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

**Prospecção de componentes bioativos em resíduos do
processamento do pescado visando a sustentabilidade da cadeia
produtiva**

Lika Anbe

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

**Piracicaba
2011**

Lika Anbe
Engenheira de Alimentos

**Prospecção de componentes bioativos em resíduos do processamento do
pescado visando a sustentabilidade da cadeia produtiva**

Orientadora:
Prof.^a Dra. **MARÍLIA OETTERER**

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

**Piracicaba
2011**

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

Anbe, Lika

Prospecção de componentes bioativos em resíduos do processamento do
pescado visando a sustentabilidade da cadeia produtiva / Lika Anbe. - - Piracicaba,
2011.

135 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2011.

1. Poluição ambiental 2. Processamento de alimentos 3. Resíduos 4. Sardinha
5. Silagem 6. Tilápia I. Título

CDD 664.94
A537p

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

Aos meus pais, Makoto Anbe e Hiroko Guiboshi Anbe, por todo apoio, confiança, amor,
e por tudo que me ensinaram.

DEDICO

Ao meu noivo, Norberto Issamu Esumi, por todo carinho e amor.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A Deus pela força divina e mais essa conquista.

À Prof^a Dr^a Marília Oetterer pela orientação, amizade, confiança, dedicação, exemplo de profissionalismo e amor à pesquisa;

À minha co-orientadora Dr^a Lia Ferraz de Arruda Sucasas pelas correções, sugestões, pelo exemplo de profissionalismo, dedicação e pela eterna amizade;

Ao Pesquisador da Embrapa Dr Ricardo Borghesi pelas correções, ensinamentos e amizade;

Às colegas Dr^a Erika da Silva Maciel e Dr^a Juliana Antunes Galvão pelas correções e sugestões;

À Pesquisadora do Laboratório de Referência em Tecnologia do Pescado do Instituto de Pesca, Dr^a Marildes Josefina Lemos Neto pelas correções e sugestões;

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo e ao Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela formação profissional;

Ao Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição da ESALQ-USP, por toda estrutura e assistência necessária à realização dessa pesquisa;

À minha família, meu pai Makoto Anbe e minha mãe Hiroko Guiboshi Anbe pelo exemplo de força, dedicação e honestidade, e principalmente pelo amor. Às minhas queridas irmãs Agnes Yuri Anbe e Miwa Anbe pelo amor, confiança, carinho, cumplicidade, ou simplesmente pelo fato de fazerem parte da minha vida;

Ao meu querido noivo Norberto Issamu Esumi por estar sempre ao meu lado, auxiliando, incentivando e apoiando em todos os momentos e por ser tão dedicado e companheiro;

A todos os docentes e funcionários do Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição da ESALQ-USP, em especial ao Laboratório de Pescado (GETEP) pela amizade e apoio;

Aos Professores Dr. Cláudio Rosa Gallo, Dr^a Marisa Aparecida Bismara Reginato d'Arce, Dr^a Carmen Josefina Contreras Castillo e Dr. André Ricardo Alcarde pelas imprescindíveis orientações e sugestões;

Aos amigos do laboratório de Pescado: Ligianne Din Shirahigue, Ingridy Simone Ribeiro Cabral, Werner Souza Martins, Priscila Eloi Martins, Victor Campos Golegã, Amanda de Freitas Vieira, Luiz Gustavo Franzini Travagin e Iris Gabrielle Alves Barbosa pela amizade e apoio nas análises práticas do experimento;

Aos amigos da Pós-graduação: Daniele Leal, Zilmar Pimenta, Juliana Trigo, Priscila Robertina dos Santos, Gabrielle Aparecida Cardoso e principalmente ao Bruno Miguel dos Santos Monteiro pela companhia, ajuda e grande amizade;

À amiga Natalia Andrade Zancan pela amizade em todos os momentos e pelo auxílio em metodologias;

Ao laboratório de análises químicas CBO Assessoria & Análises, principalmente as Sras. Oneida Vasconcellos e Lisandre Maia da Cunha.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudo concedida;

E, por fim, a todos aqueles que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho

"Bom mesmo é ir à luta com determinação,
Abraçar a vida e viver com paixão,
Perder com classe e vencer com ousadia,
Pois o triunfo pertence a quem se atreve...
E a vida é muito para ser insignificante."

Charles Chaplin

SUMÁRIO

ABSTRACT	13
LISTA DE FIGURAS.....	15
LISTA DE TABELAS	17
1 INTRODUÇÃO	19
2 GERAÇÃO E APROVEITAMENTO DO RESÍDUO DE PESCADO	21
Resumo	21
Abstract	22
2.1 Introdução.....	23
2.2 Qualidade nutricional do pescado	25
2.3 Geração de resíduo na cadeia produtiva de pescado.....	28
2.4 Meio ambiente e o resíduo	31
2.5 Recuperação e transformação do resíduo	33
2.5.1 Hidrolisado protéico	34
2.5.2 Silagem.....	36
2.5.3 Compostos bioativos	39
2.5.4 Pepsina e peptona.....	40
2.6 Conclusão.....	41
Referências	42
Resumo	63
Abstract	65
3.1 Introdução.....	66
3.2 Desenvolvimento	71
3.2.1 Obtenção da silagem química de sardinha	71
3.2.2 Determinação do pH.....	74
3.2.3 Análise visual de acompanhamento	74
3.2.4 Composição centesimal	74
3.2.5 Fracionamento das silagens.....	75
3.2.6 Determinação da composição em aminoácidos.....	76
3.2.7 Extração de lipídeos da fração aquosa	76
3.2.8 Análise estatística.....	76

3.2.9 Resultados e discussão	77
3.2.9.1 Elaboração da silagem.....	77
3.2.9.2 Seleção dos agentes acidificantes.....	78
3.2.9.3 Composição do resíduo de sardinha	80
3.2.9.4 Aminoácidos presentes na silagem	83
3.2.9.5 Rendimento das frações	86
3.2.9.6 Fracionamento das silagens	90
3.3 Conclusão	95
Referências	96
4 ESTUDO DE CASO - RESÍDUO GERADO EM UNIDADE DE BENEFICIAMENTO DE TILÁPIA DO NILO	108
Resumo.....	108
Abstract.....	109
4.1 Introdução	110
4.2 Desenvolvimento.....	113
4.2.1 Localização	113
4.2.2. Instalações e manejo durante o cultivo das tilápias.....	114
4.2.3 Transporte do pescado até a unidade de beneficiamento	114
4.2.4 Unidade de beneficiamento	115
4.2.5 Processamento para obtenção de filés refrigerados.....	115
4.2.6 Identificação das etapas geradoras	117
4.2.7 Análise dos dados	118
4.3 Resultados e discussão	118
4.3.1 Quantificação dos resíduos.....	118
4.3.2 Custo e gerenciamento dos resíduos	124
4.4 Conclusão	126
Referências	127
5 CONCLUSÃO GERAL	135

RESUMO

Prospecção de componentes bioativos em resíduos do processamento do pescado visando a sustentabilidade da cadeia produtiva

O resíduo gerado nas indústrias de processamento de pescado representa sérios problemas de poluição ambiental pela falta de destino adequado a este material. As espécies que alcançaram melhor rendimento produzem cerca de 30 a 40% da fração comestível na forma de filés. O ideal seria utilizar a matéria-prima em toda a sua extensão para obtenção de co-produtos, evitando a própria formação do resíduo. Elaborou-se a silagem ácida de pescado através do resíduo do processamento de sardinha (*Sardinella brasiliensis*) como forma de aproveitamento integral da matéria-prima, constituídos por brânquias, vísceras, cabeças, escamas, espinhas dorsais e descartes de tecido musculares, incentivando a sustentabilidade desde a escolha do ácido e o aproveitamento de resíduos. A utilização do ácido cítrico (T1) como agente acidificador apresentou bons resultados em relação à mistura fórmico:propiónico (T2). Avaliou-se a estabilização das silagens, a aplicação da centrifugação (modelo 5810R, Eppendorf), sob rotação de 4840 x g; 0 °C; 20min para obtenção das frações e o rendimento de cada parcela. Para T1 foram obtidos 17,1% de fração lipídica, 27,2% de fração aquosa (F1) e 55,7% de fração sedimentada. Para T2 foram obtidos 15,1% de fração lipídica, 31,8% de fração aquosa (F2) e 53,1% de fração sedimentada. A silagem ao ser fracionada se torna uma alternativa tecnológica com possível utilização em diferentes áreas de atuação, pois em sua porção aquosa (F), há presença de todos os aminoácidos essenciais. O aminoácido em maior concentração foi o ácido glutâmico em T1 e F1, sendo 12,3 e 11,53 g/100g de proteína, respectivamente. Para T2 o maior valor encontrado foi para glicina, da ordem de 11,94 g/100g de proteína; e para F2 o ácido glutâmico, 11,25 g/100g de proteína. Os resultados indicaram a possibilidade das frações aquosas serem empregadas como peptonas, devido aos teores de aminoácidos existentes serem semelhantes e/ou superiores aos presentes em produtos comerciais. Buscou-se quantificar o resíduo gerado em um dia de processamento em uma unidade de beneficiamento de tilápias (*Oreochromis niloticus*), bem como verificar o custo para o possível aproveitamento deste. Obteve-se 61,15% de resíduo, sendo que, 28,23%; 17,12%; 7,97% e 7,83% eram constituídos de carcaças, cabeças, vísceras e peles. Sugeriu-se para a unidade de processamento, o encaminhamento dos resíduos para produção de co-produtos, como forma de aumentar a sustentabilidade sócio-econômica e ambiental da unidade de processamento.

