SILVA, L. A. **Estudo do processamento de silagem e da possibilidade de sua implantação industrial**. 2001. 112 p. Monografia (Graduação em Engenharia de Alimentos) - Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, RS.
- DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. **Química de alimentos de Fennema**. (4ª ed.). Porto Alegre: ARTMED, 2010. 900p.
- DAPKEVICIUS, M. L. E.; BATISTA, I.; NOUT, M. J. R.; ROUMBOUTS, F. M. Lipid and protein changes during the ensilage of blue whiting (*Micrometisus poutassou* Risso) by acid and biological methods. **Food Chemistry**, Oxford, v. 63, n. 1, p. 92-102, Sept. 1998.
- DIAS, J. L. S. **Silagem ácida de peixe: manuseio de salmonídeos**. [S.l.: s.n.], 1996. 40 p.
- DISNEY, G. J.; TATTERSON, I. N.; OLLEN, J. Recent development in fish silage. In: CONFERENCE ON THE HANDLING PROCESSING AND MARKETING OF TROPICAL FISH, 1976, London. **Proceedings...** London: Tropical Products Institute, 1977. p. 321-40.
- FERRAZ DE ARRUDA, L.; BORGHESI, R.; BRUM, A.; REGITANO D'ARCE, M & OETTERER, M. (2006). Nutritional aspects of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) silage. *Ciências e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, 26 (4): 749-753.
- FERRAZ DE ARRUDA, L. ; BRUM, A. A. S. ; BORGHESI, R. ; OETTERER, M. ; REGITANO -D'ARCE, M. . Rendimento e qualidade físico-química do óleo de silagem de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) utilizando os métodos de centrifugação, soxhlet e Bligh & Dyer. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 2004, Recife. **Anais do CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**. Recife: Imprensa, 2004.
- FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos, SP: UFSCar, 2000. p. 255-258.
- GERON, L. J.; ZEOULA, L. M.; VIDOTTI, R. M.; MATSUSHITA, M.; KAZAMA, R.; CALDAS NETO, S. F.; FERELI, F. Chemical characterization, dry matter and crude protein ruminal degradability and in vitro intestinal digestion of acid and fermented silage from tilapia filleting residue. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 136, n. 3/4, p. 226-239, Oct. 2007.
- GÖHL, B. **Piensos tropicales: resúmenes informativos sobre piensos y valores nutritivos**. Santiago: FAO, 1982. 500 p. (Colección FAO, 12).
- GONÇALVES, L. U.; VIEGAS, E. M. M. Produção, caracterização e avaliação biológica de silagens de resíduos de camarão para tilápia-do-Nilo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 59, n. 4, p. 1021-1028, ago. 2007.

JACKSON, A. J.; KERR, A. K.; CROWEY, C. B. Fish silage as a dietary ingredient for salmon: I. nutritional and storage characteristics. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 38, n. 3, p. 211-220, May 1984.

KOMPIANG, I. P. Fish silage: its prospect and future in Indonesia. **Indonesian Agriculture Resource & Development Journal**, v. 3, n. 1, p. 9-12, 1981.

MIRANDA, O.; OTERO, M. Y.; CISNEROS, M. Ensilaje de pescado a partir de la captura del camarón: características físico-químicas. **Revista de Producción Animal**, Havana, v. 13, n. 2 p. 9-11, 2001.

MIRANDA, O. M.; LÓPEZ, M. C.; FERNÁNDEZ, M. O. Conservación in vitro de ensilaje de pescado (*Ophistonema oglinum*) com ácido sulfúrico comercial: temperatura, pH e composição química. **Revista de Producción Animal**, Havana, v. 17, n. 1, p. 1-9, 2005.

MORAIS, C.; MARTINS, J.F.P. Considerações sobre o aproveitamento de sobras da industrialização de pescado na elaboração de produtos alimentícios. **Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 18, n. 3, p. 253-281, 1981.

MORALES-ULLOA, D. F.; OETTERER, M. Composição em aminoácidos de silagens químicas, biológicas e enzimáticas preparadas com resíduos de sardinha. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 17, n. 3, p. 252-258, set./dez. 1997.

NELSON, D.L., COX, M.M. **Principles of Biochemistry**. 3° ed., Worth Publishers, New York, NY. 2000.

NUNES, J. A. R. **Aproveitamento do rejeito da industrialização de pescado marinho a partir de silagem ácida**. 2001. 115 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Fundação Universidade do Rio Grande, Rio Grande, RS.

OETTERER, M. Produção de silagem a partir da biomassa residual de pescado. **Alimentos e Nutrição**, Marília, v. 5, p. 119-134, 1993.

OETTERER, M.; BORGHESI, R. A silagem de pescado na alimentação de organismos aquáticos. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 25, n. 2, p. 329-339, 2007.

OLIVEIRA, A. M. B. M. S. **Substituição de fontes proteicas de origem animal por fontes proteicas de origem vegetal em rações para o “Black bass” *Micropterus salmoides***. 2003. 103 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.

OLIVEIRA, M. M.; PIMENTA, M. E. S. G.; CAMARGO, A. C. S.; FIORINI, J. E.; PIMENTA, C. J.; LOGATO, P. V. R. Silagem de resíduos da filetagem de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), com ácido fórmico: análise bromatológica, físico-química e microbiológica. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 6, p. 1218-1223, nov./dez. 2006.

PARDI, M. C.; SANTOS, I. F.; SOUZA, E. R.; PARDI, H. S. **Ciência e tecnologia da carne: tecnologia da carne e subprodutos**. Goiânia: CEGRAF/UFG, 1994. v. 2, p. 638-675.

RODRIGUEZ-PALENZUELA, P. Los ácidos orgânicos como agentes antimicrobianos. In: CURSO DE ESPECIALIZACIÓN FUNDACIÓN ESPAÑOLA PARA EL DESARROLLO DE LA NUTRICIÓN ANIMAL: AVANCES IN NUTRICIÓN Y ALIMENTACIÓN ANIMAL, 16., 2000, Barcelona. **Proceedings...** Barcelona: FEDNA, 2000. p. 155-167.

RUSSELL, J. B. Another explanation for the toxicity of fermentation acids at low pH: anion accumulation versus uncoupling. **Journal of Applied Bacteriology**, Oxford, v. 73, n. 5, p. 363-370, Nov. 1992.

SALES, R. O. **Processamento, caracterização química e avaliação nutricional da despesca da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus) em dietas experimentais com ratos.** 1995. 174 p. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.

SANTANA-DELGADO, H.; AVILA, E.; STELO, A. Preparation of silage from Spanish mackerel (*Scomberomorus maculatus*) and its evaluation in broiler diets. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 141, n. 1/2, p. 129-140, Mar. 2008.

SEIBEL, N. F.; SOUZA-SOARES, L. A. Produção de silagem química com resíduos de pescado marinho. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 6, n. 2, p. 333-337, jul./dez. 2003.

SHIRAI, K.; GUERRERO, J.; HUERTA, S. et al. Effect of initial glucose concentration and inoculation level of lactic acid bacteria in shrimp waste ensilation. **Enzyme Microb. Technol.**, v.38, p.446-452, 2001.

SLIZYTE, R.; DAUKSAS, E.; FALCH, E.; STORRO, I.; RUSTAD, T. Yield and composition of different fractions obtained after enzymatic hydrolysis of Cod (*Gadus morhua*) by-products. **Process Biochemistry**, v.40, p.1415-1424, 2005.

SOCOL, M. C. H. **Otimização da vida útil da tilápia cultivada (*Oreochromis niloticus*), minimamente processada e armazenada sob refrigeração.** 2002. 124 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.

SOLOMONS, T. W. G. **Organic chemistry.** 6. ed. New York: J. Wiley, 1996. 1218 p.

SOUZA, M. L. R. Comparação de seis métodos de filetagem, em relação ao rendimento de filé e de subprodutos do processamento da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 3, p.1076-1084, jun. 2002.

SUCASAS, L.F.A. **Avaliação do resíduo do processamento de pescado para o desenvolvimento de co-produtos visando o incremento da sustentabilidade na cadeia produtiva.** 2011. 164 p. Tese (Doutorado) – Centro de energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

TATTERSON, I. N.; WINDSOR, M. L. Fish silage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 25, n. 4, p. 369-379, Apr. 1974.

VALÉRIO, A. C. R. **Elaboração de silagem enzimática de pescado como alternativa ao processo tradicional**. 1994. 102 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.

Vendruscolo, F.; Ribeiro, C. S.; Espósito, E.; Ninow, J. L. Tratamento biológico do bagaço de maçã e adição em dietas para alevinos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n.4, p.487-493, 2009.

VIDOTTI, R. M. **Produção e utilização de silagens de peixe na nutrição de Pacu (*Piaractus mesopotamicus*)**. 2001. 65 p. Tese (Doutorado em Aquicultura) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, SP.

VIOLA, E. S.; VIEIRA, S. L. Suplementação de acidificantes orgânicos e inorgânicos em dietas para frangos de corte: desempenho zootécnico e morfologia intestinal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 4, p. 1097-1104, jul./ago. 2007. Suplemento 4.

VOGEL, A. I. **Química analítica qualitativa**. 5. ed. rev. São Paulo: Mestre Jou, 1981. 665 p.

WINTER, K. Stabilisation of protein and oil in fish silage for use as a ruminant feed supplement. **Journal of the Science Food and Agriculture**, London, v. 36, n. 4, p. 229-241, Apr. 1985.

CAPÍTULO 3

CARACTERIZAÇÃO DE SURIMIS ELABORADOS COM RESÍDUOS DA FILETAGEM DE TILÁPIAS E DIFERENTES CRIOPROTETORES E INIBIDORES DE PROTEASES

RESUMO

Neste estudo buscou-se caracterizar, por meio de análises químicas e instrumentais, surimis elaborados com resíduos da filetagem de tilápias (*Oreochromis nilotica*), acrescidos ou não de crioprotetores (sorbitol, sacarose e farinha de banana) em combinação com inibidores de proteases (albumina de ovo e whey protein). As análises químicas do gel kamaboko formado, obtiveram valores de umidades de 77,20% (sacarose + whey protein) a 85,92% (sem crioprotetor e sem inibidor de proteases); proteínas de 10,61% (farinha de banana e sem inibidor de proteases) a 17,65% (sacarose + whey protein); lipídios de 1,88% (farinha de banana + albumina) a 3,49% (sem crioprotetor e sem inibidor de proteases) e cinzas de 0,31% (sem crioprotetor e sem inibidor de proteases) a 0,8 (sacarose + albumina). Pelas análises instrumentais, obteve-se rendimento entre 61% (sem crioprotetor e sem inibidor de proteases) e 105,11% (sacarose + albumina), força de cisalhamento entre 1932,5Kgf/cm² (sacarose + whey protein) e 10.028,0Kgf/cm² (sem crioprotetor + whey protein), resistência do gel de 94 g (sem crioprotetor + whey protein) e 146,7g (sacarose e sem inibidor de proteases) e whiteness de 6,24 (farinha de banana e sem inibidor de proteases) a 37,88 (sorbitol e sem inibidor de proteases). Sacarose combinada com *whey protein* foi a combinação que proporcionou os melhores resultados em termos de teores de umidade, de proteína, força de cisalhamento e de resistência do gel. Por outro lado, a farinha de banana e a albumina de ovo alteraram significativamente a cor dos surimis elaborados.

Palavras chave: Surimi, crioprotetores, inibidores de proteases.

ABSTRACT

This study aimed to characterize, through chemical and instrumental analysis, surimis made with filleting waste from tilapia (*Oreochromis nilotica*), added or not with cryoprotectants (sorbitol, sucrose and banana flour) in combination with protease inhibitors (egg albumin and whey protein). Chemical analysis of the formed kamaboko gel, the values obtained of humidity was of 77.20% (sucrose + whey protein) to 85.92% (no cryoprotectant and without protease inhibitor), proteins of 10.61% (banana flour and without proteases inhibitor) to 17.65% (sucrose + whey protein), lipid 1.88% (banana flour + albumin) to 3.49% (without both, cryoprotectant and protease inhibitor) and ash 0.31% (without cryoprotectant and without protease inhibitor) to 0.8 (sucrose + albumin). Through the instrumental analysis it was obtained between 61% yield (without cryoprotectant and without protease inhibitor) and 105.11% (sucrose + albumin), shear force between 1932.5 kgf/cm² (sucrose + whey protein) and 10028.0 kgf/cm² (without cryoprotectant + whey protein), gel strength of 94 g (+ whey protein, without cryoprotectant) and 146.7 g (sucrose and without protease inhibitor) and whiteness of 6.24 (banana flour and without proteases inhibitor) to 37.88 (sorbitol and without protease inhibitor). Sucrose with whey protein was the combination that gave the best results. The banana flour and albumin altered a lot of the color of prepared surimis.

Key words: Surimi, cryoprotectants, protease inhibitors.

1 INTRODUÇÃO

O aumento do consumo de peixe no Brasil sempre foi baixo. No entanto, entre 2003 e 2009, houve um aumento no consumo *per capita* de peixe, passando de cerca de 6 para 9 quilos por habitante/ano, ou seja, quase 40%, fazendo o país se aproximar do patamar de consumo considerado ideal pela Organização Mundial de Saúde, que é de 12 quilos por habitante/ano. O aumento no consumo de pescado no Brasil é resultado das políticas adotadas para o desenvolvimento da pesca e aquicultura, além do aumento da renda média do brasileiro.

O aumento do consumo de peixes leva ao aumento da geração de resíduos. Os resíduos provenientes da filetagem de peixes são atualmente subutilizados ou descartados pelas indústrias de filetagem, pelo desconhecimento do seu potencial como alimento para peixes (Boscolo, 2003) e para outros animais. As indústrias são legalmente obrigadas a adequarem-se às leis ambientais e, por tal razão, o tratamento dos resíduos sólidos acarreta custos extras na produção de pescado (Benites, 2003).