Palavras-chave: Resíduo; *Sardinella brasiliensis*; *Oreochromis niloticus*; Poluição ambiental; Silagem; Fracionamento; Co-produto; Rendimento; Unidade de processamento

ABSTRACT

Prospecting of bioactive components in the fish processing for the sustainability of the production chain

The waste generated in the fish processing industries poses serious environmental pollution problems due to lack of suitable target for this material. The species that produced better yield reached about 30 to 40% fraction in the form of edible fillets. The ideal would be to use raw material in its entirety to obtain co-products, avoiding the very formation of the residue. We developed the acid silage of fish waste through the processing of sardines (*Sardinella brasiliensis*) as a way to use all the raw materials, consisting of gills, viscera, scales, spines and discharges of muscle tissue, encouraging sustainability from the choice of acid and waste recovery. The use of citric acid (T1) as sour agent showed good results in terms of mixing formic, propionic (T2). We evaluated the stabilization of the silage and the application of centrifugation (model 5810R, Eppendorf) under rotation 4840 x g, 0 °C, 20min to obtain the fractions and yield of each plot. The silage when it becomes an alternative fractional technology with potential use in different areas, because in the watery portion (F), is presence all the essential amino acids. In T1 obtained 17.1% of total lipids, 27.2% of aqueous fraction (F1) and 55.7% sedimented fraction. T2 were obtained for 15.1% of total lipids, 31,8% aqueous fraction (F2) and 53.1% sedimentad fraction. The amino acid concentration was higher in glutamic acid in T1 and F1, being 12.30 and 11.53 g.100g⁻¹ of protein, respectively. For T2 the highest value was found for glycine, the order of 11.94 g.100g⁻¹ of protein; for F2 the content was found for glutamic acid, 11.25 g.100g⁻¹ of protein. The results indicate the possibility of aqueous fractions were employed as peptones, due to the existing levels amino acid are similar and/or greater than those present in commercial products. We sought to quantify the waste generated in a day of processing a unit improvement of tilapia (*Oreochromis niloticus*) and check the cost for the possible use of this. We obtained 61.15% of waste, of which, 28.23%, 17.12%, 7.97% and 7.83% consisted of carcasses, heads, guts and skins. It has been suggested for the processing unit, the routing of the waste to produce co-products as a way to increase the socio-economic sustainability and environmental processing unit.

Keywords : Waste; *Sardinella brasiliensis*, *Oreochromis niloticus*; Environmental pollution; Silage; Fractionation; Co-product; Yield; Processing unit

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – GARDINHAS-VERDADEIRAS ADQUIRIDAS EM MERCADO VAREJISTAS.....	71
FIGURA 2 – GESÍDUOS DE SARDINHA	72
FIGURA 3 – GQUIPAMENTO TRITURADOR DE RESÍDUO	72
FIGURA 4 – GECIPIENTES PESADOS E PREPARADOS PARA ADIÇÃO DE ÁCIDOS.....	73
FIGURA 5 – GLUXOGRAMA DE OBTENÇÃO DA SILAGEM DE SARDINHA	73
FIGURA 6 – GEDIÇÃO DE PH DAS SILAGENS.....	74
FIGURA 7 – GLUXOGRAMA DO FRACIONAMENTO DAS SILAGENS DE SARDINHA	75
FIGURA 8 – GILAGEM ELABORADA COM ÁCIDO CÍTRICO (T1) E SILAGEM ELABORADORA COM MISTURA DE ÁCIDOS FÓRMICO:PROPIÔNICO (T2)	81
FIGURA 9 – GILAGEM APÓS CENTRIFUGAÇÃO COM SEPARAÇÃO DAS FASES.....	87
FIGURA 10 – GNIDADE DE BENEFICIAMENTO DE TILÁPIA	114
FIGURA 11 – GAPTURA DOS PEIXES COM UTILIZAÇÃO DE REDE DE ARRASTO.....	114
FIGURA 12 – GEÍCULO PARA TRANSPORTE DE PEIXE VIVO	115
FIGURA 13 – GLETAGEM MANUAL	116
FIGURA 14 – GEPARAÇÃO DAS PRINCIPAIS PARTES COMPONENTES DO PEIXE	116
FIGURA 15 – GLÉS RESFRIADOS EMBALADOS PARA COMERCIALIZAÇÃO.....	116
FIGURA 16 – GLUXOGRAMA DO PROCESSO DE BENEFICIAMENTO DE TILÁPIA	117
FIGURA 17 – GESÍDUOS DA FILATEGEM DE TILÁPIAS	124
FIGURA 18 – GLUXOGRAMA DO PROCESSO DE BENEFICIAMENTO DE TILÁPIA E APROVEITAMENTO DO RESÍDUO	125

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DAS SILAGENS E QUANTIDADE DE SOLUÇÃO ACIDIFICANTE EMPREGADA PARA CONTROLE DO PH	78
TABELA 2 – BOMPOSIÇÃO DO RESÍDUO UTILIZADO E DOS TRATAMENTOS (T1 E T2), EM G/100G DE MATÉRIA SECA.....	80
TABELA 3 – BOMPOSIÇÃO DE AMINOÁCIDOS EM G/100G DE PROTEÍNA PRESENTES NAS SILAGENS DE SARDINHA	84
TABELA 4 – BOMPOSIÇÃO EM AMINOÁCIDOS ESSENCIAIS CONTIDOS NAS SILAGENS COMPARADOS COM O PADRÃO DA FAO, EM G/100G DE PROTEÍNA.....	85
TABELA 5 – BOMPOSIÇÃO CENTESIMAL DOS TRATAMENTOS T1 E T2, DAS FRAÇÕES AQUOSAS, F1 E F2, E DO RESÍDUO BRUTO, EM G/100G DE MATÉRIA SECA.....	87
TABELA 6 – BENDIMENTO DAS FRAÇÕES OBTIDAS NOS TRATAMENTOS T1 E T2	88
TABELA 7 – BOMPOSIÇÃO EM AMINOÁCIDOS DAS FRAÇÕES AQUOSAS DAS SILAGENS, EM G/100G DE PROTEÍNA	92
TABELA 8 – BOMPOSIÇÃO DE AMINOÁCIDOS (G/100G DE PROTEÍNA BRUTA) DE PEPTONAS COMERCIAIS E DAS FRAÇÕES AQUOSAS F1 E F2.....	94
TABELA 9 – PESO DOS PEIXES E PORCENTAGEM DE RENDIMENTO DOS DIFERENTES RESÍDUOS APÓS FILETAGEM.....	119
TABELA 10 – BUSTOS ESTIMADOS PARA OBTENÇÃO DO FILÉ E PARA CADA PARTE DO RESÍDUO SÓLIDO GERADO NO PROCESSAMENTO EM FUNÇÃO DO VALOR DE COMPRA DA MATÉRIA-PRIMA.....	124

1 INTRODUÇÃO

A produção mundial do setor pesqueiro está projetada para aumentar em 1,3% ao ano até 2020. Em 2010, a produção brasileira de pesca de captura e aquicultura apresentou o montante de mais de 1,2 milhões de t (BRASIL, 2010).

Neste contexto, o setor pesqueiro necessita dispor de alternativas de gerenciamento dos resíduos provenientes das unidades de beneficiamento de pescado, procurando evidenciar uma produção industrial sustentável em busca da minimização do impacto ambiental com a preservação ecológica.

Os resíduos sólidos do pescado apresentam um considerável valor nutricional que viabiliza a aplicação de tecnologia para produção de co-produtos de qualidade, com o propósito de aumentar a capacidade da indústria em responder a demanda por produtos diferenciados, suprimindo as necessidades nutricionais por preços mais acessíveis.

Ao aplicar uma tecnologia adequada, o material residual pode ser convertido em produtos comerciais ou ser utilizado como matéria-prima para processos secundários. Essa transformação é de extrema importância uma vez que minimiza a poluição ambiental.

Uma alternativa é a elaboração da silagem ácida de resíduos de pescado, que se mostra eficiente em relação ao modo de preparação, conservação e potencialização em produzir outros co-produtos. O co-produto silagem possui características que favorecem a reutilização do material devido à presença de moléculas de alta qualidade nutricional que podem ser aplicadas como meio de cultura microbiano. O processo de fracionamento da silagem estabelece a divisão dos componentes presentes possibilitando o direcionamento das frações para aplicação em diferentes processos produtivos.

De forma geral, ainda não é comum a reciclagem do material residual da cadeia produtiva de pescado por falta de tecnologias que consorciem aspectos ambientais à lucratividade e que possibilitem ao pequeno produtor aumentar a sustentabilidade do seu empreendimento.

Esta pesquisa compõe o projeto “Gestão e sustentabilidade do agronegócio do pescado marinho com foco na reciclagem e utilização dos resíduos” edital Ciências do Mar (Processo 23038.051.665/2009), em desenvolvimento no Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição da ESALQ-USP e que busca desenvolver ações de natureza ambiental e tecnológica, para minimizar o impacto adverso dos descartes e sensibilizar os envolvidos na cadeia produtiva do pescado sobre a necessidade de minimização, tratamento e reciclagem do resíduo através do desenvolvimento de tecnologias aplicáveis.

Através do resíduo do processamento de sardinha (*Sardinella brasiliensis*), buscou-se elaborar a composição química e analisar os aminoácidos presentes nas silagens químicas elaboradas com ácidos cítrico e mistura de ácidos fórmico e propiônico, e suas frações aquosas para investigar a possibilidade de converter os resíduos em co-produtos mais valiosos, como peptonas para meios microbianos.

Paralelamente, foi realizado um estudo de caso para quantificação do resíduo gerado em um dia de processamento em uma unidade de beneficiamento no Estado do Paraná. Sugeriu-se para a unidade, o encaminhamento dos resíduos para produção de co-produtos visando aumentar a sustentabilidade sócio-econômica e ambiental da unidade.

O trabalho foi estruturado em:

- 1 Introdução geral
- 2 Fracionamento da silagem química de sardinha visando obtenção de peptonas
- 3 Resíduo gerado em unidade de beneficiamento de tilápia do Nilo – estudo de caso
- 4 Conclusão geral

2 GERAÇÃO E APROVEITAMENTO DO RESÍDUO DE PESCADO

Resumo

A pesca e a aquicultura são consideradas atividades estratégicas para a segurança alimentar sustentável do planeta, pois oferecem alimento protéico de qualidade e geram empregos. No Brasil, a sardinha (*Sardinella brasiliensis*) é o principal recurso pesqueiro advindo da pesca extrativa marinha e a tilápia (*Oreochromis niloticus*) é a espécie de maior produção da piscicultura de água doce, entretanto, durante a industrialização dessas espécies cerca de 50% da matéria-prima não é aproveitada. A crescente preocupação com a melhoria da qualidade ambiental e de vida exige o controle do processo industrial diante da necessidade de minimização do resíduo das indústrias de processamento. Devido à alta qualidade nutricional do pescado, com presença de todos os aminoácidos essenciais e ácidos graxos poliinsaturados, o ideal seria utilizar a matéria-prima em toda a sua extensão para obtenção de co-produtos, evitando a formação do resíduo. Uma alternativa seria destinar o material residual para a fabricação de silagem, por ser um produto de fácil elaboração e que não exige alto investimento. A elaboração de co-produtos advindos do processamento de pescado e o uso de espécies subutilizadas são alternativas para resolver a escassez de produtos protéicos de origem animal, propiciar a oferta de componentes bioativos, além de promover a redução do volume de resíduos sólidos oriundos do processamento de pescado, diminuindo um problema ambiental.

Palavras-chave: Resíduo; *Sardinella brasiliensis*; *Oreochromis niloticus*, Poluição ambiental; Co-produtos; Fracionamento; Silagem ; Componentes bioativos

Abstract

Fisheries and aquaculture activities are considered strategic for sustainable food security of the planet, as they provide high quality food protein and create jobs. In Brazil, the sardine (*Sardinella brasiliensis*) is the main fishery resource from the extractive marine fishing and tilapia (*Oreochromis niloticus*) is the most produced freshwater species, however, during industrialization of these species, 30 to 50% of the raw material is not utilized. The growing concern with improving the environmental quality and the life quality, requires control of the industrial process for the minimization of the waste from processing industries that representing serious pollution problems due to lack of suitable target for this material. Due to the high nutritional quality, with the presence of all essential amino acids and polyunsaturated fatty acids, the ideal would be to use raw material in its entirety to obtain co-products, avoiding the formation of the residue. An alternative would allocate the residue for the manufacture of hydrolysates from fish silage fractionation, because it is a product of easy preparation and does not require high investment. The development of co-products coming from the fish processing and the use of underutilized species are alternatives to solve the shortage of animal protein products, providing a range of bioactive components, and promote the reduction of the volume of solid waste from the fish processing, reducing an environmental problem.

Keywords: Waste; *Sardinella brasiliensis* ; *Oreochromis niloticus* ; Environmental pollution; Co-products; Fractionation; Silage; Bioactive components

2.1 Introdução

A produção brasileira de pescado aumentou 25% no período de 2002 a 2010, passando de 990.899 t para 1.240.813 t. No mesmo período, a aquicultura apresentou uma elevação de 43,8%, passando de 289.050 t para 415.649 t, enquanto que, a produção da pesca extrativa obteve um aumento de 5,4%, passando de 783.176 t para 825.164 t (BRASIL, 2010). A aquicultura mundial deverá superar a pesca extrativa, em 2015, como fonte mais importante de pescado para consumo humano (FAO, 2011).

Dentre os estados brasileiros com produção representativa na pesca extrativa marinha, no ano de 2009, destacam-se os estados de Santa Catarina, com 157 mil t, Pará com 90 mil t, Bahia com 81 mil t e Rio de Janeiro com 55 mil t (BRASIL, 2010).

A sardinha-verdadeira *Sardinella brasiliensis* (Steindachner, 1879) é o principal recurso pesqueiro do país, com uma produção de 83 mil t no ano de 2009 (BRASIL, 2010) gerando, em média, 35% a 47,8% de resíduos nas linhas de eviscerados e espalmados, respectivamente (FELTES et al., 2010).

A sardinha é uma espécie de peixe marinho que vive em grandes cardumes. Sua inclusão na alimentação ocorre há séculos, e sua forma de comercialização é diversificada, sendo oferecida *in natura*, congelada, salgada e enlatada.

A sardinha-verdadeira apresentou sua maior produção, em 1997, chegando a aproximadamente, 117 mil t. A partir deste ano, houve uma diminuição brusca na produção, chegando a apenas 17 mil t no ano 2000, com queda expressiva de 85%, quando se observou a possibilidade de um colapso da espécie. Dessa forma, foram estabelecidos dois períodos por ano de defeso, ou seja, período para a reprodução e período para o crescimento, respectivamente (01 de novembro a 15 de fevereiro e 15 de junho a 31 de julho), fato que resultou na recuperação dos estoques da sardinha com crescimento médio de 27% ao ano (BRASIL, 2010).

A produção da sardinha-verdadeira em 2008 e 2009 foi de 74.630 t e 83.286 t, respectivamente, sendo que em 2009 ocorreu um aumento de 229% em relação a 2003. A sardinha é hoje, o principal recurso pesqueiro do Brasil, responsável por cerca de 14% do pescado advindo da pesca extrativa marinha (BRASIL, 2010).

A tilápia do Nilo foi introduzida no Brasil em 1971, procedente da Costa do Marfim, África (CASTAGNOLLI, 1992); é considerada uma das principais espécies para alicerçar a expansão da piscicultura industrial nacional, visto sua facilidade de adaptação às condições climáticas do Brasil (MAINARDES-PINTO et al., 1989). Outro fator que contribuiu para o crescimento da atividade foram peculiaridades relativas ao valor nutricional, baixos teores de lipídeos, além do sabor e textura apreciados (SOUZA; MARANHÃO, 2001).

Dentre as características positivas da tilápia, destacam-se a versatilidade alimentar, crescimento rápido, ausência de espinhos em “y” e o fato de serem tolerantes a condições adversas de qualidade da água e flutuações de salinidade (MOREIRA et al., 2011).

A produção de tilápia no Brasil apresenta um contínuo crescimento desde 1994. Entre 2006 e 2009, a produção aumentou 86%, ultrapassando 130 mil t, e no período de 2008 a 2009, houve um crescimento de 20%. A produção de tilápia, da ordem de 132.957,8 t, representa 39% do total de pescado proveniente da piscicultura continental (BRASIL, 2010).

Diante dos relevantes valores de produção pesqueira no país é de suma importância o desenvolvimento de tecnologias e a adoção de sistemas de aproveitamento dos resíduos gerados nas indústrias de beneficiamento, com vista à elaboração de co-produtos que garantam a sustentabilidade da cadeia produtiva e minimizem a poluição ambiental decorrente do encaminhamento adequado dos resíduos.

A elaboração de co-produtos advindos do processamento de pescado e o uso de espécies subutilizadas são alternativas para resolver a escassez de produtos de origem protéica, além de promover a redução do volume de resíduos sólidos oriundos do processamento de pescado, minimizando um problema ambiental.

Entre as técnicas disponíveis para aproveitamento do resíduo de pescado, a obtenção da silagem de pescado, surge como tecnologia promissora devido à sua qualidade nutricional, proporcionada pelos aminoácidos presentes, facilidade de elaboração e custo reduzido.

Diversos pesquisadores relatam, no entanto, como desvantagem, o alto teor de umidade da silagem (TATTERSON; WINDSOR, 1974; WINDSOR; BARLOW, 1981). A utilização da fração aquosa via fracionamento, auxilia na elaboração de co-produtos que contém componentes bioativos e permite o maior aproveitamento dos resíduos da cadeia produtiva, aumentando a sustentabilidade do agronegócio do pescado.