Martins (2011), estudando a geração, armazenamento, transporte e descarte de resíduos em indústrias de pesca do Brasil, verificou que esses resíduos são tradicionalmente descartados ou encaminhados às fábricas de farinha de peixe. Verificou também que a obtenção de filés é a atividade de maior geração de resíduos. Concluiu seu trabalho dizendo que há uma quantidade considerável de resíduos sendo gerada pelas indústrias de pesca e apenas uma pequena fração vem sendo aproveitada, fato que demonstra que o descarte ainda é a prática mais comum, e que evidencia a pouca inserção do setor de pesca brasileiro na busca pela sustentabilidade.

O ideal seria utilizar a matéria-prima em toda a sua extensão, recuperando os subprodutos pela utilização do material residual como uma nova fonte de renda, e assim, evitando ou reduzindo a formação do resíduo.

Várias alternativas tecnológicas têm sido desenvolvidas por unidades de processamento, para aplicação na indústria alimentícia e cosmética. Uma dessas formas é elaboração de silagem, de farinha, de óleo e outros produtos de pescado que, além de poderem ser utilizados na alimentação humana e animal, podem ser empregados em cosméticos ou na fabricação de biodiesel.

Os produtos oriundos de pescado possuem grandes concentrações de ácidos graxos de alto valor biológico cujo consumo proporciona vários benefícios, tanto na prevenção quanto no tratamento de uma série de doenças e distúrbios da saúde, além de influenciar no desenvolvimento de vários órgãos e tecidos.

Surimi é um produto obtido do músculo de pescado, constituído por proteínas solúveis em soluções salinas, principalmente as miofibrilares e designa CPMS na fase inicial do processo, formando, ao final, um concentrado miofibrilar úmido de alta qualidade nutritiva e excelente funcionalidade. A sua melhor utilização decorre, sobretudo, das propriedades funcionais dessas proteínas, constituindo-se na matéria-prima empregada para produzir o que durante séculos foi elaborado no Japão como produtos de tipo *kamaboko*, que são géis termoestáveis formados ao aquecer o surimi previamente tratado com sal para solubilizar sua proteína (Kuhn, 2006).

O surimi é um produto resultante da tecnologia desenvolvida no Japão desde o século XII, com o objetivo de diversificar o emprego do pescado fresco. O processo de elaboração foi sendo melhorado nesse país durante centenas de anos e, atualmente, aplica-se em todo o mundo. A evolução dessa tecnologia foi particularmente rápida nos últimos 30 anos, o que permitiu reduzir consideravelmente os custos de produção, chegar à automatização completa do processo e à normalização da produção (Taha, 1996; Ordoñez-Peneda, 2005; Kuhn, 2006).

Antes do processo de industrialização do surimi, é necessário enfocar alguns aspectos importantes. Para que a matéria-prima seja processada, o requisito mais importante é observar a qualidade do peixe, independentemente da espécie. Surimi de alta qualidade não pode ser industrializado a partir de uma matéria-prima de baixa qualidade, mesmo que o processo tecnológico seja o melhor (Taha, 1996). A qualidade do produto depende, em grande parte, do grau de frescor do pescado utilizado. O surimi com maior capacidade funcional é obtido a bordo de barcos-fábrica, que processam pescado fresco (Ordoñez-Peneda, 2005).

O que é elaborado a partir do pescado conservado durante um dia em gelo é considerado de qualidade ou grau 1. A atribuição do grau 2 ou 3 aplica-se quando o processamento é realizado 2 ou 3 dias após a captura, respectivamente. O pescado não deve ser congelado em nenhum caso. A manipulação adequada requer que seja mantido, durante o tempo de espera, em gelo ou em água/gelo em tanques com não mais que 1 metro de altura ou em pilhas que não ultrapasse 50 cm (Taha, 1996; Ordoñez-Peneda, 2005).

O processo de industrialização começa com a retirada da cabeça e vísceras, que normalmente é feita manualmente. A remoção das vísceras deve ser feita completamente, uma vez que a alta concentração de enzimas proteolíticas e o alto número de microrganismos prejudicariam a formação de gel. Membranas escuras e escamas devem ser completamente removidas também, pois provocam coloração indesejável, depreciando a aparência do surimi (Taha, 1996).

Essa segunda lavagem tem por objetivo retirar todos os resíduos que ficarem após a evisceração, bem como manchas de sangue. Aconselha-se que a operação seja realizada duas vezes, já que a lavagem inadequada nessa etapa permitirá uma aceleração dos processos deteriorativos (Taha, 1996; Ordoñez-Peneda, 2005). Depois de lavado, o peixe é conduzido a um extrator mecânico de espinhas que separa a carne das porções mais grosseiras, como: espinhas, pele, brânquias, escamas, etc. (Taha, 1996).

Após a separação mecânica, o pescado picado (*otoshimi*) é então repetidamente lavado. Essa lavagem em várias etapas permite a eliminação dos componentes que proporcionam características sensoriais indesejáveis, além de excluir compostos que reduzem a estabilidade e a capacidade funcional do surimi (Taha, 1996; Vaz, 2005; Ordoñez-Peneda, 2005; Beirão, 2008)

Segundo Ordoñez-Peneda (2005), os ciclos de lavagens são realizados com dois objetivos fundamentais, que são: a separação mecânica de impurezas e a eliminação de substâncias solúveis em água. Por lavagem e lixiviação, consegue-se arrastar e eliminar sangue, proteínas sarcoplasmáticas, sais orgânicos, substâncias de baixo peso molecular e outras impurezas que proporcionam coloração mais ou menos escura e aroma indesejável, e que podem afetar a capacidade funcional das proteínas miofibrilares.

De acordo com Vaz (2005), quando a carne é lavada, podem ser elaborados produtos mais homogêneos e com boa consistência elástica. Esse tratamento promove a eliminação das proteínas sarcoplasmáticas (o que contribui diretamente com uma melhor elasticidade do produto), lipídios, componentes extrativos, que não contribuem para a formação da estrutura de rede, fazendo com que a miofibrila se torne mais pura e concentrada. Portanto, afirma Ordoñez-Peneda (2005), quanto maior é o número de lavagens, maior é a capacidade funcional do surimi, já que aumenta a possibilidade de eliminar os componentes alheios às proteínas miofibrilares.

Extraem-se 50% dos componentes solúveis no primeiro ciclo de lavagem. Embora a qualidade do surimi melhore com o número de lavagens, também se intensificam o inchamento do músculo e a dificuldade de eliminar o excesso de água, posteriormente. Dessa forma, na prática industrial, a tendência industrial é de que os ciclos de lavagens tenham duração de 9 a 12 minutos cada uma, empregando-se a cada vez uma quantidade de água de 3 a 4 vezes o peso do músculo do pescado (Taha, 1996; Ordoñez-Peneda, 2005; Vaz, 2005).

O excesso de água absorvida pela massa de carne durante a lavagem é eliminado parcialmente até um conteúdo de umidade entre 75% e 80%. Para ajustar o conteúdo aquoso, pode-se recorrer ao emprego de um tambor perfurado giratório, dotado também de um sistema

vibratório para favorecer o escorrimento. Em seguida, a massa semissólida resultante é levada a uma prensa de rosca, na qual é eliminado o restante da água (Ordoñez- Peneda, 2005)

Após a lavagem e retirada da água, tem-se a etapa de refino. De acordo com Ordóñez-Peneda (2005) e Taha (1996), essa operação é realizada com objetivo de eliminar qualquer substância residual remanescente, como escamas, espinhas, pele e outras impurezas que o produto ainda possa conter. O refino pode ser feito antes ou depois da eliminação do excesso de água.

O produto obtido é composto basicamente de proteínas miofibrilares (*surimi-nama* ou *surimi cru*). Para facilitar sua comercialização, recorre-se normalmente ao congelamento. Contudo, comprovou-se que, após o descongelamento, as proteínas miofibrilares perdiam parte de sua capacidade de formar géis, o que foi associado à tendência da miosina a experimentar fenômenos de agregação intermolecular, quando a água fica imobilizada em forma de gelo (Soares, 2002; Ordoñez- Peneda, 2005). Então, segundo Ordoñez- Peneda(2005), a partir de 1960, começou-se a utilizar crioprotetores para atenuar esse problema.

A desnaturação da proteína durante a estocagem de pescado congelado decorre de alterações ou modificações conformacionais das proteínas miofibrilares, ou mais especificadamente, da agregação causada pelo progressivo aumento das ligações intermoleculares da miosina, as quais envolvem ligações de hidrogênio, iônicas, hidrofóbicas e pontes de dissulfetos (Jarenback & Liljemark, 1975). A conformação nativa da miosina é fundamental para a formação do gel. Não se consegue obter a máxima força de gel quando a miosina for desnaturada antes da gelatinização. Resíduos de aminoácidos hidrófobos de actomiosina, exposta ao congelamento, são oriundos, principalmente, de componentes da miosina, indicando que o congelamento teve mínimo efeito sobre o componente actina. Ao repetir o processo de congelamento-descongelamento do surimi de merluza-da-antártida (*Merluccius* spp) e de truta (*Salmo gairdneri*), observa-se aumento na desnaturação da miosina, com substancial diminuição da força do gel (An et al.,1996).

A estabilidade ao congelamento-descongelamento é fundamental para a qualidade do surimi. Os crioprotetores atuam aumentando a tensão superficial da água em torno da proteína, impedindo o seu congelamento. Esse fenômeno previne a retirada da água ligada à proteína, estabilizando-a em sua forma original durante o período de estocagem sob congelamento (Machado, 1994; Sikorski, 1994).

Substâncias com alta capacidade de hidratação e baixo ponto de fusão, que permaneçam estáveis em baixas temperaturas e cujas moléculas não exerçam força de atração entre si, são consideradas crioprotetoras. Entre as substâncias com essa natureza química, destacam-se os

aminoácidos e peptídeos, ácidos carboxílicos, mono e dissacarídeos, polióis e sais, principalmente os polifosfatos (Sikorski, 1994).

O efeito crioprotetor dos carboidratos (arabinose, galactose, lactose, glicerol, sorbitol, etc.) está na atração das moléculas do açúcar sobre a superfície molecular da proteína, formando enlaces do tipo dipolo-dipolo que impedem a rearticulação da miosina. A escolha do carboidrato depende de sua estrutura espacial e do número de grupos OH presentes, porque ao dissolver-se na água junto à miofibrila, essas hidroxilas combinam-se com aqueles grupos carregados negativamente da molécula proteica (efeito eletrostático), formando grandes aglomerados que envolvem a proteína, protegendo-a (Morais, 1994).

Os crioprotetores são empregados para reduzir perdas nas propriedades funcionais das proteínas submetidas ao aquecimento e/ou ao congelamento. A maneira como certos açúcares estabilizam proteínas pode ser: promovendo uma hidratação preferencial, a qual é facilitada pelo aumento da superfície de tensão da água durante o congelamento (Lee & Timasheff, 1981 citado por Lee, 1986); preservando a conformação original da proteína pela exclusão de solutos durante o congelamento ou por uma interação direta entre açúcar e resíduos polares na superfície da proteína durante o congelamento (Carpenter et al., 1990; Crowe et al., 1990 citados por Lee, 1986) ou pelo fortalecimento das interações hidrofóbicas durante o aquecimento. (Lee, 1986).

A farinha de banana verde ou madura possui valores médios de proteínas de 3,2% a 3,3%, respectivamente (Moraes Neto et al., 1998), além das proteínas. Estudos mostram que a banana contém compostos fenólicos, tais como a galocatequina (Someya et al., 2002) e a dopamina (Kanazawa & Sakakibara, 2000). As catequinas (como a galocatequina) demonstram forte efeito antioxidante contra a peroxidação lipídica (Kondo et al., 1999). A oxidação das catequinas e galotaninos com condensação subsequente leva à formação de flavinas, as quais são responsáveis pela coloração avermelhada dos chás pretos. A influência na coloração, juntamente com a adstringência, são funcionalidades que os polifenóis fornecem aos alimentos. Os complexos taninos-proteínas envolvem pontes de hidrogênio e interações hidrofóbicas, podendo gerar ligações cruzadas covalentes entre grupos amida e sulfidril, quando os fenólicos são oxidados (Cassab & Varner, 1988) Proteínas com elevado conteúdo de prolina tem uma maior afinidade com taninos que outras proteínas.

No músculo de pescado, como em outros tecidos, ocorrem numerosas enzimas proteolíticas, todas próximas, as quais são reguladas *in vivo* pela regulação múltipla de cofatores ou compartilhamento. Durante a extração das proteínas miofibrilares, grande parte dessa

organização é perdida, ocasionando modificações autolíticas *post mortem* no músculo de pescado, principalmente no seu posterior processamento (Stoknes & Rustad, 1995).

As miofibrilas são suscetíveis à autólise por ação das proteinases musculares endógenas. A atividade entre as numerosas proteinases presentes no músculo varia conforme a espécie do pescado. Entretanto, é possível destacar a atividade proteolítica de dois grandes grupos: as catepsinas e as peptidases alcalinas estáveis ao calor. A degradação das miofibrilas, especialmente a miosina, prejudica a qualidade do surimi, com a perda substancial da força de gel (Morrissey et al., 1993).

No músculo de pescado, é alta a atividade proteolítica mediada pela catepsina-L, pois essa enzima tem alta afinidade pela miosina e não é completamente removida pelo processo de lavagem na elaboração do surimi (An et al., 1994, 1996).

O *Whey protein* (WPC – Whey Protein Concentrate) ou concentrado proteico do soro de leite é um produto originado da separação em membranas das proteínas do soro de leite, contém de 35% a 80% de proteínas, o que contribui para agregar valor ao soro de leite. É um concentrado proteico normalmente utilizado como suplemento alimentar, estabilizante, espessante, agente de enchimento e ligante de água, agente emulsificante e geleificante (Morr & Foegeding, 1990). Ressalta-se, ainda, sua maior estabilidade e conservação das características físico-químicas dos componentes, além da facilidade de manipulação laboratorial (Brans et al., 2004).