Esta revisão procurou trazer informações sobre a relação dos resíduos com o ambiente, quantificou-os, caracterizando-os em termos nutricionais e direcionando-os para elaboração de co-produtos e suas vantagens.

2.2 Qualidade nutricional do pescado

Os alimentos marinhos constituem-se fonte de micronutrientes, ácidos graxos essenciais e, em especial, proteína, sendo que a quantificação destes componentes varia entre as espécies (FAO, 2007). No ano de 2007, o pescado representou 15,7% do consumo mundial de proteína animal (FAO, 2010).

A constatação do alto valor nutritivo do pescado por parte do consumidor ocorreu quando as pesquisas demonstraram suas vantagens para a saúde, principalmente, em termos das vitaminas A e D, da qualidade dos lipídeos e proteínas de elevado valor biológico (OETTERER, 1991; SIKORSKI; KOLAKOWSKA; BURT, 1994; VENUGOPAL; SHAHIDI, 1995).

Fonte de vitaminas lipossolúveis, principalmente D, o pescado é importante para a calcificação óssea; as vitaminas do complexo B auxiliam no metabolismo energético. Os minerais presentes no pescado, em teores consideráveis, são: sódio, potássio, magnésio, cálcio, ferro, fósforo, iodo, flúor, selênio, manganês e cobalto (ENSMINGER, 1994).

O músculo de pescado apresenta de 60 a 85% de umidade; proteína bruta em torno de 20%; 1 a 2% de cinza; 0,3 a 1% de carboidratos e 0,6 a 36% de lipídeos, sendo que este último componente apresenta variação em função do tipo de músculo corporal, espécie analisada, sexo, idade, sazonalidade, “habitat”, dieta, condições de desova e local de captura (OGAWA; MAIA, 1999).

As proteínas musculares apresentam elevado valor biológico, composição balanceada em aminoácidos, particularmente os limitantes em proteínas de origem vegetal, como a metionina e a cisteína (NEVES et al., 2004).

O pescado é um alimento de excelência nutricional devido à qualidade protéica, apresentando coeficientes de digestibilidade de 90 a 98% (EL; KAVAS, 1996; MACHADO; SGARBIERI, 1991), superiores aos da carne bovina e de aves (CONTRERAS-GUZMÁN, 1994). Essa característica deve-se à maior presença da fração miofibrilar, que apresenta maior digestibilidade quando comparadas às fibras do tecido conectivo (MARCHI, 1997).

O músculo de pescado é composto por dois grupos principais de proteínas, as solúveis do sarcoplasma e as proteínas estruturais das miofibrilas. As proteínas miofibrilares representam 66 a 77% da proteína total do músculo do pescado e apresentam alta funcionalidade quando comparadas com as proteínas sarcoplasmáticas. As proteínas sarcoplasmáticas representam, aproximadamente, 20 a 25% da proteína total do músculo, são solúveis em água e como principais características apresentam capacidade de adesão às proteínas miofibrilares, impedindo a formação de gel de alta elasticidade, baixa viscosidade, baixa capacidade de retenção de água e baixa capacidade de absorção de sabores e corantes (KUHN; SOARES, 2002).

As proteínas desempenham funções dinâmicas e estruturais essenciais ao organismo. As funções dinâmicas incluem transporte (transferrina e hemoglobina), controle metabólico (hormônios), contração (miosina e actina) e catálise de transformações químicas (enzimas), além do papel protetor do organismo contra infecções bacterianas e virais (imunoglobulinas e interferon). O desenvolvimento da matriz óssea (colágeno) e do tecido conjuntivo (elastina) é função estrutural da proteína (DEVLIN, 1998). As vísceras apresentam níveis elevados de enzimas digestivas (MAHENDRAKAR, 2000; POERNOMO; BUCKLE, 2002). Proteases de pescado tropical são conhecidas por serem termoestáveis, possuírem vida útil longa e serem altamente ativas em uma ampla faixa de pH (MARCUSCHI et al., 2010).

O pescado é um alimento privilegiado sob o aspecto nutricional, particularmente em relação às proteínas e aos ácidos graxos poliinsaturados, uma vez que a hidrólise

de suas proteínas libera peptídeos de baixo peso molecular, com propriedades hipotensoras, enquanto que seus ácidos graxos são reconhecidos pela capacidade de minimizar os problemas cardiovasculares, devido à redução de triacilgliceróis, pressão arterial e agregação plaquetária, aumentando com isto a fluidez sanguínea (BENITES, 2003).

O óleo de pescado é considerado a principal fonte de ácidos graxos poliinsaturados ω -3, especialmente o ácido eicosapentaenóico (EPA) e o ácido docosahexaenóico (DHA). Esses ácidos se destacam pelos benefícios que propiciam à saúde humana, sendo atualmente utilizados no mercado mundial na formulação de alimentos e suplementos dietéticos (ZHONG et al., 2007). Podem prevenir e minimizar doenças cardiovasculares, inflamatórias, degenerativas de neurônios e o desenvolvimento cerebral (OETTERER, 2002). Em países onde a alimentação está associada a um maior consumo de óleo de peixe (ω -3), e a razão entre o consumo de ω -6 e ω -3 atinge 4:1, tem sido observado que há redução de 70% das mortes associadas a doenças como aterosclerose (SIMOPOULOS, 1991).

O pescado contém, substancialmente, níveis mais elevados de selênio do que carnes vermelhas e aves, sendo considerado, portanto, a principal fonte desse elemento. Quatorze oligoelementos são considerados essenciais para a vida humana, dentre eles está o selênio. É um componente integral da glutathione peroxidase em tecidos humanos e animais, age como antioxidante e funciona como um protetor às células contra danos oxidativos junto com a vitamina E, e as enzimas catalase e superóxido dismutase (RUITER, 1995). Apesar de ser um micronutriente essencial para a maioria dos animais, em concentrações elevadas é considerado tóxico (CHATTERJEE et al., 2001; MONTEIRO; RANTIN; KALININ, 2007). Esse elemento desempenha funções importantes na saúde humana, sendo que sua deficiência causa doenças cardiovasculares e hipotireoidismo (ARTHUR; NICOL; BECKETT, 1993; STRANGES et al., 2006).

Os peixes podem absorver o selênio da água através das brânquias, do trato digestório e do tegumento (HAMILTON, 2004). Entretanto, a dieta é a via de captação de selênio dominante, uma vez que os peixes e outros animais ocupam níveis tróficos

mais elevados na cadeia alimentar (DALLINGER et al., 1987), sendo a cadeia bentônica uma importante fonte de Se para os peixes (PETERS et al., 1999).

O teor de aminoácidos livres no músculo de organismos aquáticos varia de, aproximadamente, 0,5% a 2% do peso muscular. A taurina, ou ácido beta-aminossulfônico, é um composto final do metabolismo dos aminoácidos sulfurados (metionina e cisteína) que se encontra conjugada com ácidos biliares de sódio e potássio, resultando na formação do ácido taurocólico, um dos ácidos da bile alcalina, essencial para absorção das gorduras (GANONG, 1993). A síntese de taurina exige a participação da vitamina B6 como cofator (HUXTABLE, 1992; NEWSHOLME; LEECH, 1983); a maior concentração ocorre naturalmente em frutos do mar, sendo de 8.270 mg/kg para crustáceos, 5.200 mg/kg para moluscos, 6.550 mg/kg para mexilhões e 1.720 mg/kg para pescada (LALDLAW et al., 1990).

A taurina é abundante em invertebrados marinhos e normalmente presente em grande concentração em seu músculo; possui função na osmorregulação podendo servir como uma reserva de alimentos (RUITER, 1995). Uma administração insuficiente de aminoácidos sulfurados teria como consequência uma elevação na atividade da glutatona-redutase no fígado do pescado. A cistina se transforma, no fígado, em taurina com subdoses de metionina provocando a redução do crescimento (STEFFENS, 1987). A ingestão diária de taurina exerce papel importante na manutenção do *pool* desses aminoácidos no organismo, uma vez que, nos mamíferos, a habilidade de sintetizá-la é limitada (STAPLETON et al., 1998).

2.3 Geração de resíduo na cadeia produtiva de pescado

A crescente preocupação com o meio ambiente e a sustentabilidade do planeta, gera cobranças ao setor agroindustrial para aplicação de uma política ambiental que diminua os impactos negativos à natureza.

Resíduos resultantes do processamento de pescado eram considerados como lixo e descartados sem tentativas de recuperação (GILDBERG, 2002). Esses resíduos apresentam grande potencial de energia para recuperação, no entanto, acabam sendo dispostos inadequadamente, limitando a possibilidade de elaboração de co-produtos. O

descarte de parte da captura é prática comum, e tem sido estimada em 20% do total pescado no mundo (BATISTA; FREITAS, 2003).

Conforme avaliação realizada por Sucasas (2011), os resíduos do processamento de tilápias (*Oreochromis niloticus*), através da Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR – 10.004 (2004), podem ser classificados como Resíduos Classe II do tipo "não inerte". Os resíduos não inertes são passíveis de serem dispostos em aterros juntamente com os resíduos urbanos (SISSINO, 2003). O termo resíduo é utilizado não somente para descartes sólidos como também para efluentes líquidos e para os materiais presentes nas emissões atmosféricas (TIMOFIECSYK; PAWLOWSKY, 2000).

Os principais resíduos sólidos resultantes do processamento de pescado são as vísceras, peles, escamas, ossos e tecido muscular, que podem representar até 70% da matéria-prima original (BENJAKUL; MORRISEY, 1997). Apresentam compostos biológicos de serem aproveitados por meio da recuperação das biomoléculas para redução da poluição ambiental, e são considerados como fontes de proteína, enzimas e lipídeos (GILDBERG, 2001; ARNESEN; GILDBERG, 2007; BHASKAR et al., 2007), substratos para fermentação do ácido láctico (GAO et al., 2006) e fontes de bactérias produtoras de protease (BHASKAR et al., 2007).

Grande parte da tecnologia conhecida para a utilização dos resíduos das indústrias de pescado não se mostra economicamente atrativa, em vista do elevado investimento inicial. Os aterros sanitários e lagoas de tratamento de efluentes não são alternativas recomendáveis, devido ao odor desagradável que provocam nas áreas costeiras ou de águas interiores, quase sempre exploradas como polos de lazer (LUSTOSA NETO, 1994).

Culturalmente, os resíduos alimentares são mal aproveitados e, portanto, não são valorizados. As indústrias têm direcionado seus esforços para o desenvolvimento de soluções que tornem o processo mais efetivo, tais como a prevenção da geração, a minimização e a reciclagem dos resíduos industriais (JUSKAITÈ-NORBUTIENÈ; MILIUTÈ; CESNAITIS, 2007). O aproveitamento das sobras comestíveis das operações industriais pode minimizar o problema da poluição ambiental e diminuir os custos dos insumos e, até mesmo, da matéria-prima em questão (BENITES, 2003). O

gerenciamento inadequado do material residual tem influência direta sobre a sustentabilidade da cadeia produtiva, diminuindo a lucratividade da indústria (CATCHPOLE; GRAY, 2010).

Os resíduos de pescado, junto aos postos de beneficiamento e comercialização causam sérios problemas de poluição ambiental, pois nem sempre o transporte dos mesmos para as fábricas de processamento de co-produtos é economicamente viável (NUNES, 1999). A maior justificativa de se montar sistemas de aproveitamento dos resíduos nas indústrias é de ordem econômica e preservacionista, sendo este resíduo uma fonte de nutriente de baixo custo (OETTERER et al., 2003). Assim, muitos estudos têm sido realizados para utilizar as grandes quantidades de proteína, óleo, minerais, carboidratos e ácidos nucleicos provenientes de co-produtos da pesca (JUN; PARK; JUNG, 2004; KIM et al., 2001) reduzindo o impacto ambiental e aumentando a rentabilidade da indústria (BOSCOLO et al., 2004; SEIBEL; SOUZA-SOARES, 2003).

No aproveitamento desse tipo de matéria-prima de alta qualidade, podem ser obtidos diversos produtos, como as peles, que podem ser utilizadas na indústria de artefatos de couro (SOUZA, 2004), a farinha (BOSCOLO, 2003), a silagem ou o óleo de peixe (FERRAZ - ARRUDA, 2004), os quais podem ser utilizados como alimentos alternativos na nutrição animal (BORGHESI et al., 2007; FERRAZ - ARRUDA et al., 2009; RISTIC et al., 2002), buscando dar subsídios para a produção de rações de baixo custo, de qualidade nutricional e proporcionar desempenho produtivo equivalente às aquelas formuladas com alimentos convencionais (CARVALHO; PIRES; VELOSO, 2006; OLIVEIRA et al., 2006).

Conforme MARTINS et al. (2009), o resíduo de pescado, que geralmente é utilizado para produzir farinha de pescado, poderia ser utilizado para a elaboração de um produto com maior valor agregado. A tecnologia de produção do biodiesel, a partir de óleo de resíduo da industrialização do pescado, pode ser uma fonte de energia interessante, visto que sua obtenção se dá a partir de fontes totalmente renováveis, com a produção de menor quantidade de poluentes que o diesel do petróleo (FUKUDA; KONDO; NODA, 2001).

2.4 Meio ambiente e o resíduo

O aumento da conscientização ecológica e a compreensão da problemática do resíduo, iniciado no final do Século XX deixaram nítido, o desafio da humanidade para as próximas décadas em equilibrar a produção de bens e serviços, crescimento econômico, igualdade social e sustentabilidade ambiental (GARBOSA; TRINDADE, 2007; PINTO et al., 2005).

Algumas empresas adotaram o conceito de “Produção Mais Limpa” e estão procurando controlar os efeitos ambientais de todo o processo de produção, desde a escolha da matéria-prima até o destino final do produto e dos resíduos (EPELBAUM, 2004), tendo em vista uma forma mais racional de recuperação e/ou destino diante do potencial agroindustrial.

A questão dos resíduos sólidos recebeu atenção especial do Programa das Nações Unidas para o século XXI, conhecido como Agenda 21, elaborado na Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (Eco-92), realizado no Rio de Janeiro, em 1992. Em 2002, durante a Cúpula Mundial sobre o Desenvolvimento Sustentável (Rio+10), realizada em Johannesburgo, vários países, reiteraram o compromisso com o desenvolvimento sustentável (FERRAZ DA FONSECA; BURSZTYN, 2007; SUCASAS, 2011).

A busca pelo desenvolvimento sustentável surgiu para enfrentar a crise ecológica, difundida na Conferência de Estocolmo em 1972, e teve como pressuposto a exigência de sustentabilidade social, econômica e ecológica, e a exploração correta dos recursos naturais à minimização na geração de resíduos e contaminantes (JACOBI, 1997).

A população mundial continua a se expandir e representa mais de 6 bilhões de habitantes (POPULATION REFERENCE BUREAU, 2010), sendo que, desde o ano de 2000, Naylor et al. (2000), já consideravam a aquicultura uma promissora fonte de proteína para suprir a crescente demanda por proteína animal.

O Brasil possui uma população superior a 190 milhões de habitantes (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2010) sendo proporcional a necessidade de alimentos. Os recursos naturais para manter esta

população são limitados e somente um aproveitamento racional e eficiente poderá produzir alimentos, em qualidade satisfatória, para atender a demanda. Por outro lado, a população produz, anualmente, milhões de toneladas de resíduos orgânicos e, embora esse tipo de poluente seja biodegradável, é necessário um tempo mínimo para ser mineralizado. Em virtude da intensa atividade humana na Terra, observa-se a cada dia, um aumento na dificuldade de reciclagem natural desses nutrientes.

Inúmeros órgãos governamentais e industriais se preparam para aplicar uma política ambiental que diminua os impactos negativos à natureza. Os órgãos fiscalizadores têm se mobilizado, e as principais leis sancionadas envolvendo o ambiente foram as de número 9.433, de 08 de janeiro de 1997 e 9.605, de 13 de fevereiro de 1998 (BRASIL, 1997; 1998). A primeira institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. A Lei 9605 dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente; em seu artigo 2º responsabiliza todos os que fazem parte da empresa pela degradação ambiental gerada por esta.

Constantes revisões na legislação têm sido feitas pelos órgãos fiscalizadores referentes aos resíduos, tais como a RDC 306/04 da ANVISA (BRASIL, 2004) e a resolução 358/05 do CONAMA (BRASIL, 2005) que os classificam e propõem tratamentos, forma de manipulação e descarte destes. A lei 12.305/2010 instituiu a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) (BRASIL, 2010) que integra articulações do meio ambiente, educação ambiental e saneamento, como formas de garantir a sustentabilidade.

Resíduos sólidos, diferentes do lixo, possuem valor econômico agregado por possibilitarem reaproveitamento no próprio processo produtivo, pois podem conter muitas substâncias de valor significativo, além de serem inerentes a qualquer setor produtivo (PELIZER; PONTIER; MORAES, 2007).

Nolasco (2000) definiu o termo resíduo, como sendo todo o material descartado nas cadeias de produção e consumo, quer por limitação tecnológica ou de mercado, que não apresenta valor de uso; e quando manejado de forma inadequada resulta em impactos negativos ao ambiente.

O aumento da produção de resíduos vem provocando impactos ambientais, pois a taxa de geração é muito maior que a taxa de degradação; dessa forma, é cada vez mais premente, a necessidade de reduzir, reciclar e reaproveitar os resíduos gerados pelo homem, com o objetivo de recuperar matéria e energia (STRAUS; MENEZES, 1993), como uma alternativa capaz de contribuir para a utilização de matérias-primas alternativas, diminuindo os custos finais dos setores industriais geradores dos resíduos. Contudo, devem-se atentar no sentido de que, o objetivo de reciclar não é apenas a recuperação de elementos valiosos presentes nos resíduos orgânicos, mas deve-se levar em consideração a produção de alimentos, energia e outros benefícios tais como o controle da poluição e melhores condições de saúde pública (FIORI; SCHOENHALS; FOLLADOR, 2008).