Diversas aplicações estão associadas ao WPC, devido às excelentes propriedades funcionais dessas proteínas, sendo um ingrediente amplamente utilizado na indústria de alimentos em uma grande variedade de produtos cárneos, bebidas, produtos de padaria e formulações infantis (Brans et al., 2004). Devido a diferenças na atividade proteolítica entre surimis de diferentes espécies, diferentes níveis de whey protein são necessários para reduzir a proteólise. (Rawdkuen & Bemjakul, 2007).

Quando se considera a cor do surimi, geralmente há grande preferência pelo surimi com alta luminosidade (L), baixa coloração amarela (b) e alta brancura (w) (Hsu & Chiang, 2002). Em colorimetria, *Whiteness* é o grau em que uma superfície é branca (brancura) e essa característica, a brancura, é altamente desejável em surimis.

Nos últimos 4 anos, vários estudos têm sido conduzidos visando, em grande parte, à melhoria do surimi produzido com a utilização de diferentes espécies de peixes e mesmo o comportamento desse produto sob condições diversas.

Rawdkuen & Bemjakul (2008) estudaram os efeitos do concentrado whey protein na inibição da autólise e propriedades de gel do surimi produzido com as espécies de peixes

tropicais: *Priacanthus tayenus*, *Mullodchthys vanicolensis*, *Nemipterus bleekeri* e *Saurida tumbil*. O concentrado mostrou atividade inibitória contra a autólise em todos os surimis, tanto a 60 quanto a 65° C, de forma dependente da concentração. A cadeia pesada da miosina do surimi foi mais retida na presença do *whey protein*. A força de cisalhamento e a deformação do gel kamaboko de todos os surimis aumentaram com o aumento dos níveis de *whey protein*. Isso foi associado aos baixos níveis de degradação da proteína, evidenciados pela diminuição do conteúdo de peptídeos solúveis em ácido tricloroacético. O *whey protein* a 3% (peso/peso) diminuiu significativamente a brancura dos géis. Entretanto, a capacidade de retenção de água nos géis kamaboko foi melhorada com o aumento na concentração do *whey protein*. A microestrutura dos géis de surimi geralmente torna-se mais densa com a adição desse concentrado.

Rawdkuen et al. (2009) avaliaram as propriedades bioquímicas e de gel de um surimi de tilápia preparado por um método de lavagem convencional da polpa e por um processo de obtenção de proteína isolada, usando um método ácido-alcálico. A solubilidade e recuperação de proteína foi maior pelo uso do método de lavagem convencional. Diminuição na mioglobina e nos conteúdos de lipídeos foram encontradas nos processos alcalino e ácido, quando comparado ao processo convencional. As mais altas forças de cisalhamento e deformação dos géis kamaboko e modori foram encontradas nos géis preparados pelo método de lavagem convencional. Mais alta brancura foi encontrada nos géis modori, quando comparado com os géis kamaboko. Os conteúdos de peptídeos solúveis em ácido tricloroacético dos géis de surimi convencionais foram mais baixos que aqueles obtidos pelo processo de obtenção de proteína isolada. A degradação de proteína miofibrilar foi observada neste último processo de obtenção. A microestrutura dos géis de kamaboko mostrou rede mais compacta que os géis modori em ambos os processos de obtenção do surimi.

Balange e Benjakul (2009) avaliaram os efeitos de diferentes compostos fenólicos oxidados (ácido ferúlico, ácido tânico, catequina e ácido caféico) em diferentes níveis (0 – 0,25% do conteúdo proteico) nas propriedades de gel do surimi de *Priacanthus tayenus*. A força de cisalhamento e a deformação do gel de surimi variou com os tipos e quantidades de compostos fenólicos oxidados. Nenhuma mudança na brancura do gel foi encontrada com a adição de ácido ferúlico, mas a brancura diminuiu nos outros compostos fenólicos utilizados. Diferentes microestruturas foram obtidas entre os géis com os diferentes compostos fenólicos. As propriedades físico-químicas da actomiosina natural sugerem que fenólicos oxidados poderiam induzir mudanças conformacionais e ligações cruzadas entre grupo amino ou a indução de formação de pontes dissulfeto. Portanto, a adição de compostos fenólicos oxidados

em um nível ótimo poderia aumentar a força do gel de surimi.

Xiong et al. (2009) investigaram o efeito crioprotetor da glucomanana konjac na proteína miofibrilar da carpa-capim durante estocagem a -18°C e a influência de cinco níveis dessa glucomanana (0, 0,5, 1, 1,5 e 2%) nas propriedades de textura, capacidade de retenção de água e brancura dos géis de surimi produzidos com esse peixe. A glucomanana konjac ao nível de 1% mostrou o mesmo bom efeito crioprotetor que um crioprotetor convencional (10% de sacarose-sorbitol, 1:1, peso/peso). Com o aumento dos níveis da glucomanana, a força de cisalhamento e a deformação dos géis de surimi aumentaram significativamente. As propriedades de ligação de água aos géis de surimi foram aumentadas com o aumento da adição de glucomanana, mas a brancura diminuiu. Nese estudo foi sugerido um nível ótimo de adição de 1% de glucomanana konjac.

Parvath e Sajan (2011) pesquisaram a influência de níveis de crioprotetores na estabilidade de estocagem e qualidade de produtos feitos com surimi. Neste estudo teve-se como principal objetivo reduzir a concentração de crioprotetores no surimi do peixe *Nemipterus japonicos*, sem afetar adversamente a estabilidade de estocagem por um período de 5 meses. A lixiviação de água resultou em leve absorção de água pela carne e redução na proteína, gordura e conteúdo mineral. O surimi apresentou cor moderadamente branca. Após o estudo de avaliação sensorial utilizando três produtos (salsicha, empada e bolo), preparados usando surimi com diferentes concentrações dos crioprotetores (variando de 0 a 8% no surimi), os que tiveram melhor aceitação foram aqueles que contiveram um máximo de 4% da mistura de açúcares.

Ducept et al. (2012) conduziram um ensaio visando a entender o efeito da operação de mistura no processo de fabricação de surimi de peixes marinhos, semelhante ao que ocorre na indústria. A pasta de surimi foi caracterizada em diferentes durações de misturas pela medida de tamanho de partícula, solubilidade da proteína e absorção de água, temperatura e propriedades viscoelásticas, de forma a seguir as modificações estruturais e as interações geradas nos processos de mistura. Em um primeiro momento, o surimi congelado derrete; portanto, a fragmentação das fibras faz com que uma grande redução no tamanho das partículas e de solubilização da proteína ocorra. Em seguida, a temperatura aumenta, o que torna o material viscoso. O aumento da temperatura conduz à desnaturação e à agregação das proteínas, o que contribui para a formação de uma rede de gel que vai ser quebrada pela ação contínua da mistura. Isso mostra claramente que durante esse segundo passo a mistura em baixa velocidade afeta a funcionalidade de proteínas. Essa funcionalidade é combatida pela gelificação, devido ao aumento da temperatura e da subsequente degradação no processo de mistura durante a formação do gel.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Matéria-prima

Foram utilizados resíduos da filetagem de tilápia nilótica, obtidos de peixes recém-abatidos por choque térmico (com uso de água e gelo, na proporção de 1:1) da região do Lago de Furnas. A carne foi retirada das carcaças pertencentes a um mesmo lote de produção. Os peixes foram 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).

2.2 Local

O presente experimento foi desenvolvido no Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras.

2.3 Processamento do surimi

O surimi foi obtido por processamento manual. A CMS passou por 3 ciclos de lavagens, utilizando 3 partes de água para cada parte de polpa, seguindo o seguinte esquema:

Tabela 1 Processamento do surimi.

<p>1º Ciclo : Imersão em água a 10°C 0,15% Sal 0,2% de Bicarbonato de Sódio 10' de agitação 10' de repouso drenagem da água prensagem manual em tecido</p>
<p>2º Ciclo: Imersão em água a 10°C 0,3% de Cloreto de Sódio 10' de agitação 10' de repouso drenagem da água prensagem manual em tecido</p>

3º Ciclo: Imersão em água a 10°C
10' de agitação
10' de repouso
drenagem da água
prensagem manual em tecido

Após a obtenção da pasta de surimi, dividiu-se a quantidade total em 4 partes iguais, às quais foram adicionados ou não os crioprotetores da seguinte forma:

P1: Sem crioprotetor + 0,3% de polifosfato

P2: 4% de sorbitol + 0,3% de polifosfato

P3: 4% de sacarose + 0,3% de polifosfato

P4: 4% de farinha de banana + 0,3% de polifosfato

Posteriormente, dividiu-se cada uma das partes acima em 3 grupos iguais, aos quais foram adicionados os inibidores de proteases, da seguinte forma:

G1: Sem inibidores de proteases

G2: 3% de Albumina de ovo

G3: 3% de Whey protein

Porções individuais de surimi foram embaladas em sacos de polietileno e reservadas a -30 °C para serem analisados 36 h e 120 dias após a elaboração.

2.4 Preparo do gel kamaboko

O surimi elaborado com as diferentes combinações de crioprotetores e inibidores de proteases foi utilizado para confeccionar pequenos embutidos (“salsichas”) feitos com tripa bovina hidratada, os quais, depois de pesados, foram levados para o cozimento, a fim de elaborar o gel kamaboko. O cozimento foi feito em “banho-maria” (90°C por 30 min) e, após esse tempo, as “salsichas” foram resfriadas em água gelada (4° C) por 15 minutos, para cessar completamente o processo e encaminhadas para as análises.

2.5 Determinações realizadas

2.5.1 Composição centesimal

A composição centesimal foi realizada nos surimis pelo Laboratório Central de Análises

(LCA) do Departamento de Ciência dos Alimentos (DCA) da Universidade Federal de Lavras, utilizando-se os métodos propostos pela AOAC (1990).

2.5.2 Análises instrumentais

As análises instrumentais foram feitas no gel kamaboko, preparado conforme descrito anteriormente.

a) Cor

A medição de cor das amostras foi realizada em colorímetro Minolta, operando no sistema CIE, para medir os parâmetros L^* , a^* e b^* , de acordo com James & Berry (1997). As análises foram feitas 36 horas após a elaboração dos surimis e 120 dias após a elaboração.

Para determinação do Whiteness, foi utilizada a fórmula:

$$W = 100 - [(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}]^{1/2}$$

b) Resistência do gel

Para determinação da textura, foi utilizado o sistema completo para avaliação, por meio do analisador de textura da marca Stable Micro Systems.

c) Força de cisalhamento

A força de cisalhamento dos hambúrgueres foi medida em 3 amostras, utilizando um texturômetro universal Texture Analyzer TA.XT2i (Stable Micro Systems Ltd., England), utilizando salsichas de surimis cozidas. Cada salsicha era avaliada 4 vezes.

d) Rendimento após cocção

O rendimento após cocção foi feito pesando-se as salsichas de surimi de cada formulação, antes e depois do cozimento, e posteriormente, aplicando-se a equação proposta por Berry (1992):

$$\% \text{ rendimento após cocção} = \frac{\text{peso da amostra após cozimento}}{\text{peso da amostra antes do cozimento}} \cdot 100$$

2.6. Análises estatísticas

Os dados coletados foram analisados pelo programa SISVAR (Ferreira, 2000), e as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Composição centesimal

3.1.1 Umidade

Na Tabela 2, encontram-se os resultados relativos ao teor de umidade nos diferentes surimis de resíduos de tilápia, contendo ou não crioprotetores e inibidores de proteases.

Tabela 2 Teores médios de umidade (%) de surimis elaborados com diferentes crioprotetores e inibidores de proteases.

CRIOPROTETORES	INIBIDORES DE PROTEASES		
	Albumina	Sem inibidor	Whey protein
Sem crioprotetor	83,1635aB	85,9225aA	82,9445aC
Sorbitol	79,8920cC	82,6625cA	80,8205bB
Sacarose	79,8887cB	80,9605dA	77,2005dC
Farinha de banana	82,5755bB	83,4915bA	77,3850cC
CV %	0,01		
Erro padrão	0,0052		

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste Scott-Knot ($P < 0,01$).

Os teores de umidade dos surimis de resíduos de tilápia no presente experimento variaram de 77,20% (quando utilizou-se como crioprotetor a sacarose e como inibidor de proteases o *whey protein*) a 85,92% (sem crioprotetor e sem inibidor).

A não utilização de crioprotetor, bem como a utilização de sacarose ou farinha de banana resultou em maiores teores de umidade ($P < 0,01$), quando não se utilizou inibidor de proteases, em valores intermediários utilizando-se como inibidor de protease a albumina e, em menores teores, utilizando-se como inibidor de proteases o *whey protein* ($P < 0,01$). Em contrapartida, ao se utilizar o sorbitol como crioprotetor, apesar de o maior teor de umidade também ser observado com a não utilização de inibidor de proteases, o valor intermediário foi verificado quando da utilização do *whey protein* e o menor valor quando se utilizou albumina ($P < 0,01$).

Considerando-se cada inibidor de protease isoladamente, pode-se verificar que, em todos eles, o maior teor de umidade ($P < 0,01$) foi observado quando não se utilizou crioprotetor na elaboração do surimi. Para a albumina, verificou-se valor intermediário de umidade quando

o crioprotetor foi a farinha de banana e os menores valores para sorbitol e sacarose ($P < 0,01$).

Quando não se utilizou inibidor de proteases ou utilizou-se o *whey protein*, todos os teores diferiram estatisticamente ($P < 0,01$), sendo que o menor valor foi observado ao se utilizar a sacarose como crioprotetor.

O teor de umidade é um dos fatores críticos no processamento do surimi e exerce influência na textura do gel kamaboko (Kuhn, 2003). Valores de umidade abaixo de 80% são determinantes para a formação de um gel de boa qualidade, com reestruturação adequada das fibras (Ogawa & Maia, 1999), uma condição fundamental para obter melhor textura no produto final.