Em alguns estados brasileiros, tais como Rio Grande do Norte e Bahia, em que onde o cultivo de camarões cresceu exponencialmente, nos últimos anos, problemas com a contaminação do lençol freático tem sido reportado, como consequência do descarte de resíduo de pescado no solo, sem qualquer tratamento. O lançamento de resíduos orgânicos pode determinar mudanças na estrutura da comunidade e biodiversidade aquática (ARVANITOYANNIS; KASSAVETI, 2008). A melhor forma de recuperação dos resíduos é a utilização destes como matéria-prima para obtenção de alimentos, nutracêuticos, bem como, aplicações biotecnológicas e farmacêuticas (VENUGOPAL; SHAHIDI, 1995; HAARD, 2000; SHAHIDI; JANAK-KAMIL, 2001).

2.5 Recuperação e transformação do resíduo

Anualmente, mais de 50% do total de pescado produzido no mundo (mais de 120 milhões de toneladas) são descartados como resíduos não comestíveis, como ossos, pele, nadadeiras, vísceras e cabeça (JUN; PARK; JUNG, 2004; KIM et al., 2001).

O processo de beneficiamento do pescado, apesar de oferecer alimentos de alto valor nutricional, é fonte, de grande quantidade e variedade de material rejeitado que deve ser reutilizado (STORI, 2000), pois além de haver matéria orgânica aproveitável, o volume é grande (OETTERER, 1999).

A conversão de resíduos de pescado, com seu consequente reaproveitamento, pode trazer vantagens econômicas para a indústria, além de resolver o grande problema com o descarte dos resíduos, ou seja, de material poluente (BORGHESI; FERRAZ DE ARRUDA; OETTERER, 2007; FERRAZ - ARRUDA et al., 2006).

Muitas tecnologias têm surgido com possíveis utilizações dos resíduos como fontes alimentares, transformando-os em produtos nutritivos e com boa aceitação no mercado (BRUSHI, 2001). Uma alternativa viável seria destinar o resíduo para a fabricação da silagem de pescado, por ser um produto de fácil elaboração e que não exige alto investimento. O produto possui boa qualidade nutritiva podendo, portanto, ser de grande utilidade para a alimentação animal (BEERLI; BEERLI; LOGATO, 2004; BERENZ, 1994; BORGHESI et al., 2008; BOSCOLO, 2003; CARVALHO; PIRES; VELOSO, 2006; VIDOTTI; CARNEIRO; VIEGAS, 2002; VIDOTTI; VIEGAS; CARNEIRO, 2003), sendo o aproveitamento ecologicamente recomendável, em razão da alta carga de matéria orgânica que seria descartada no ambiente, se esses resíduos não fossem aproveitados (VIDOTTI; GONÇALVES, 2010).

O conceito de ecoeficiência vem sendo adotado por empresas em todo o mundo, assegurando que seus sistemas de produção, produtos e serviços comprometam-se com um desempenho econômico e ambientalmente correto, elaborando condutas de minimização do consumo de matérias-primas, substituição por matérias recicladas e a redução de custos ambientais (STEVANATO et al., 2007). Tais atitudes tornam-se ainda mais relevantes quando relacionadas à conservação de recursos marinhos, fonte rica de proteínas e ácidos graxos essenciais à alimentação humana.

A elaboração de co-produtos advindos do processamento de pescado e o uso de espécies subutilizadas são alternativos para diminuir a escassez de produtos de origem protéica, além de aperfeiçoar a redução do volume de resíduos sólidos oriundos do processamento de pescado, atenuando o problema ambiental.

2.5.1 Hidrolisado protéico

Uma forma de agregar valor ao resíduo protéico de pescado é convertê-lo em hidrolisado (ASPMO; HORN; EIJSINK, 2005). Hidrolisados podem ser definidos como

proteínas que são clivadas em peptídeos de vários tamanhos (KRISTINSSON; RASCO, 2000; SKANDERBY, 1994), mediante processo proteolítico enzimático, no qual enzimas vegetais e/ou microbianas atuam como catalisadores acelerando a hidrólise. Podem ser obtidos basicamente por três métodos: hidrólise alcalina, enzimática e ácida (ADLER-NISSEN, 1986; LAHL; BRAUM, 1994). A modificação da estrutura da proteína é empregada com o intuito de melhorar as propriedades funcionais, devido a sua especificidade e capacidade de modificar uma grande variedade de grupos funcionais (ZAVAREZE et al., 2009).

A hidrólise é um processo eficiente para a solubilização das proteínas de pescado. A produção de materiais solúveis que constituem o produto final da hidrólise depende de diversos fatores, tais como, reagentes químicos, tipo de enzima, substrato, pH, temperatura, tempo de incubação e concentração da enzima (ADLER-NISSEN, 1986).

A hidrólise enzimática realizada em condições brandas e controladas garante a manutenção da qualidade nutricional dos hidrolisados e um perfil peptídico definido e reprodutível, sendo a alcalase uma endo-enzima efetiva na hidrólise do resíduo de filé de corvina (*Micropogonias furnieir*) (MARTINS; COSTA; PRENTICE-HERNÁNDEZ, 2009). A enzima alcalase, uma protease bacteriana, tem sido considerada por muitos pesquisadores uma das mais eficientes enzimas utilizadas na preparação de hidrolisados protéicos. A alcalase é uma enzima produzida por fermentação submersa de *Bacillus licheniformis*. (KRISTINSSON; RASCO, 2000; SHAHIDI; HAN; SYNIWIECKI, 1995).

O grau de hidrólise é o parâmetro utilizado para comparar hidrolisados protéicos (ADLER-NISSEN, 1986; LAHL; BRAUN, 1994; MAHMOUD; MALONE; CORDLE, 1992; MAHMOUD, 1994). A ação proteolítica no processo hidrolítico é acelerada pela adição de enzimas à matéria-prima, com controle do pH, temperatura e outras variáveis (FURLAN; OETTERER, 2002), permitindo a disponibilização dos aminoácidos livres e a maior solubilização do nitrogênio (VIDOTTI; VIEGAS; CARNEIRO, 2003), sendo que, este pode ser utilizado para produção de meios de cultura para crescimento microbiano (GUERARD et al., 2001).

Enzimas proteolíticas de plantas e de microrganismos foram testadas por serem mais adequadas para produzir hidrolisados de pescado (SHAHIDI; HAN; SYNIWIECKI, 1995; BENJAKUL; MORRISEY, 1997; GUERARD et al., 2001; NILSANG et al, 2004). No entanto, é difícil controlar a taxa de hidrólise devido a fatores como espécie e sazonalidade do pescado, bem como a quantidade de enzima. A autólise causada por enzimas endógenas, também, pode contribuir para a hidrólise das proteínas (BENJAKUL; MORRISEY, 1997).

A preparação de hidrolisados protéicos a partir de resíduos da indústria processadora de pescado tem recebido mais atenção nesses últimos anos e muitos estudos têm sido realizados sobre a avaliação das condições de hidrólise e as propriedades funcionais do hidrolisado protéico (SANTOS et al., 2009).

Os concentrados protéicos, a silagem enzimática, os isolados e hidrolisados protéicos de pescado surgem como tecnologias promissoras devido à qualidade nutricional proporcionada pela proteína de origem animal, e tem sido foco para o desenvolvimento de tecnologias que permitam seu melhor aproveitamento.

No intuito de recuperar e modificar as proteínas para produção de diversos ingredientes alimentícios e produtos de uso industrial é necessário conhecer as propriedades funcionais específicas dos hidrolisados de pescado utilizados, facilitando o direcionamento da sua aplicação e contribuindo para um melhor aproveitamento, resultando em produtos de maior qualidade tecnológica e nutricional. A relação do grau de hidrólise com determinada característica funcional específica do hidrolisado permite elaborar produtos com propriedades funcionais previamente definidas (CENTENARO et al., 2009).

2.5.2 Silagem

O hidrolisado ácido de pescado pode ser denominado ensilado e apresenta-se como uma alternativa de baixo custo para o aproveitamento de resíduos (WINDSOR; BARLOW, 1981). Conforme Kompiang (1981), a silagem pode ser obtida pela ação de ácidos (silagem química) ou por fermentação microbiana induzida por carboidratos (silagem microbiológica). É um método antigo de preservação da matéria orgânica

(SHIRAI et al., 2001), no qual a liquefação é conduzida pela atividade de enzimas proteolíticas, naturalmente presentes nos peixes, precedido pela ação de um ácido que provoca as condições adequadas para as enzimas de degradação dos tecidos e limita o crescimento de bactérias (GILDBERG, 2004).

A silagem química é mais comumente utilizada na prática industrial, apresentando resultados expressivos nas propriedades funcionais quando comparada com a silagem enzimática; não sofre tratamento térmico, a produção é independente da escala, não requerendo altos custos para a sua fabricação; os odores produzidos são praticamente imperceptíveis e o produto ensilado não necessita de refrigeração para conservação, mantendo-se estável por longo período à temperatura ambiente (WINDSOR; BARLOW, 1981; RAA; GILDBERG, 1982; TATTERSON; WINDSOR, 1974) sendo de fácil execução e de menor custo operacional.