Existe uma classificação japonesa, baseada no surimi de *Alaska pollack* que define classes de surimi, de acordo com o teor de umidade presente nos mesmos. Nessa classificação, são considerados surimis S (super classe) aqueles que possuem teor de umidade entre 76,1 e 79,0%, surimis A (primeira classe) aqueles que possuem teor de umidade entre 79,1 e 80,0%, surimis B (segunda classe) os que possuem teor de umidade entre 80,1 e 81,5% e surimis C (fora de especificação) quando a umidade for maior que 81,5% (Suzuki, 1981). Nesse contexto, a combinação de sacarose ou farinha de banana com o inibidor de proteases *whey protein* resultou, no presente experimento, em surimis de tilápia S (super classe), de excelente qualidade, sendo apontado como aquele que possui o teor de umidade mais propício para a manutenção das propriedades funcionais do surimi (Venugopal & Shahidi, 1995). Vale ressaltar que a indústria tem dificuldade em atender a esse padrão de qualidade (Mansfield, 2001).

Quando o sorbitol e a sacarose foram utilizados em conjunto com a albumina, proporcionaram surimis A (de primeira classe) e quando o sorbitol foi utilizado com o *whey protein*, produziu-se surimis B (segunda classe), sendo que os demais foram classificados como C (fora de especificação). Como todos os surimis foram processados simultaneamente e, portanto, toda prensagem foi realizada ao mesmo tempo, acredita-se que o efeito tenha sido relacionado aos diferentes crioprotetores e inibidores de proteases usados.

Rawdkuen & Benjakul (2008) estudaram os efeitos do *whey protein* na inibição da autólise e propriedades de gel do surimi produzido com espécies de peixes tropicais e verificaram que a umidade foi reduzida significativamente com o aumento em até 3% dos níveis de *whey protein* adicionados, indicando que a capacidade de retenção de água do gel *kamaboko* foi melhorada com a adição desse inibidor de proteases, assim como verificado no presente estudo. A capacidade de retenção de água elevada de aditivos proteicos faz com que eles inchem e aumentem a elasticidade, reduzindo o teor de umidade das misturas e aumentando a densidade da matriz circundante de proteína (Niwa et al, 1975). Não existem, até o presente momento,

trabalhos relacionados ao uso da farinha de banana como crioprotetor na fabricação de surimi e, portanto, o destaque em termos de teor de umidade indicam uma potencial utilização.

Mira e Lanfer-Marquez (2005) visando a caracterizar um tipo de surimi produzido a partir de peixes marinhos, a fim de contribuir para o estabelecimento de padrões de identidade e qualidade de surimi, estudaram sua composição centesimal, durante um ano. Esses autores encontraram teores de umidade ao longo do período estudado, entre 79,58 e 88,70 g/100g, com valor médio de $84,31 \pm 3,36$ g/100g, explicando essa variação em função da eficiência do processo de centrifugação e também pela influência da sazonalidade das espécies utilizadas. A umidade encontrada no presente trabalho ficou dentro do intervalo encontrado pelos referidos autores.

Kuhn (2003), avaliando a força de gel de surimi de resíduos de pescada-foguete (*Macrodon ancylodon*) enriquecido com aditivos proteicos obteve conteúdo médio de umidade do surimi de 79%, explicando os valores obtidos devido à compressão exercida, que pode ter sido limitada pelo nível de umidade e pela retirada de água no processamento de surimi não ter sido adequada, necessitando de maior tempo na prensagem da polpa, ou então, indicando a retirada do excesso de água por centrifugação (Kuhn et al., 2003).

Menor conteúdo de umidade em produtos à base de surimi possibilita a formação de gel com maior qualidade, o que se reflete na força de gel.

Reppond e Babbitt (1997), estudando os géis de surimi de merluza-da-antártida (*Merluccius spp*), arenque-do-pacífico (*Clupea harengus*) e merluza comum (*Merluccius argentinensis*), encontraram maior força de gel na faixa de umidade entre 70 e 74%. No presente trabalho, a prensagem artesanal pode ter contribuído para os teores de umidade mais altos.

3.1.2. Proteína

Na Tabela 3, encontram-se os resultados relativos ao teor de proteínas nos diferentes surimis de resíduos de tilápia, contendo ou não crioprotetores e inibidores de proteases.

Os teores de proteínas dos surimis de resíduos de tilápia no presente experimento variaram de 10,61% (quando se utilizou como crioprotetor a farinha de banana e sem inibidor de proteases) a 17,65% (elaborado com sacarose como crioprotetor e *whey protein* como inibidor de protease).

Tabela 3 Teores médios de proteínas (%) de surimis elaborados com diferentes crioprotetores e inibidores de proteases.

CRIOPROTETORES	INIBIDORES DE PROTEASES		
	Clara	Sem inibidor	Whey protein
Sem crioprotetor	15,2945aB	13,1342aC	16,1797bA
Sorbitol	14,5102bA	11,6212cB	14,4560dA
Sacarose	14,6962bB	13,107bC	17,6472aA
Farinha de banana	11,9827cB	10,6140dC	15,6050cA
CV %	1,93		
Erro padrão	0,1356		

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste Scott-Knot ($P < 0,01$).

A não utilização de crioprotetor, bem como a utilização de sacarose ou farinha de banana resultou em maiores teores de proteínas quando o inibidor de proteases utilizado foi o *whey protein*, resultando em valores intermediários utilizando-se como inibidor de protease a albumina e em menores teores de proteínas não utilizando inibidor de proteases ($P < 0,01$). Em contrapartida, ao se utilizar o sorbitol como crioprotetor, os maiores teores de proteína foram observados com a utilização de whey protein e albumina e o menor valor quando não se utilizou inibidor de protease ($P < 0,01$).

Considerando-se cada inibidor de protease isoladamente, pode-se verificar que quando o inibidor de protease utilizado foi a albumina, o maior teor de proteínas ($P < 0,01$) foi observado na formulação em que não se utilizou crioprotetor; valores intermediários ($P < 0,01$) foram encontrados quando os crioprotetores utilizados foram a sacarose e o sorbitol e o menor teor de proteínas ($P < 0,01$) foi observado quando se utilizou farinha de banana. Quando não se utilizou inibidor de proteases, todos os teores de proteínas diferiram estatisticamente ($P < 0,01$), sendo observado o maior teor ($P < 0,01$) quando não se utilizou crioprotetores e o menor teor ($P < 0,01$) quando o crioprotetor utilizado foi a farinha de banana. Quando o inibidor de proteases utilizado foi o whey protein, todos os teores de proteínas também diferiram estatisticamente ($P < 0,01$), sendo observado o maior teor ($P < 0,01$) quando o crioprotetor utilizado foi a sacarose e o menor teor quando o crioprotetor foi o sorbitol.

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 de ciclos de lavagem. (Fogaça, 2009).

Kuhn & Prentice (1999), em um estudo tecnológico para obtenção de surimi utilizando resíduos do processamento de pescada -foguete (*Macrodon ancylodon*), encontraram teores de proteínas de 15%; no entanto, Alfaro et al (2004) estudando parâmetros de processamento e aceitabilidade de apresuntado elaborado com surimi de pescada-foguete (*Macrodon ancylodon*) encontraram 13,65% (base úmida) de proteínas nos referidos surimis, podendo ser devido a uma maior eficiência na extração das proteínas sarcoplasmáticas, uma vez que, durante as sucessivas lavagens da polpa, aumenta-se a proporção das proteínas miofibrilares, principais responsáveis pela formação de gel (Lee, 1984), em detrimento das proteínas sarcoplasmáticas, resultando, portanto, na diminuição do teor proteico. Apesar da diminuição do conteúdo proteico, a formação do gel foi favorecida, visto que proteínas sarcoplasmáticas, quando aquecidas, coagulam-se aderindo às proteínas miofibrilares e dificultam a obtenção do gel. (Suzuki, 1987).

Jamas (2012), estudando o valor agregado aos resíduos do processamento de tilápia, verificou que, para a produção dos 38,89kg de surimi as perdas proteicas foram de 40,86%, justificando essas perdas pela eficiência na extração das proteínas sarcoplasmáticas, pois durante as sucessivas lavagens da CMS, aumenta-se a proporção das proteínas miofibrilares, principais responsáveis pela formação do gel (Lee, 1984).

Fogaça (2009), caracterizando surimis de tilápia-do-nilo, encontrou teores decrescentes de proteínas (variando entre 15,87% de proteínas da CMS, 14,10% quando efetuou-se uma lavada sem adição de amido de mandioca até 13,40, quando se efetuaram 3 lavadas e adicionaram 10% de amido de mandioca) à medida que foram aumentando-se o número de lavagens e porcentagens de adição de amido à polpa de tilápia.

Kirschnik (2007), avaliando a influência da lavagem e da adição de eritorbato de sódio e tripolifosfato de sódio na estabilidade de Carne Mecanicamente Separada (CMS) de tilápia-do-nilo durante 6 meses de armazenamento a -18°C, verificou que o processo de lavagem propiciou remoção de proteínas hidrossolúveis, minerais e lipídios, tornando a CMS lavada, uma matéria-prima diferente da CMS não lavada. Verificou uma diminuição nos teores de proteína (de 15,13% na CMS não lavada para 8,93% na CMS lavada) com a lavagem que provavelmente ocorreu devido à remoção da maioria das proteínas solúveis sarcoplasmáticas.

Vários trabalhos verificaram a redução do teor de proteínas com a lavagem da polpa do peixe; no entanto, poucos associam essa redução à presença de enzimas proteolíticas no músculo de pescado. An et al. (1994, 1996), estudando a degradação de proteínas de surimis de Pacific Whiting pelas catepsinas, verificaram que as lavagens durante o processamento de surimi removem as catepsinas B e H, mas não catepsina L, que tem alta afinidade pela miosina.

A conformação nativa da miosina, por sua vez, é fundamental para a formação do gel, não se conseguindo obter máxima força de gel quando a miosina for desnaturada antes da gelatinização.

Rawdkuen & Benjakul (2008) estudaram os efeitos do *whey protein* na inibição da autólise e propriedades de gel do surimi produzido com as espécies de peixes tropicais: *Priacanthus tayenus*, *Mullodchthys vanicolensis*, *Nemipterus bleekeri* e *Saurida tumbil*. O concentrado mostrou atividade inibitória contra a autólise em todos os surimis, tanto a 60 quanto a 65° C de forma dependente da concentração. A cadeia pesada da miosina do surimi foi mais retida na presença do *whey protein*.

Piyachomkwan & Penner (1995) observaram que o *whey protein* pode proteger as proteínas miofibrilares de surimi pela ação inibitória propriamente dita ou por servir como substrato alternativo, reduzindo efetivamente a atividade proteolítica na miosina. Akazawa et al. (1993) verificaram que aumentando a concentração de *whey protein* para 3%, reduz a atividade enzimática de Pacific whiting em aproximadamente 80% em relação ao controle (sem *whey protein*)

Balange & Benjakul (2009) avaliaram os efeitos de diferentes compostos fenólicos oxidados (ácido ferúlico, ácido tânico, catequina e ácido cafeico) em diferentes níveis (0 – 0,25% do conteúdo proteico) nas propriedades de gel do surimi de *Priacanthus tayenus*. Eles verificaram que as propriedades físico-químicas da actomiosina natural sugere que fenólicos oxidados poderiam induzir mudanças conformacionais e ligações cruzadas entre grupo amino ou a indução de formação de pontes dissulfeto. Portanto, a adição de compostos fenólicos oxidados em um nível ótimo poderia aumentar a força do gel de surimi.

A farinha de banana verde ou a banana madura possuem valores médios de proteínas de 3,2% a 3,3%, respectivamente; portanto, sua contribuição com os resultados deste estudo é pequena (Moraes Neto et al., 1998), além das proteínas, estudos mostram que a banana contém compostos fenólicos, tais como a galocatequina (Someya et al., 2002) e a dopamina (Kanazawa & Sakakibara, 2000). As catequinas (como a galocatequina) demonstram forte efeito antioxidante contra a peroxidação lipídica (Kondo et al., 1999), e efeitos protetores contra doenças cardiovasculares e contra o câncer.

3.1.3 Lipídios

Na Tabela 4, encontram-se os resultados relativos ao teor de proteínas nos diferentes surimis de resíduos de tilápia, contendo ou não crioprotetores e inibidores de proteases.

Tabela 4 Teores médios de lipídios (%) de surimis elaborados com diferentes crioprotetores e inibidores de proteases.

CRIOPROTETORES	INIBIDORES DE PROTEASES		
	Albumina	Sem inibidor	Whey protein
Sem crioprotetor	3,4235aA	3,4947aA	3,16675aB
Sorbitol	3,0390bB	3,3450aA	2,2690cC
Sacarose	2,5680cB	3,2807aA	3,2782aA
Farinha de banana	1,8825dC	2,2530bB	2,6165bA
CV %	3,52		
Erro padrão	0,05079		

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste Scott-Knot ($P < 0,01$).

Os teores de lipídios dos surimis de resíduos de tilápia no presente experimento variaram de 1,88% (quando se utilizou como crioprotetor a farinha de banana e albumina como inibidor de proteases) a 3,49% (elaborado sem crioprotetor e sem inibidor de protease).

A não utilização de crioprotetor, associada à ausência de inibidor de proteases e à presença de albumina, resultou em maiores teores de lipídios ($P < 0,01$).

Quando o crioprotetor foi o sorbitol, o maior teor de lipídios ($P < 0,01$) foi observado na ausência de inibidor de proteases; valores intermediários ($P < 0,01$) quando se utilizou albumina; e menores valores quando se utilizou o whey protein. Os menores teores de lipídios ($P < 0,01$) foram observados quando o crioprotetor utilizado foi a farinha de banana, principalmente quando o inibidor de protease foi a albumina, seguido pela formulação que não continha inibidor de proteases; e o que apresentou maior teor de lipídios, dentre esse crioprotetor, foi quando se utilizou o whey protein como inibidor de proteases.

Considerando-se o efeito de cada crioprotetor dentro de cada inibidor de protease, verifica-se que, para todos os tipos de inibidores avaliados, o tratamento sem crioprotetor foi o que apresentou maior teor de lipídios ($P < 0,01$). Quando o inibidor de proteases foi a albumina, valores intermediários de lipídios ($P < 0,01$) foram verificados quando os crioprotetores utilizados foram o sorbitol e a sacarose, e o menor teor de lipídios ($P < 0,01$) foi observado quando se utilizou a farinha de banana.

Quando não se utilizou nenhum inibidor de proteases, os tratamentos que utilizaram o sorbitol e a sacarose igualaram-se estatisticamente ao sem crioprotetor, com os maiores teores

de lipídios ($P < 0,01$). Quando o inibidor de proteases avaliado foi o whey protein, apenas a sacarose se igualou estatisticamente ($P < 0,01$) ao tratamento elaborado sem crioprotetor, com maior teor de lipídios. Valor intermediário ($P < 0,01$) foi observado quando o crioprotetor foi a farinha de banana; e o menor teor de lipídio ($P < 0,01$) foi observado com o crioprotetor sorbitol.

Nos tratamentos em que não havia crioprotetores ou inibidores de proteases, ou seja, havia apenas surimi, provavelmente os teores de lipídios foi, em geral, mais alto, devido à composição natural do surimi e aos demais. Melo et al. (2010), ao caracterizarem quimicamente a polpa e o surimi obtidos do espinhaço residual da filetagem de tilápia, encontraram teores de lipídios da ordem de 3,14% e 0,27%, respectivamente. O surimi elaborado por eles passou por 3 ciclos de lavagens, semelhantes ao presente trabalho, e recebeu, após as lavagens, 5% de sacarose e 0,3% de tripolifosfato. O teor de lipídios no surimi foi bem inferior ao verificado no presente estudo. Muitos fatores influenciam nos teores de lipídios nos pescados, inclusive as etapas de lavagem na elaboração do surimi (Alfaro, 2004; Simões, 2007)

Os tratamentos que apresentaram menores teores de lipídios foram quando se tinha apenas farinha de banana ou quando havia farinha de banana combinada com albumina de ovo ($P < 0,01$). Por esses resultados verificou-se que com as sucessivas lavagens que o material sofreu, muitos lipídios saíram na água residual. Como os crioprotetores são substâncias com baixo teor de lipídios, a porcentagem total de lipídios foi baixa.

Os valores encontrados neste trabalho foram bem superiores aos encontrados por Mira e Lanfer-Marquez (2005), que estudaram durante um ano a composição centesimal e outras características de surimis produzidos a partir de peixes marinhos. Os teores de lipídios encontrados por eles foi reduzido e variou de 0,12% a 0,61%, durante os 12 meses. Valores superiores também aos encontrados por Galvão et al. (2012), que efetuaram a caracterização físico-química e microbiológica de surimi obtido de resíduos de filetagem de piramutaba e obtiveram teor de lipídio de 0,74%.

O conteúdo lipídico do surimi depende da eficiência das etapas de lavagem, que devem ser realizadas no menor tempo possível, para evitar um indesejável excesso de hidratação proteica, que acarretaria no aumento do conteúdo de umidade do surimi. (Alfaro, 2004).

3.1.4 Teor de Cinzas

Na Tabela 5, encontram-se os resultados relativos ao teor de cinzas nos diferentes surimis de resíduos de tilápia, contendo ou não crioprotetores e inibidores de proteases.

Tabela 5 Teores médios de cinzas (%) de surimis elaborados com diferentes crioprotetores e inibidores de proteases.

CRIOPROTETORES	INIBIDORES DE PROTEASES		
	Albumina	Sem inibidor	Whey protein
Sem crioprotetor	0,5035cA	0,3052cC	0,4272cB
Sorbitol	0,7215bA	0,5785bB	0,6862bA
Sacarose	0,7992aA	0,6602aB	0,7627aA
Farinha de banana	0,7490bA	0,6332aB	0,7592aA
CV %	4,28		
Erro padrão	0,0134		

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste Scott-Knot ($P < 0,01$).

Os teores de cinzas dos surimis de resíduos de tilápia no presente experimento variaram de 0,31% (quando não se utilizou crioprotetor nem inibidor de protease) a 0,8% (elaborado com sacarose como crioprotetor e albumina como inibidor de protease).

A não utilização de crioprotetor e de inibidor de proteases resultou em menor teor de cinzas. Na ausência de crioprotetor e presença da albumina, observou-se maior teor de cinzas, e valores intermediários foram observados quando os surimis foram elaborados sem crioprotetor e com o whey protein como inibidor de proteases. Quando os crioprotetores foram sorbitol, sacarose ou farinha de banana, os resultados foram estatisticamente iguais, ou seja, para cada um deles observaram-se maiores teores de cinzas, quando os surimis foram elaborados com os inibidores de proteases albumina e whey protein, e menores teores quando os surimis foram elaborados sem inibidor de proteases.

Considerando-se o efeito de cada crioprotetor dentro de cada inibidor de protease, verificaram-se maiores teores de cinzas quando o crioprotetor utilizado foi a sacarose. Valores intermediários foram observados quando se utilizaram sorbitol e farinha de banana como crioprotetores; e menores teores quando não se utilizou crioprotetor. Quando não foi utilizado inibidor de proteases ou quando se utilizou o whey protein, os maiores teores de cinzas foram observados nos surimis elaborados com sacarose e com farinha de banana. Valores intermediários foram observados quando se utilizou o sorbitol como crioprotetor; e os menores teores de cinzas foram observados quando não se utilizou crioprotetor.

Mira e Lanfer-Marquez (2005), que estudaram durante um ano a composição centesimal

e outras características de surimis produzidos a partir de peixes marinhos, verificaram que os teores de minerais foram próximos aos encontrados neste trabalho, oscilando entre 0,28 e 0,57 g/100 g, com um valor médio de 0,37% , explicando que a solubilização de minerais durante as etapas de lavagem do surimi é a causa dos baixos teores verificados.

Contreraz-Guzmán (1994) relata que a fração de cinzas em peixes de água doce apresenta variações em quantidades que vão de 0,90 a 3,39%. Esse valor é compatível ao valor de cinzas encontrado na tilápia.

O elevado teor de cinzas (22,96%) encontrado por Alfaro (2004), estudando parâmetros de aceitabilidade de apresuntado elaborado com surimi de pescada-foguete, foi explicado devido à incorporação dos crioprotetores (sorbitol e tripolifosfato) para a conservação do surimi. A adição de crioprotetores estabiliza o concentrado de proteínas miofibrilares, evitando a desnaturação e perda dos atributos funcionais durante o armazenamento a baixas temperaturas (Sales & Sales, 1990) O refino inadequado da polpa também pode ter contribuído para o elevado conteúdo de cinzas, visto que resíduos de espinhas e escamas podem ter permanecido no surimi durante as etapas empregadas para sua obtenção (Alfaro, 2004).

Melo et al. (2010), realizando a caracterização química e bacteriológico de polpa e surimi obtidos do espinhaço residual da filetagem de tilápia, obtiveram 0,98% de teor de cinzas no surimi, teor maior do que o encontrado no presente estudo e maior também que o valor encontrado na polpa daquela caracterização, que foi de 0,50%. Para a autora, tal fato provavelmente está associado à adição de sal durante os ciclos de lavagem que ocorreram em maior número na elaboração do surimi e também à adição do tripolifosfato como crioprotetor.

3.2 Análises instrumentais

3.2.1 Cor a* inicial e aos 120 dias

Nas Tabelas 6 e 7, encontram-se os resultados relativos ao parâmetro a* da cor nos diferentes surimis de resíduos de tilápia, avaliados no dia da elaboração e aos 120 dias após a elaboração dos surimis, contendo ou não crioprotetores e inibidores de proteases.

Tabela 6 Teores médios do parâmetro de cor a* de surimis elaborados com diferentes crioprotetores e inibidores de proteases avaliados no dia da elaboração.

CRIOPOTETORES	INIBIDORES DE PROTEASES		
	Clara	Sem inibidores	Whey protein
Sem crioprotetor	4,9900bA	3,3275bB	2,6500dC
Sorbitol	4,1975cA	2,0700dB	4,1125bA
Sacarose	4,6000bA	2,5325cC	3,1225cB
Farinha de banana	11,0025aA	10,9425aA	10,6375aA
CV %	4,50		
Erro padrão	1,1202		

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste Scott-Knot ($P < 0,01$).

Tabela 7 Teores médios do parâmetro de cor a* de surimis elaborados com diferentes crioprotetores e inibidores de proteases avaliados 120 dias após a elaboração.

CRIOPOTETORES	INIBIDORES DE PROTEASES		
	Albumina	Sem Inibidor	Whey protein
s/crioprotetor	4,8325bA	3,0475bB	3,1575cB
Sorbitol	3,8200dA	2,0250dC	3,1700cB
Sacarose	4,3900cA	2,7025cC	3,5800bB
Farinha de banana	11,3225aA	10,7150aB	10,3475aC
CV %	3,20		
Erro padrão	0,0840		

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste Scott-Knot ($P < 0,01$).

Os valores do parâmetro de coloração a* dos surimis de resíduos de tilápia, avaliados no dia da elaboração e aos 120 dias, variaram de 2,02 (quando se utilizou o sorbitol como crioprotetor e não se utilizou inibidor de protease) a 11,32 (elaborado com farinha de banana e albumina).

Considerando-se o parâmetro a* de coloração tanto no início quanto no final do período deste estudo, a não utilização de crioprotetor combinado à albumina resultou em valores mais altos de a*. Menores valores foram observados quando não se utilizou inibidor de protease ou quando se utilizou o whey protein como inibidor de proteases. Quando o crioprotetor foi o

sorbitol, maiores valores foram observados quando se utilizou albumina e whey protein; e o tratamento sem inibidor de protease apresentou menor valor. Quando o crioprotetor foi a sacarose, maiores valores foram observados quando se utilizaram albumina e *whey protein*; e menor valor quando não se utilizou inibidor de protease. Quando o crioprotetor foi a farinha de banana, os inibidores de proteases apresentaram valores de a^* estatisticamente iguais quando avaliados no dia da elaboração, mas diferiram após 120 dias, sendo que o tratamento que foi elaborado com albumina apresentou valores maiores, seguido pelo tratamento que não recebeu inibidor de proteases; e o menor valor foi observado quando o inibidor de proteases, para esse crioprotetor, foi o whey protein.

Considerando-se o efeito dos crioprotetores dentro de cada inibidor de protease, verificou-se que a farinha de banana apresentou os maiores valores de a^* em todos os inibidores de proteases estudados. Quando se utilizou a albumina sem nenhum crioprotetor ou sua combinação com sacarose, os valores de a^* foram maiores do que quando se utilizou sorbitol. Quando se consideram os tratamentos elaborados sem inibidor de proteases, verificou-se que, sem crioprotetor, apresentou maiores valores de a^* do que utilizando sacarose e também sorbitol. Quando o inibidor de proteases foi o *whey protein*, maiores valores de a^* foram observados quando o crioprotetor foi o sorbitol (no dia da elaboração) ou a sacarose (aos 120 dias). O menor valor foi quando não se utilizou crioprotetor (no dia da elaboração e aos 120 dias) ou quando se utilizou o sorbitol (aos 120 dias).

Quando se considera a cor do surimi, geralmente existe grande preferência pelo surimi com alta luminosidade (L), baixa coloração amarela (b) e alta brancura (w) (Hsu e Chianh, 2002). Os resultados da análise de a^* demonstram que, quanto maior o valor de a^* , mais a cor tende ao vermelho e, quanto menor o valor de a^* , mais a cor tende ao verde.

A farinha de banana contém muitas substâncias oxidantes. Na banana a enzima polifenoloxidase catalisa a oxidação dos fenóis existentes na sua polpa, dando origem a quininas, que se condensam (polimerizam) formando melanina, que são os pigmentos escuros, sendo preciso, durante seu processamento, inibir esse escurecimento para evitar a degradação do produto (Jaigobind, Amaral e Jaisingh, 2007). Sendo o escurecimento da polpa de banana um fator que deve ser controlado e de grande importância para a qualidade final do produto processado, devem ser utilizados tratamentos antioxidantes que tem a função de evitar essa depreciação. (Viana Júnior, 2010).

Vaz (2005) encontrou os valores de 0,29 e para a^* e 12.84 para a coordenada b^* .

3.2.2 Cor b* inicial e aos 120 dias

Nas Tabelas 8 e 9, encontram-se os resultados relativos ao parâmetro b* da cor nos diferentes surimis de resíduos de tilápia, avaliados no dia da elaboração e aos 120 dias após a elaboração dos surimis, contendo ou não crioprotetores e inibidores de proteases.

Tabela 8 Teores médios do parâmetro de cor b* de surimis elaborados com diferentes crioprotetores e inibidores de proteases avaliados no dia da elaboração.

CRIOPOTETORES	INIBIDORES DE PROTEASES		
	Albumina	Sem inibidor	Whey protein
Sem crioprotetor	31,7475aA	23,7700aB	25,3850aB
Sorbitol	32,0650aA	22,9400aC	26,6700aB
Sacarose	31,4650aA	23,2700aC	25,7850aB
Farinha de banana	19,7300bB	20,9900bB	24,5450aA
CV %	3,91		
Erro padrão	0,5025		

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste Scott-Knot ($P < 0,01$).

Tabela 9 Teores médios do parâmetro de cor b* de surimis elaborados com diferentes crioprotetores e inibidores de proteases avaliados 120 dias após a elaboração

CRIOPOTETORES	INIBIDORES DE PROTEASES		
	Clara	Sem inibidor	Whey protein
Sem crioprotetor	32,4825aA	24,1150aC	25,8725aB
Sorbitol	31,5675bA	22,5475bC	26,4675aB
Sacarose	31,7000bA	24,0725aC	26,9750aB
Farinha de banana	13,6175cB	12,3175cC	24,7025bA
CV %	1,87		
Erro padrão	0,2306		

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste Scott-Knot ($P < 0,01$).

Os valores do parâmetro de coloração b^* dos surimis de resíduos de tilápia avaliados no dia da elaboração e, aos 120 dias, variaram de 12,32 (quando se utilizou a farinha de banana e sem inibidor de protease) a 32,48 (quando se elaborou sem crioprotetor e com albumina).