A silagem não deve ser considerada como um produto competidor da farinha de peixe, e sim como mais uma alternativa na utilização das fontes disponíveis (BORGHESI, 2004). Apresenta-se como uma das formas de aproveitamento dos resíduos da produção, industrialização e comercialização de pescado, não implica na utilização de maquinários específicos, necessita apenas de triturador, agitador e recipientes além de não exigir mão-de-obra especializada (VIDOTTI; GONÇALVES, 2010).

Além de prevenir a ação microbiana e não atrair insetos, a redução do pH propicia a ação das enzimas naturalmente presentes no pescado (VIDOTTI; GONÇALVES, 2010). Tais enzimas são responsáveis pela hidrólise protéica, originando produto rico em proteínas, peptídeos de cadeia curta e aminoácidos (GODDARD; PERRET, 2005). O grau de hidrólise é considerado um índice da qualidade da silagem (BORGHESI, 2004; ESPE; RAA; NJAA, 1989; ESPE et al., 1999; FERRAZ - ARRUDA; BORGHESI; OETTERER, 2007). Morales-Ulloa e Oetterer (1997) detectaram a presença de aminoácidos essenciais como a lisina e metionina em silagens de sardinha (*Sardinella brasiliensis*), submetidas à hidrólise ácida e à ação de microrganismos após adição de melaço ao sistema.

A atividade das enzimas proteolíticas presentes no pescado, responsáveis pela autólise protéica 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 a 4 (SANTANA-DELGADO; AVILA; STELO, 2008).

Segundo Kompang (1981), ácidos orgânicos, como o ácido fórmico, são geralmente mais onerosos que os inorgânicos, no entanto, produzem silagens menos ácidas e que não exigem neutralização antes do uso. O mesmo autor, afirma que a silagem obtida por meio da adição de 3% (v/p) da mistura dos ácidos fórmico e propiônico na proporção 1:1 é estável, pois há hidrólise e abaixamento do pH. Vários autores preconizam que o valor do pH da silagem estável deve ser inferior a 4,5 (BELLO, 2004; LIEN; PHUNG; LY, 2000), entretanto, durante a dissolução dos ossos pode ocorrer perda da capacidade tampão, causando, conseqüentemente, elevação do pH (BOMBARDELLI; SYPPERCK; SANCHES, 2005), sendo necessário o controle diário para que o pH da biomassa não se constitua em um ponto crítico, e possa propiciar crescimento microbiano e, conseqüente deterioração (OETTERER, 2002).

Os lipídeos do pescado contêm quantidades elevadas de ácidos graxos insaturados, susceptíveis à oxidação. Essa reação pode ser retardada pela adição de antioxidantes que atuam rompendo a cadeia de radicais livres ou decompondo os peróxidos que se formam (BEIRÃO et al., 2003).

Durante a produção da silagem, ocorre basicamente a autólise em condições ácidas, onde as proteínas das vísceras são hidrolisadas gerando produtos solúveis de baixo peso molecular, formando uma mistura complexa de aminoácidos e peptídeos que podem ser utilizados como fontes de nitrogênio em meios de cultura microbianos (POERNOMO; BUCKLE, 2002).

A presença de resíduos resistentes à proteólise tem sido documentada, tanto nas silagens de pescado como durante a hidrólise de proteínas de pescado com adição de enzimas. Normalmente, 20% do total de nitrogênio originalmente presente são digeridos quando se trata de pescado de águas frias. No caso do pescado de águas tropicais, a proteína não digerida é geralmente encontrada como um sedimento de fundo na silagem. Raa e Gildberg (1982) constataram grande quantidade de cisteína/cistina no sedimento, fato que levou estes autores a sugerirem que ligações cruzadas de dissulfeto fossem parcialmente responsáveis pela resistência à proteólise.

A falta de hidroxiprolina e o baixo conteúdo de glicina levaram Raa e Gildberg (1982) a concluir que o colágeno é rapidamente solubilizado na silagem. Porém, foi observado que em silagens de pescado tropical, o colágeno apresenta maior resistência à hidrólise (HALL et al., 1985; RAGHUNATH; McCURDY, 1987).

2.5.3 Compostos bioativos

Os alimentos que promovem benefícios à saúde, além da função nutritiva, ou que apresentam papel na prevenção ao risco de doenças, são denominados alimentos funcionais. Os ingredientes benéficos dos alimentos funcionais têm sido denominados de componentes funcionais e componentes bioativos (PENNINGTON, 2002).

Os compostos bioativos presentes em alimentos são coadjuvantes nos mecanismos de proteção contra doenças e melhoria do estado de saúde, além de suas funções nutricionais básicas (SHI; MAZZA; MAGUER, 2002). Essa ação protetora é atribuída, em parte, à ação antioxidante de determinadas substâncias presentes nos alimentos que auxiliam no combate ao estresse oxidativo. Estes compostos variam em estrutura química e, conseqüentemente, na função biológica. São substâncias orgânicas, geralmente de baixo peso molecular, não sintetizada pelo organismo humano e apresentam ação protetora na saúde humana quando presentes na dieta em quantidades significativas (HORST; LAJOLO, 2007).

Prates e Mateus (2002) detectaram vários componentes bioativos difundidos nos alimentos de origem animal, que apresentam atividade fisiológica. Nutrientes e outras substâncias bioativas do pescado podem ser utilizadas como ingredientes para alimentos funcionais podendo ser explorados para aplicações biotecnológicas e farmacêuticas (CHO et al., 2008).

Um campo de estudo e aplicação para os hidrolisados protéicos é a obtenção de peptídeos pequenos, biologicamente ativos, os quais podem desempenhar várias funções, regulando ou inibindo a atividade enzimática, atuando como antibióticos, hormônios, agentes antivirais e antibacterianos ou imunomoduladores (GILL et al., 1996; PIHLANTO-LEPPALA, 2001).

Peptídeos são aminoácidos de pequeno tamanho, unidos por ligações peptídicas, onde uma ou mais subunidades polipeptídicas constituem uma molécula de

proteína. Podem ser liberados a partir de proteínas precursoras de enzimas digestivas durante a digestão gastrointestinal ou em processos proteolíticos *in vitro* com proteases exógenas (VIOQUE et al., 2006).

Os peptídeos são, potencialmente, úteis não apenas para a saúde do indivíduo, mas também, como antioxidantes naturais para a conservação de alimentos. Peptídeos bioativos, geralmente, contêm 20-30 resíduos de aminoácidos; porém, sua atividade irá depender da composição e sequência de aminoácidos e de seu peso molecular (PIHLANTO-LEPPALA, 2000).

Espécies aquáticas e co-produtos da aquicultura estão sendo investigados como fontes de peptídeos bioativos. A fração de proteína solúvel da silagem de vísceras de pescado é rica em aminoácidos essenciais e tem um alto valor nutricional (STROM; EGGUM, 1981). As propriedades antioxidantes obtidas com peptídeos provenientes da pele do pescado indicam que o hidrolisado protéico de pescado pode ter um potencial como suplemento de alimentos nutracêuticos (KIM et al., 2001). Li et al., (2006) demonstraram a atividade de hidrolisados de músculo de carpas (*Cyprinus carpio*) para a produção de peptídeos com alta atividade antioxidante, assim como Je et al. (2007) detectaram a mesma propriedade em proteínas hidrolisadas de atum (*Thunnus spp.*).

Atualmente, a produção de co-produtos de pescado é empregada na produção de óleo e farinha de peixe, fertilizantes, ração animal e silagem de peixe, que apresentam baixo valor econômico. Porém uma maior rentabilidade é esperada dos compostos bioativos presentes em resíduos de pescado que podem ser extraídos, purificados e concentrados através tecnologias para melhores aplicações, como também em produção de fármacos e potenciais nutracêuticos (KIM; MENDIS, 2006).

2.5.4 Pepsina e peptona

As proteases constituem o grupo mais importante de enzimas industriais utilizadas no mundo e possuem várias aplicações na indústria de alimentos (GARCIA-CARRENO et al., 1994).

A pepsina é uma enzima produzida a partir do pepsinogênio, cuja ativação depende do abaixamento do pH (DEGUARA; JEUNCEY; AGLUS, 2003).

Particularmente, pepsinas de espécies de pescado de águas frias são mais ativas em baixas temperaturas e menos estáveis em temperaturas elevadas do que as pepsinas de mamíferos. Possuem atividade ótima em condições menos ácidas, sendo mais úteis que as dos mamíferos em situações em que a transformação das condições físicas e químicas são necessárias (GILDBERG, 2004). Este pesquisador revela que a pepsina de silagem de vísceras de pescado pode ser recuperada por ultrafiltração, concentração e “spray-drying”; a silagem de vísceras de bacalhau, por exemplo, pode fornecer uma recuperação da ordem de 0,51 g de pepsina por quilo.

A peptona de vísceras de pescado é uma excelente fonte de nitrogênio para meio de crescimento microbiano; ao ser utilizada no cultivo de patógenos como *Vibrio salmonicida* para produção de vacinas, demonstrou bom desempenho (VECHT-LIFSHITZ; ALMAS; ZOMER, 1990).