Considerando-se o parâmetro b^* de coloração tanto no início quanto no final do período deste estudo, observou-se que a não utilização de crioprotetor combinado à albumina resultou em valores mais altos de b^* . Menores valores foram observados quando não se utilizou inibidor de protease ou quando se utilizou o whey protein como inibidor de proteases. Quando os crioprotetores foram o sorbitol e a sacarose, maiores valores foram observados quando se utilizou albumina e depois com whey protein e o tratamento sem inibidor de protease apresentou menores valores de b^* . Quando o crioprotetor utilizado foi a farinha de banana, o maior valor de b^* ocorreu quando se utilizou o whey protein como inibidor de proteases, e quando não se utilizou inibidor ou quando se utilizou albumina os valores foram inferiores.

Considerando-se o efeito dos crioprotetores dentro de cada inibidor de protease, verificou-se que a farinha de banana apresentou os menores valores de b^* em todos os inibidores de proteases estudados. Quando se utilizaram os outros crioprotetores, os valores de b^* igualaram-se estatisticamente e foram superiores aos valores encontrados para a farinha de banana.

Os resultados da análise de b^* demonstram que quanto maior o valor de b^* , mais a cor tende ao amarelo e, quanto menor, mais tende ao azul; portanto, observou-se que no início do período experimental, quando o inibidor de protease utilizado foi a albumina de ovo, os valores de b^* foram superiores a todos os outros inibidores, ou seja, com maior tendência ao amarelo que os demais, seguido pelos surimis elaborados com Whey protein e, por último, os elaborados sem inibidores de proteases. A albumina utilizada no presente estudo apresentava coloração amarela e isso contribuiu para a cor dos surimis elaborados.

Quando o crioprotetor utilizado foi a farinha de banana, os surimis apresentaram valores de b^* bastante inferiores aos demais, não tendendo ao amarelo, como quando se utilizaram os outros crioprotetores, mas tendendo ao azul. Como já fora mencionado anteriormente, o escurecimento da polpa de banana é um fator de grande importância para a qualidade final do produto processado, que deve ser controlado, a fim de evitar a depreciação. (Viana Júnior, 2010).

Vaz (2005) encontrou valores para o surimi 12.84 para a coordenada b^* .

3.2.3 Cor L inicial e aos 120 dias

Nas Tabelas 10 e 11, encontram-se os resultados relativos ao parâmetro L* da cor nos diferentes surimis de resíduos de tilápia, avaliados no dia da elaboração e aos 120 dias após a elaboração dos surimis, contendo ou não crioprotetores e inibidores de proteases.

Tabela 10 Teores médios do parâmetro de cor L* de surimis elaborados com diferentes crioprotetores e inibidores de proteases avaliados no dia da elaboração.

CRIOPOTETORES	INIBIDORES DE PROTEASES		
	Clara	Sem inibidor	Whey protein
Sem crioprotetor	34,1450bB	35,8425cB	42,7400aA
Sorbitol	37,8725aB	41,8900aA	36,3175cB
Sacarose	34,3200bB	37,7925bA	38,5025bA
Farinha de banana	12,7450cB	14,0675dB	17,2475dA
CV %	2,99		
Erro padrão	0,4771		

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste Scott-Knot ($P < 0,01$).

Tabela 11 Teores médios do parâmetro de cor L* de surimis elaborados com diferentes crioprotetores e inibidores de proteases avaliados no dia da elaboração.

CRIOPOTETORES	INIBIDORES DE PROTEASES		
	Clara	Sem inibidor	Whey protein
Sem crioprotetor	36,6050bB	38,2175bA	39,0050aA
Sorbitol	40,4750aB	42,1500aA	39,3800aB
Sacarose	36,2700bB	38,5500bA	36,7200bB
Farinha de banana	8,3475cB	7,6725cB	17,6000cA
CV %	1,84		
Erro padrão	0,2923		

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste Scott-Knot ($P < 0,01$).

Os valores do parâmetro de coloração L^* dos surimis de resíduos de tilápia avaliados no dia da elaboração e, aos 120 dias, variaram de 7,67 (quando se utilizou a farinha de banana e sem inibidor de proteases) a 42,15 (quando se elaborou com o sorbitol como crioprotetor e sem inibidor de proteases).

Considerando-se o parâmetro L^* de coloração tanto no início quanto no final do período deste estudo, observou-se que a não utilização de crioprotetor combinado ao whey protein resultou em valores mais altos de L^* e mais baixos quando não se utilizou inibidor de proteases ou quando se utilizou albumina. Quando o crioprotetor foi o sorbitol, maiores valores de L^* foram observados quando não se utilizou inibidor de proteases e valores mais baixos quando se utilizou a albumina ou o whey protein. Quando o crioprotetor foi a sacarose, maiores valores de L^* foram encontrados nos surimis elaborados sem inibidor de proteases ou com o whey protein e o menor valor ocorreu quando se utilizou a albumina. Quando o crioprotetor foi a farinha de banana, os valores de L^* foram maiores quando se utilizou como crioprotetor o whey protein e menores valores quando não se utilizou inibidor de proteases ou albumina.

A coordenada L^* indica o quanto o produto é claro ou escuro, com valores variando de 0 (totalmente preto) a 100 (totalmente branco). No presente estudo, os resultados indicam que, no início do período experimental, nos tratamentos em que foi utilizado o whey protein como inibidor de proteases e não se utilizou crioprotetor aos 120 dias após a elaboração dos surimis nos tratamentos sem inibidor de proteases e com sorbitol como crioprotetor, os valores de L^* foram maiores, indicando maior tendência ao branco.

Rawdkuen & Benjakul (2008), ao estudarem os efeitos do concentrado whey protein na inibição da autólise e propriedades de gel do surimi produzido com as espécies de peixes tropicais, verificaram que o whey protein a 3% (peso/peso) diminuiu significativamente a brancura dos géis.

Huda et al (2001), estudando propriedades funcionais de pós elaborados com surimis obtidos de peixes marinhos, observaram que fatores, tais como espécies, métodos de secagem e quantidades de crioprotetor podem interferir na cor de pó de surimi.

Galvão et al (2012), caracterizando físico-quimicamente surimis obtidos de resíduos de filés de piramutabas, verificaram que os valores de L^* encontrados para o surimi (87,48) eram maiores que o L^* dos resíduos (73,91), ou seja, o surimi tinha uma cor mais clara do que a dos resíduos. Valores bem superiores aos encontrados no presente estudo. Os maiores valores de L^* indicam uma coloração clara da carne, a qual é geralmente desejada pelos consumidores, já o escurecimento da carne é geralmente associado à deterioração.

Fogaça (2009), caracterizando surimi de tilápias-do-nilo verificou 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 Vaz (2005), durante a lavagem do músculo de peixe, os carotenoides, os pigmentos do sangue e os compostos solúveis de nitrogênio são removidos, resultando em uma cor menos intensa e redução do odor característico da carne mecanicamente separada.

Para Ogawa e Maia (1999), mioglobina, juntamente com pequenas concentrações de hemoglobina, são os principais pigmentos responsáveis pela coloração vermelho-amarronzada da carne de peixe.

3.2.4 Whiteness

Nas Tabelas 12 e 13, encontram-se os resultados relativos ao parâmetro L* da cor nos diferentes surimis de resíduos de tilápia, avaliados no dia da elaboração e aos 120 dias após a elaboração dos surimis, contendo ou não crioprotetores e inibidores de proteases.

Tabela 12 Teores médios do parâmetro de cor W* de surimis elaborados com diferentes crioprotetores e inibidores de proteases avaliados no dia da elaboração.

CRIOPOTETORES	INIBIDORES DE PROTEASES		
	Albumina	Sem inibidor	Whey protein
Sem crioprotetor	26,7225bC	31,5000cB	37,3075aA
Sorbitol	29,9575aB	37,4925aA	30,8375cB
Sacarose	27,0250bB	33,5325cA	33,2425bA
Farinha de banana	9,8275cB	10,8450dB	13,0225dA
CV %	2,76		
Erro padrão	0,3695		

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste Scott-Knot ($P < 0,01$).

Tabela 13 Teores médios do parâmetro de cor W* de surimis elaborados com diferentes crioprotetores e inibidores de proteases avaliados 120 dias após a elaboração.

CRIOPOTETORES	INIBIDORES DE PROTEASES		
	Albumina	Sem inibidor	Whey protein
Sem crioprotetor	28,600bB	33,2500bA	33,6675aA
Sorbitol	32,5125aC	37,8775aA	33,7750aB
Sacarose	28,6850bC	33,9450bA	31,1150bB
Farinha de banana	6,6500cB	6,2400cB	13,3500cA
CV %	2,11		
Erro padrão	0,2809		

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste Scott-Knot ($P < 0,01$).

Os valores de whiteness dos surimis de resíduos de tilápia, avaliados no dia da elaboração e aos 120 dias, variaram de 6,24 (quando se utilizou a farinha de banana e sem inibidor de proteases) a 37,88 (quando se elaborou com o sorbitol como crioprotetor e sem inibidor de proteases).

Considerando-se o parâmetro de whiteness tanto no início quanto no final do período deste estudo, observou-se que a não utilização de crioprotetor, combinado ao whey protein, e sem inibidor de proteases, resultou em valores mais altos de whiteness, quando o inibidor de proteases foi a albumina, os valores de whiteness foram mais baixos. No início deste estudo, quando os crioprotetores utilizados foram o sorbitol e a sacarose, foram observados valores mais altos de whiteness quando não se utilizou inibidor de proteases, ou quando foi a combinação sacarose e whey protein e valores mais baixos quando o inibidor de proteases foi a albumina ou na combinação sorbitol e whey protein.

Quando o crioprotetor utilizado foi a farinha de banana, o maior valor observado foi quando se utilizou o whey protein, e os menores valores quando não se utilizou nenhum inibidor de proteases ou quando utilizou a albumina.

Aos 120 dias após a elaboração dos surimis, os resultados foram semelhantes aos do início deste estudo, principalmente em relação à farinha de banana. No entanto, os maiores valores de whiteness foram observados quando não se utilizou inibidor de proteases ou quando esse inibidor foi o whey protein sem crioprotetor. Valores intermediários foram observados quando os crioprotetores foram sorbitol e sacarose combinados com o whey protein ou sem crioprotetor combinado com albumina e menores valores foram verificados quando se

utilizaram os crioprotetores sorbitol e sacarose combinados com albumina.

Considerando-se o efeito dos crioprotetores dentro de cada inibidor de protease, verificou-se que a farinha de banana apresentou os menores valores de whiteness em todos os inibidores de proteases estudados, sendo maior apenas quando combinada com o whey protein. Quando se utilizaram os outros crioprotetores, os valores de whiteness foram superiores aos da farinha de banana e mais altos quando o sorbitol foi o crioprotetor utilizado ou quando houve a combinação sem crioprotetor e whey protein. Menores valores de whiteness foram observados quando não se utilizou crioprotetor ou quando se utilizou a sacarose.

Os valores encontrados para o surimi de tilápia não estão dentro do padrão esperado, cujo valor de L deve ser maior que 50 e a brancura entre 40 a 54 (Alvarez-Parrilla et al., 1997). Portanto, todos os valores obtidos no presente estudo ficaram abaixo do padrão esperado. De acordo com Tabilo-Munizaga e Barbosa-Cánovas (2004), a adição de aditivos como amidos eleva os valores de brancura do surimi, o que não foi observado neste trabalho, provavelmente devido à lavagem manual ter sido insuficiente para eliminar as substâncias que alteram a coloração. Fogaça (2009) verificou que quanto maior o número de lavagens, maior a brancura do produto pela eliminação de sangue e substâncias odoríferas.

Apesar de ter ficado fora do padrão esperado, dentre os crioprotetores utilizados, o sorbitol foi o que proporcionou maiores valores de whiteness aos surimis. Quando não se utilizou nenhum crioprotetor, o whey protein conferiu maior brancura aos surimis.

Rawdkuen & Benjakul (2008), que estudaram os efeitos do concentrado whey protein na inibição da autólise e propriedades de gel do surimi produzido com espécies de peixes tropicais, verificaram que o whey protein não apresentou efeitos significativos a 1% e 2%; no entanto, a 3% (peso/peso) diminuiu significativamente a brancura dos géis, provavelmente devido à coloração natural predominante do whey protein, que é a cor creme, reduzindo levemente a brancura do gel de surimi. Os resultados obtidos por esses autores, mesmo quando utilizaram 3% de whey protein, foram de 78,26; 71,48; 80,86 e 77,24, ou seja, foram maiores e mais desejáveis do que os observados no presente estudo.

A farinha de banana reduziu muito a brancura dos surimis provavelmente devido à presença de taninos. A oxidação de alguns taninos, como as catequinas e galotaninos com condensação subsequente, leva à formação de flavinas, as quais são responsáveis pela coloração avermelhada dos chás pretos. A influência na coloração, juntamente com a adstringência, são funcionalidades que os polifenóis fornecem aos alimentos. Os complexos taninos-proteínas envolvem pontes de hidrogênio e interações hidrofóbicas, podendo gerar ligações cruzadas covalentes entre grupos amida e sulfidril, quando os fenólicos são oxidados (Cassab & Varner,

1988) Proteínas com elevado conteúdo de prolina tem uma maior afinidade com taninos que outras proteínas. (Damodaran, 2010)

3.2.5 Rendimento após cocção

Nas Tabelas 14 e 15, encontram-se os resultados relativos ao rendimento após cocção dos diferentes surimis de resíduos de tilápia, avaliados no dia da elaboração e aos 120 dias após a elaboração dos surimis, contendo ou não crioprotetores e inibidores de proteases.

Tabela 14 Teores médios do rendimento após cocção de surimis elaborados com diferentes crioprotetores e inibidores de proteases avaliados no dia da elaboração.

CRIOPROTETORES	INIBIDORES DE PROTEASES		
	Albumina	Sem inibidor	Whey protein
Sem crioprotetor	93,1875bA	61,6750cC	79,5725cB
Sorbitol	100,1825aA	97,5350aA	94,0700bB
Sacarose	103,6300aA	98,1525aB	93,5425bC
Farinha de banana	102,8725aA	92,0600bC	97,0275aB
CV%	1,89		
Erro padrão	0,8767		

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste Scott-Knot ($P < 0,01$).

Tabela 15 Teores médios do de rendimento após cocção de surimis elaborados com diferentes crioprotetores e inibidores de proteases avaliados 120 dias após a elaboração.

CRIOPROTETORES	INIBIDORES DE PROTEASES		
	Albumina	Sem inibidor	Whey protein
Sem crioprotetor	98,3175cA	71,4050bC	81,9900bB
Sorbitol	104,1925aA	100,0500aB	99,1450aB
Sacarose	105,1050aA	101,1350aB	98,6250aC
Farinha de banana	101,8075bA	101,0350aA	97,2650aB
CV %	1,10		
Erro padrão	0,5314		

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste Scott-Knot ($P < 0,01$).

O rendimento após a cocção dos surimis de resíduos de tilápia avaliados, no dia da elaboração e aos 120 dias, variaram de 61% (quando se não se utilizou crioprotetor nem inibidor de proteases) a 105,11% (quando se elaborou com a sacarose como crioprotetor e albumina como inibidor de proteases).

Considerando-se o rendimento após cocção no início deste estudo, observou-se que a não utilização de crioprotetor, combinado à albumina, foi o que apresentou maior rendimento. Valores intermediários foram obtidos quando se utilizou o whey protein e menores valores quando não se utilizou nenhum inibidor de proteases. Quando os crioprotetores foram o sorbitol, a sacarose e a farinha de banana, os maiores rendimentos também foram obtidos quando se utilizou a albumina e, na combinação sorbitol e ausência de inibidor de proteases. Valores intermediários foram obtidos nas combinações sorbitol e whey protein, sacarose e ausência de inibidor de proteases e farinha de banana e whey protein. Menores rendimentos foram obtidos quando se utilizaram sacarose e whey protein e farinha de banana e ausência de inibidor de proteases.

Após 120 dias de congelamento, os valores de rendimento após a cocção foram superiores aos observados no dia em que os surimis foram elaborados. Em todos os crioprotetores analisados, as composições contendo albumina sempre apresentaram maior rendimento que as demais e igualando-se estatisticamente à combinação farinha de banana sem inibidor de proteases. Valores intermediários foram observados nas combinações sorbitol e sacarose na ausência de crioprotetor, sorbitol e whey protein e ausência de crioprotetor e whey protein.

Os menores valores foram obtidos nas combinações sacarose e whey protein e na ausência de crioprotetor e de inibidor de proteases.

Considerando-se o efeito de cada crioprotetor dentro de cada inibidor de protease, no início deste trabalho, verificou-se que quando o crioprotetor foi a albumina, surimis elaborados com sorbitol e sacarose tiveram maiores rendimentos após cocção dos que os elaborados com farinha de banana, seguidos pelos elaborados sem crioprotetor. Quando não se utilizou nenhum inibidor de proteases ou se utilizou o whey protein, o sorbitol, a sacarose e a farinha de banana igualaram-se estatisticamente e foram superiores ao tratamento em que não se utilizou nenhum crioprotetor.

Após 120 dias de congelamento, dentro de cada um dos inibidores de proteases, verificou-se que quando o inibidor de proteases foi a albumina, surimis elaborados com sorbitol e sacarose tiveram maiores rendimentos após cocção dos que os elaborados com farinha de banana, seguidos pelos elaborados sem crioprotetor. Quando não se utilizou inibidor de

proteases ou quando se utilizou whey protein, surimis elaborados com sorbitol, sacarose e farinha de banana tiveram maiores rendimentos após cocção do que os elaborados sem crioprotetor.

De maneira geral, os maiores rendimentos ($P < 0,01$) foram encontrados quando a albumina de ovo foi utilizada. Pelos valores encontrados, pode-se inferir que, com a cocção, houve um aumento de peso dos surimis, ou seja, houve ganho no cozimento, provavelmente devido à rede tridimensional que aprisiona moléculas de água. Essa rede se forma quando tanto as proteínas da albumina quanto as proteínas das miofibrilas do surimi se desnaturam com o aquecimento e se rearranjam, formando tal estrutura.

Almeida (2010), estudando o efeito da transglutaminase e albumina de ovo na perda de peso de reestruturados cozidos congelados de frango, verificou que os tratamentos com adição de albumina de ovo em pó de forma isolada ou em combinação com carne mecanicamente separada (CMS) tiveram uma maior perda significativa de peso após descongelamento, podendo ser explicada devido à albumina de ovo que forma a rede tridimensional pelo processo de gelificação; porém, a integridade física do gel depende do balanço entre as forças de atração e repulsão das moléculas de proteínas envolvidas no sistema. Se as forças de atração predominam, a coagulação é formada, e a água sai da matriz da rede. Se as forças de repulsão dominam, uma rede tridimensional não pode ser formada. O excesso de forças de atração causa coagulação e o excesso de forças de repulsão causa dissolução das estruturas da rede (Kinsella, 1984)

Os crioprotetores utilizados: sorbitol e sacarose também contribuíram com os rendimentos superiores ($P < 0,01$), principalmente após 120 dias de congelamento. Isso pode ser explicado pela função precípua que o crioprotetor exerce, que é a de proteger as proteínas miofibrilares no congelamento. Eles agem na ligação com moléculas de água ao redor da proteína, retendo, assim, a água livre e, ao mesmo tempo cobrindo a superfície das proteínas, prevenindo sua coagulação. Isso ocorre, pois esses compostos possuem mais de dois radicais distantes entre si, que podem se ligar ao mesmo tempo com a molécula de água e de proteína. (Minozzo & Vaz, 2007)

Barreto e Beirão (1999) utilizaram sorbitol (4%) e tripolifosfato de sódio (0,5%) como crioprotetores para a produção de surimi de tilápia, já Vaz (2005), utilizou como crioprotetores 3% de sacarose e 0,2% de polifosfato. Quanto maior o nível de crioprotetores adicionados à pasta de pescado, mais firmes e coesos serão os géis produzidos, com aumento na capacidade de retenção de água e estabilidade ao descongelamento. No entanto, níveis muito elevados podem comprometer o sabor do produto final (Minozzo & Vaz, 2007).

3.2.6 Força de cisalhamento

Na Tabela 16, encontram-se os resultados relativos à força de cisalhamento do gel dos diferentes surimis de resíduos de tilápia, avaliados no dia da elaboração e aos 120 dias após a elaboração dos surimis, contendo ou não crioprotetores e inibidores de proteases.

Tabela 16 Teores médios da força de cisalhamento (Kg.f/cm²) dos géis de surimi elaborados com diferentes crioprotetores e inibidores de proteases avaliados no dia da elaboração.

CRIOPROTETORES	INIBIDORES DE PROTEASES		
	Albumina	Sem inibidor	Whey protein
Sem crioprotetor	3759,50bC	6292,25aB	10028,00aA
Sorbitol	3080,00bA	2964,50bA	2978,75bA
Sacarose	2384,50bA	2530,75bA	1932,50bA
Farinha de banana	5902,25aA	2566,00bB	3529,25bB
CV %	18,81		
Erro padrão	375,63		

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste Scott-Knot ($P < 0,01$).

A força de cisalhamento dos géis de surimi de resíduos de tilápia variaram de 1932,50 (quando se utilizou sacarose como crioprotetor e whey protein como inibidor de proteases) a 10028,00 (quando se elaborou sem crioprotetor e whey protein como inibidor de proteases).

Considerando-se os resultados de força de cisalhamento obtidos, observou-se que quando não se utilizou crioprotetor, a utilização de whey protein fez com que a força de cisalhamento fosse a maior de todo o estudo; valores intermediários foram observados quando também não se utilizou inibidor de proteases e o menor valor foi observado quando se utilizou a albumina. Quando se utilizou sorbitol ou sacarose como crioprotetores, a força de cisalhamento foi igual estatisticamente em todos os inibidores de proteases estudados. Quando a farinha de banana foi utilizada como crioprotetor, a maior força de cisalhamento foi observada no tratamento em que se utilizou a albumina. Menores forças de cisalhamento foram verificadas quando não se utilizaram inibidores de proteases e whey protein.

Considerando-se o efeito de cada crioprotetor dentro de cada inibidor de protease, pode-

se verificar que quando o inibidor foi a albumina, as maiores forças de cisalhamento foram observadas nos tratamentos em que se utilizaram crioprotetores e, no tratamento em que os crioprotetores não foram utilizados, apresentou menor força de cisalhamento. Quando não se utilizou inibidor de proteases e quando se utilizou whey protein, obteve-se maior força de cisalhamento quando não se utilizou crioprotetor do que quando eles foram utilizados.

Como a força de cisalhamento avalia a resistência do surimi ao corte ou “mordida”, menores valores são mais indicados; porém, não existem padrões ou valores sugeridos pela literatura; portanto, os resultados devem ser comparados entre os tratamentos apenas. (Chen et al., 1993). No presente estudo, os crioprotetores sorbitol e sacarose, quando combinados com os inibidores de proteases whey protein e albumina, foram os que apresentaram os menores valores de força de cisalhamento.

Rawdkuen & Benjakul (2008) estudaram os efeitos do concentrado whey protein na inibição da autólise e propriedades de gel do surimi produzido com as espécies de peixes tropicais e verificaram que a força de cisalhamento e a deformação do gel kamaboko de todos os surimis aumentaram-se com o aumento dos níveis de whey protein. Isso foi associado aos baixos níveis de degradação da proteína, evidenciados pela diminuição do conteúdo de peptídeos solúveis em ácido tricloroacético.

Os tratamentos deste estudo em que a umidade dos surimis estava dentro dos limites considerados bons na classificação elaborada para o surimi de Alaska pollack, também apresentaram menor força de cisalhamento. Kuhn (2003) cita que o teor de umidade é um dos fatores críticos no processamento do surimi e exerce influência na textura do gel kamaboko. Valores de umidade abaixo de 80% são determinantes para a formação de um gel de boa qualidade, com reestruturação adequada das fibras (Ogawa, 1999), uma condição fundamental para obter melhor textura no produto final.

3.2.7 Resistência do surimi

Na Tabela 17, encontram-se os resultados relativos à resistência de diferentes surimis de resíduos de tilápia, avaliados no dia da elaboração e aos 120 dias após a elaboração dos surimis, contendo ou não crioprotetores e inibidores de proteases.

Tabela 17 Teores médios de resistência de surimis elaborados com diferentes crioprotetores e inibidores de proteases avaliados no dia da elaboração.

CRIOPROTETORES	INIBIDORES DE PROTEASES		
	Albumina	Sem inibidor	Whey protein
Sem crioprotetor	112,0bA	107,7bA	94,0bB
Sorbitol	138,0aA	134,2aA	106,2aB
Sacarose	139,7aA	146,7aA	118,5aB
Farinha de banana	108,2bA	99,2bA	94,0bA
CV %	6,65		
Erro padrão	0,0038		

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste Scott-Knot ($P < 0,01$).

A resistência do surimi de resíduos de tilápia variou de 94,0 g (quando se elaboraram surimis sem crioprotetor e whey protein como inibidor de proteases ou quando utilizaram farinha de banana como crioprotetor e whey protein como inibidor de protease) a 146,7 g (quando se elaborou com sacarose como crioprotetor e sem inibidor de proteases).

Considerando-se os resultados de resistência do surimi obtidos, observou-se que para todos os tipos de crioprotetor avaliados, maiores valores de resistência do surimi foram observados quando ou não se utilizou inibidor de protease ou quando utilizou a albumina e também quando se combinou farinha de banana e whey protein. Menores valores de resistência foram observados quando utilizou-se o whey protein como inibidor de proteases em todos os crioprotetores estudados, exceto em farinha de banana.

Considerando-se o efeito de cada crioprotetor dentro de cada inibidor de protease, pode-se verificar que, em todos os tratamentos de inibição de proteases, os maiores valores de resistência foram obtidos quando foram utilizados o sorbitol e a sacarose como crioprotetor e menores valores de resistência do surimi quando ou não se utilizou crioprotetor, ou quando se utilizou farinha de banana.

4 CONCLUSÃO

As análises químicas do gel kamaboko formado obtiveram valores de umidades de 77,20% (sacarose + whey protein) a 85,92% (sem crioprotetor e sem inibidor de proteases); proteínas de 10,61% (farinha de banana e sem inibidor de proteases) a 17,65% (sacarose + whey protein); lipídios de 1,88% (farinha de banana + albumina) a 3,49% (sem crioprotetor e sem inibidor de proteases) e cinzas de 0,31% (sem crioprotetor e sem inibidor de proteases) a 0,8 (sacarose + albumina).

Pelas análises instrumentais, obteve-se rendimento entre 61% (sem crioprotetor e sem inibidor de proteases) e 105,11% (sacarose + albumina), força de cisalhamento entre 1932,5Kgf/cm² (sacarose + whey protein) e 10.028,0Kgf/cm² (sem crioprotetor + whey protein), resistência do gel de 94 g (sem crioprotetor + whey protein) e 146,7g (sacarose e sem inibidor de proteases) e whiteness de 6,24 (farinha de banana e sem inibidor de proteases) a 37,88 (sorbitol e sem inibidor de proteases).

Sacarose combinada com *whey protein* foi a combinação que proporcionou os melhores resultados em termos de teores de umidade, de proteína, de força de cisalhamento e de resistência do gel. Por outro lado, a farinha de banana e a albumina de ovo alteraram significativamente a cor dos surimis elaborados.

Tendo em vista que a brancura é uma característica desejável no surimi, dentre os crioprotetores utilizados, a farinha de banana, e dentre os inibidores de proteases, a albumina, apesar de apresentarem algumas características desejáveis, apresentaram o inconveniente de escurecer a polpa do surimi.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Silagens ácidas e surimis são tecnologias que, apesar de serem mais voltadas para pequenos e grandes produtores, respectivamente, como são relativamente simples, podem ser utilizadas por produtores de todos os portes, e a boa qualidade do resíduo o torna tão promissor quanto a matéria-prima.

A silagem ácida de resíduos de pescado é uma maneira de aproveitar os resíduos, de forma que eles mantenham sua composição o mais próximo possível da composição da matéria prima. Vários tipos de ácidos e proporções entre eles podem ser utilizados, sendo que a facilidade de obtenção deles e o preço são fatores importantes no momento da escolha.

O surimi ainda não é um produto popular no Brasil, mas pode seguir a tendência mundial de crescimento em seu consumo. Além disso, a busca por produtos mais saudáveis e ambientalmente amigáveis têm sido cada vez mais procurados. Portanto, o estudo de formas que facilitem a elaboração de surimi e a utilização de espécies cultivadas no Brasil é de fundamental importância.

REFERÊNCIAS

- AKASAWA, H.; MIYAUCHI, Y. SAKURADA, K.; WASSON, D.H.; REPPOND, K.D. Evaluation of protease inhibitors in Pacific Whiting surimi. **Journal of Aquatic and Food Products Technology**, v. 2, n.3, p. 79-95, 1993.
- ALFARO, A.T; COSTA, C.S.DA; LANES, G.F.C; TORRES, L.; SOARES, G.J.D; PRENTICE, C.H. Parâmetros de processamento e aceitabilidade de apesuntado elaborado com surimi de pescada-foguete (*Macrodon ancylodon*). **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v.15, n.3, p.259-265, 2004.
- ALMEIDA, M.A.DE **Transglutaminase e albumina de ovo em reestruturados cozidos congelados de frango**. Piracicaba, 2010. 92p. Dissertação (Mestrado Escola Superior Luiz de Queiroz) Piracicaba, SP.
- 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.
- AN, H.; WEERASINGHE, V.; MORRISSEY, M.T. et al. Cathepsin degradation of Pacific whiting surimi proteins. **Journal of Food Science**, v. 59, p. 1013-1017, 1994.
- AN, H.; PETERS, M.Y.; SEYMOUR, T.A. Roles of endogenous enzymes in surimi gelation. **Trends in Food Science and Technology**, v.7, p. 321-326, 1996.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analyses of the Association of Official Analytical Chemists**. 15. ed. Washington, 1990. 1117 p.
- BALANGE, A; BENJAKUL, S. Enhancement of gel strength of bigeye snapper (*Priacanthus tayenus*) surimi using oxidized phenolic compounds. **Food Chemistry**, v.19, n.1, p.61-70, 2008
- BARRETO, P.L.M.; BEIRÃO, L.H. Influência do amido e carragena nas propriedades texturiais de surimi de tilápia (*Oreochromis sp.*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.19; n.2; Campinas, May/Aug. 1999.
- BENITES, C. I. **Farinha de silagem de resíduo de pescado: elaboração, complementação com farelo de arroz e avaliação biológica em diferentes espécies**. 2003. 159 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência dos Alimentos) - Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, RS.
- BERRY, B.W. Low fat level effects on sensory, shear, cooking and chemical properties of ground beef patties. **Journal of Food Science**, v. 57, n. 3, p.537-540.1992.
- BOSCOLO, W. R. **Farinha de resíduos da indústria de filetagem de tilápia na alimentação da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)**. 2003. 83 p. Tese (Dourorado em Zootecnia) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR.

- BALANGE,A.; BENJAKUL,S. Enhancement of gel strength of bigeye snapper (*priacanthus tayenus*) surimi using oxidized phenolic compounds. **Food Chemistry**. V. 113, n. 1, p. 61 – 70, 2009.
- BRANS, G.; SCHROËN, C.G.P.H.; VAN DER SMAN, R.G.M.; BOOM, R.M. Membrane fractionation of milk: state of the art and challenges. **Journal of Membrane Science**., v. 243, n. 1-2, p. 263-272, 2004.
- CASSAB,G.I.; VARNER,J.E. Cell wall proteins. **Annual Reviv of Plant Phisiology and Plant Molecular Biology**. V. 39, p. 321-353, 1988.
- 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.
- DAMODARAN,S.; PARKIN,K.L.; FENNEMA,O. **Química de alimentos de Fennema**. (4ª ed.). Porto Alegre: ARTMED, 2010. 900p.
- DUCEPT,F.; BROUCKER,T.DE; SOULIE,J.M.; TRYSTRAM,G.; COUVELIER,G. Influence of the mixing process on surimi seafood paste properties and structure. **Journal of Food Engineering**. V. 108, n.4, p. 557-562, 2012.
- FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos, SP: UFSCar, 2000. p. 255-258.
- FOGAÇA,F.H. DOS S. **Caracterização do surimi de tilápia do Nilo: morfologia e propriedades físicas, químicas e sensoriais**. 2009. 75p.Tese (Doutorado em Zootecnia) Universidade Estadual Paulista, Centro de Aquicultura, Jaboticabal, SP.
- GALVÃO,G.C DOS S.; LOURENÇO,L. DE F. H.; RIBEIRO, S. DA C.A.; RIBEIRO, C. DE F. A.; PARK,K.J.; ARAUJO,E.A.F. Microbiological and physicochemical characterization of surimi obtained from waste of piramutaba fillet. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 32, n. 2, p. 302-307, 2012.
- ISHIKAWA, N.; NAKAMURA, H.; FUJII, Y. **IBID**, **90**, 1997.
- JAIGOBIND, A.G.A.; AMARAL, L.; JAISINGH, S. Processamento da banana. Dossiê técnico. Instituto de Tecnologia do Paraná. 2007. Disponível em: <<http://www.sbrrt.ibict.br/dossie-tecnico/downloadsDT/MTI5>>. Acesso em: 10 out.2010.
- JAMAS, E. **Valor agregado aos resíduos do processamento de tilápia: aspectos tecnológicos, químicos e microestruturais**. 2012. 48p. Dissertação. Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2012
- JAMES, N. A., BERRY, B. W. Use of chevon in the development of low-fat meat products. **J. Anim. Sci.** v.75, p. 571-577, 1997.

JARENBACK, L.; LILJEMARK, A. Ultrastructural changes during frozen storage of cod (*Gadus morhua*). **Journal of Food Technology**, v. 10, p. 229-239, 1975

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

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.

KUHN, C. R.; SOARES, G. J. D.; HERNÁNDEZ, C. P.; VENDRUSCOLO, J. L. da S. **Avaliação da força de gel de surimi de resíduos de pescada-foguete (*Macrodon ancylodon*) enriquecido com aditivos proteicos**. B.CEPBP.AC, v. 21, n.2, p. 239-248, 2003.

KUHN, C.R. **Geleificação termo-induzida do surimi de Jundia (*Rhamdia quelen*) com inibidores de proteases**. 2006. 95f. Tese (Doutorado em Ciências) –Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

KUHN, C. R.; FILGUEIRAS, R. S.; TORRES, L. M.; VENDRUSCOLO, J. L.S.; SOARES, G. J. D. **Caracterização textural e físico-química do gel de surimi de jundiá (*Rhamdia quelen*)**. B.CEPPA, v. 25, n. 2, p. 305-31, 2007.

KUHN, C. R.; PRENTICE, C. Estudo tecnológico para obtenção de surimi utilizando resíduos do processamento de pescada-foguete (*Macrodon ancylodon*), Cap. 06, In: Prêmio Jovem Cientista: Oceanos, Fonte de Alimentos. Publicação resumida dos trabalhos vencedores. **Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, CNPq**, Rio de Janeiro, p. 181-211, 1999.

LEE, C. M. Surimi process technology. **Food Technology**, v.38, n. 11, p. 69-80, 1984.

LEE, C. M. Surimi manufacturing and fabrication of surimi based products. **Food Technol.**, v 40, n.3, p 115–124, 1986.

MACHADO, Z.L. **Tecnologia de recursos pesqueiros: parâmetros, processos, produtos**. Recife: SUDENE-DRN-Divisão de Recursos Pesqueiros, 1984. 277p.

MANGINO, M. E. Gelation of whey protein concentrates. **Food Technology**, v. 46, n.1, p. 114-117, 1992.

MARTINS, W.S. **Inquérito exploratório referente à geração, armazenamento, transporte e descarte de resíduos em indústrias de pesca do Brasil**. 2011. 99p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

MELO,S.C.R.P.; FREITAS,M.Q.DE; CLEMENTE,S.C.DE S.; FRANCO,R.M.; NOGUEIRA,E.B.; PINTO,M.D.S.R. Caracterização química e bacteriológica de polpa de surimi obtidos do espinhaço residual da filetagem de tilápia. **Ciência Rural**, v.40, n.3, p.648-653, 2010.

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. de; 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, 2005.

MORAIS, C. **Carne de pescado separada mecanicamente: Obtenção e utilização**. Campinas, Instituto de Tecnologia de Alimentos. 1994.

MORRISSEY, M. T.; WU, J. W.; LIN, D. et al. Protease inhibitor effects on torsion measurements and autolysis of Pacific whiting surimi. **Journal of Food Science**, v. 58, p.1050-1054, 1993.

MORR, C.V.; FOEGEDING, E.A. Composition and functionality of commercial whey and milk protein concentrates and isolates: A status report. **Food Technology**, v.44, n.4, p. 100-112. 1990.

NIWA, E.; NAKAJIMA, G.; HAGIWARA, N. On the retardation of modori in kamaboko processing. **Bulletin of Japanese Society of Science Fisheries**, v. 41, p. 1293, 1975.

PARVATHY, U. GEORGE, S. Influence of crioprotectant levels on storage stability of surimi from *Nemipterus japonicus* and quality of surimi-based products. **Journal do Food Science and Technology**, v.10, n.1, p. 357-398. 2011.

OGAWA, M.; MAIA, E. L. **Manual de pesca**. São Paulo: Varela, 1999. 332 p

ORDÓÑEZ-PENEDA, J.A. Tecnologia de alimentos – Vol 2. **Alimentos de origem animal**. Porto Alegre: ARTMED Editora. 2005. 208 p.

PARK, J.W.; LIN, J.T.M. Surimi: manufacturing and evaluation. In: PARK, J.W. **Surimi and surimi seafood**. 2 ed. Boca Raton: Taylor & Francis Group, p. 33-106, 2004.

PIYACHOMKWAN, K.; PENNER, M. H. Inhibition of Pacific whiting surimi-associated protease by whey protein concentrate. **Journal of Food Biochemistry**, v. 18, p. 341-353, 1995.

RAWDKUEN, S.; BENJAKUL, S. Whey protein concentrate: autolysis inhibition and effects on the gel properties of surimi prepared from tropical fish. **Food Chemistry**, v. 106, p. 1077-1084, 2008.

RAWDKUEN, S.; SAI-UT, S.; KHAMSON, S.; CHAIJAN, M.; BENJAKUL, S. Biochemical and gelling properties of tilapia surimi and protein recovered using an acid-alkaline process. **Food Chemistry**. V. 112, p. 112 – 119, 2009.

REPPOND, K.D.; BABBIT, J.K. Gel properties from various fish species as affected by moisture content. **Journal of Food Science**, v.62, n.1, p. 33-36, 1997.

SALES, R.DE O.; SALES, A.M. Estudo da composição química e rendimento de dez espécies de água doce de interesse comercial nos açudes do nordeste brasileiro. **Ciências Agrônômicas**, 3, n. 21, p. 27-30, 1990.

SIKORSKI, Z.E.; KOLAKOWSKA, A.; SU PAN, B. **The nutritive composition of the major groups of marine foods organisms**. Boca Raton (USA): CRC Press Inc.; 1990. 248 p.

SIKORSKI, Z. E. Tecnología de los productos del mar: recursos, composición nutritiva y conservación. **Zaragoza, España. Ed. Acríbia, S. A., 1994.**

SIMÕES, M.R.; RIBEIRO, C. DE F.A.; RIBEIRO, S. DA C.A.; PARK, K.J.; MURR, F.E.X. Composição físico-química, microbiológica e rendimento de filé de tilápia tailandesa (*Oreochromis niloticus*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 3, p. 608-613, 2007.

SPINELLI, J.; DASSOW, J.A. Fish proteins: their modification and potential uses in the food industry. In: MARTIN, R.E.; FLICK, G.J.; WARD, D.R. **Chemistry and Biochemistry of marine food products**. Westport: AVI Publishing Co., 1982, 474p.

STOKNES, I.; RUSTAD, T. Proteolytic activity in muscle from Atlantic Salmon (*Salmo salar*). **Journal of Food Science**, v.60, n.4, p.711-714, 1995.

SUZUKI, T. **Fish and krill protein: processing Technology**. Applied Science Publishers, Barking. Essex, 1981.

SUZUKI, T. **Tecnología de las proteínas de pescado y krill**. Zaragoza, España. Editorial Acribia S. A., 1987.

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.

TAHA, P. **Estudo de viabilidade técnico-econômica da produção de surimi**. 1996. 34p. Disponível em: <http://www.eps.ufsc.br/disserta96/taha/index/index.htm>.

VAZ, S.K. **Elaboração e caracterização de lingüiça fresca “tipo toscana” de tilápia (*Oreochromis niloticus*)**. 2005. 113p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.

VENUGOPAL, V.; SHAHIDI, E. Value-added products from underutilized fish species. **Crit Rev. Food Science Nutrition**, v. 35, n.5, p.431-453, 1995.

VIANA JÚNIOR, N. **Farinha de banana madura: processo de produção e aplicações**. 2010. 57p. Dissertação. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

XIONG, G.; CHENG, W.; YE, L.; DU, X.; ZHOU, M.; LIN, R.; GENG, S.; CHEN, M.; CORKE, H.; CAL, Y. Effects of konjac glucomannan on physicochemical properties of miofibrillar protein and surimi gels from grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). **Food Chemistry**. V. 116, n. 2, p. 413 – 418, 2009.