Vieira et al. (2005) constataram a efetiva presença de peptonas a partir de hidrólise enzimática de carne e resíduo de lagostas (*Panulirus argus* e *Panulirus laevicauda*), camarão (*Macrobrachium amazonicum*) e das sobras de filetagem da corvina piauí (*Plagioscion squamosissimus*) para utilização em meios de cultura no crescimento de *Escherichia coli*. Segundo Vázquez, González e Murado (2006) peptonas extraídas a partir de hidrolisados de resíduos musculares de pescado não apresentaram bom resultado para crescimento microbiano, porém os resíduos das viscerais podem ser úteis devido às enzimas presentes.

Com o aprimoramento das pesquisas, o resíduo de pescado que, geralmente, é descartado inadequadamente ou utilizado para alimentação animal, poderá ser empregado na elaboração de produtos funcionais ou até mesmo nutracêuticos de elevado valor agregado.

2.6 Conclusão

As pesquisas neste tipo de investigação ainda são incipientes; há poucas referências que tratam dos componentes bioativos em resíduos de pescado, sendo, portanto, bem-vindos novos estudos para obtenção e caracterização destes, dentro da área de conhecimento de ciência e tecnologia de pescado.

É de suma importância o desenvolvimento de novas tecnologias para utilização dos resíduos na elaboração de co-produtos que possibilitem oportunidade da sustentabilidade sócio-econômica e ambiental do setor produtivo.

Referências

ADLER-NISSEN, J. **Enzyme hydrolysis of food proteins**. Oxford: Elsevier, 1986. p.20-21

ARNESEN, J.A.; GILDBERG, A. Extraction and characterization of gelatine from Atlantic salmon (*Salmo salar*) skin. **Bioresource Technology**, Essex, v. 98, n. 1, p. 53-57, 2007.

ARTHUR, J.R.; NICOL, F.; BECKETT, J. Selenium deficiency, thyroid hormone metabolism, and thyroid hormone deiodinases. **The American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 57, p. 236-239, 1993.

ARVANITOYANNIS, I.S.; KASSAVETI, A. Fish industry waste: treatments, environmental impacts, current and potential uses. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 43, n. 4, p. 726-745, 2008.

ASPMO, S.I.; HORN, S.J.; EIJSINK, V.G.H. Enzymatic hydrolysis of Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) viscera. **Process Biochemistry**, Oxford, v. 40, n. 5, p.1957-1966, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10004; ABNT NBR 10005; ABNT NBR 10006; ABNT NBR 10007**. Resíduos sólidos – Coletânea de Normas. São Paulo, 2004.

BATISTA, V.S.; FREITAS, V.S. O descarte de pescado na pesca com rede de cerco no baixo Rio Solimões, Amazônia Central. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 33, n. 1, p. 127-143, 2003.

BEERLI E.L., BEERLI, K.M.C.; LOGATO, P.V.R. Silagem ácida de resíduos de truta (*Oncorhynchus mykiss*), com utilização de ácido muriático. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 1, p. 195-198, 2004.

BEIRÃO, L.H. **Curso de tecnologia para aproveitamento integral do pescado**. Campinas: ITAL/CTC, 2003. 79 p.

BELLO, R.A. **Experiências com ensilado de pescado en Venezuela**. Caracas: Universidad Central de Venezuela, 2004. Disponível em: <<http://www.fao.org/livestock/aphp134/cap1.html>>. Acesso em: 23 out. 2009.

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)– Departamento de Química, Fundação Universidade do Rio Grande, Rio Grande, 2003.

BENJAKUL, S.; MORRISSEY, M.T. Protein hydrolysates from Pacific whiting solid wastes. **Journal of Agriculture & Food Chemistry**, Davis, v. 45, n.9, p. 3423-3430, 1997.

BERENZ, Z. **Utilización del ensilado de residuos de pescado en pollos**. 1994. 11p. Disponível em: <<http://www.fao.org/waicent/faoinfo/agricult/aga/agap/frg/aph134/cap2.htm>>. Acesso em: 24 out 2009.

BHASKAR. N.; SATHISHA, A.D.; SACHINDRA, N.M.; SAKHARE, P.Z.; MAHENDRAKAR, N.S. Effect of acid ensiling on the stability of visceral waste proteases of Indian major carp (*Labeo rohita*). **Journal of Aquatic Food Product Technology**, London, v. 16, p. 73-86, 2007.

BOMBARDELLI, R.A.; SYPERRECK, M.A.; SANCHES, E.A. Situação atual e perspectiva para o consumo, processamento e agregação de valor ao pescado. **Arquivos de Ciência Veterinária e Zoologia da Unipar**, Umuarama, v. 8, n. 2, p.181-195, 2005.

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 Ciência de Alimentos) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

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

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.14, n. 3, p. 242-248, 2008.

BOSCOLO, W. R. **Farinha de resíduos da indústria de filetagem de tilápias na alimentação da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.)**. 2003. 82 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2003.

BOSCOLO, W.R.; HAYASHI, C.; MEURER, F.; FEIDEN, A.; BOMBARDELLI, R.A. Digestibilidade aparente da energia e proteínas das farinhas de resíduo da filetagem da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) e da Corvina (*Plagioscion squamosissimu*) e farinha integral do Camarão Canela (*Macrobrachium amazonicum*) para a Tilápia do Nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, n. 1, p. 8-13, 2004.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil. Lei nº 9433, de 8 de janeiro de 1997. **Diário Oficial da União**. Brasília, 1997.

_____. Constituição da República Federativa do Brasil. Lei nº 9605, de 12 de fevereiro de 1998. **Diário Oficial da União**. Brasília, 1998.

_____. Constituição da República Federativa do Brasil. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. **Diário Oficial da União**. Brasília, 2010.

_____. Ministério do Meio Ambiente. Resolução 358 de 29 de abril de 2005. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, 2005. **Diário Oficial da União**. Brasília, 04 de maio de 2005.

_____. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução ANVISA, RDC 306, de 07 de dezembro de 2004. **Diário Oficial da União**. Brasília, 10 de dezembro de 2004.

_____. Ministério da Pesca e Aquicultura – MPA. 2010. Produção pesqueira e aquícola, estatística 2008/2009. Brasília: MPA. 37 p. Disponível em: <<http://www.mpa.gov.br>>. Acesso em: 30 set 2010.

BRUSHI, F.L.F. **Rendimento, composição química e perfil de ácidos graxos e seus resíduos**. Itajaí: Universidade do Vale do Itajaí. 2001. 65p. (Monografia).

CARVALHO, G.G.P.; PIRES, A.J.V.; VELOSO, C.M. Silagem de resíduo de peixes em dietas para alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 1, p.126-130, 2006.

CASTAGNOLLI, N. **Piscicultura de água doce**. Jaboticabal: Funep, 1992. 189 p.

CATCHPOLE, T. L; GRAY, T, S. Reducing discards of fish at sea: a review of European pilot projects **Journal of Environmental Management**, New York, n. 91 p. 717–723, 2010.

CENTENARO, G.S.; PRENTICE-HERNÁNDEZ, C.; SALAS-MELLADO, M.; NETTO, F.M. Efeito da concentração de enzima e de substrato no grau de hidrólise e nas propriedades funcionais de hidrolisados protéicos de corvina (*Micropogonias furnieri*). **Química Nova**, São Paulo, v. 32, n. 7, p. 1792-1798, 2009.

CHATTERJEE, A.; BHATTACHARYA, B.; DAS, R. Temporal and organ-specific variability of selenium in marine organisms from the eastern coast of India. **Advances in Environmental Research**, New York, v. 5, p. 167-174, 2001.

CHO, S.S.; LEE, H.K.; YU, C.Y.; KIM, M.J.; SEONG, E.S.; GHIMIRE, B.K.; SON, E.H.; CHOUNG, M.G.; LIM, J.D. Isolation and Characterization of bioactive peptides from Hwangtae (*yellowish dried Alaska Pollack*) protein hydrolysate. **Journal of Food Science and Nutrition**, London, v. 13, n. 3, p. 196-203, 2008.

CONTRERAS-GUZMÁN, E. **Bioquímica de pescados e derivados**. Jaboticabal: Funep, 1994. 409 p.

DALLINGER, R.; PROSI, F.; SEGNER, H.; BACK, H. Contaminated food and uptake of heavy metals by fish: a review and a proposal for further research. **Oecologia**, Rio de Janeiro, v. 73, p. 91-98, 1987.

DEGUARA, S.; JEUNCEY, K.; AGLUS, C. Enzyme activities and pH variations in the digestive tract of gilthead sea bream. **Journal of Fish Biology**, London, v. 62, n. 5, p.1033-1043, 2003.

DEVLIN, T.M. **Manual de bioquímica com correlações químicas**. 4 ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1998. 1007 p.

EL, S.N.; KAVAS, A. Determination of protein quality of rainbow trout (*Salmo indeus*) by in vitro protein digestibility-corrected amino-acid score. **Food Chemistry**, Barking, v. 55, p. 221-223, 1996.

ENSMINGER, A. **The concise encyclopedia of foods & nutrition**. Boca Raton: CRC Press, 1994. 353 p.

EPELBAUM, M. **A influência da gestão ambiental na competitividade e no sucesso empresarial**. 2004. 190 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção)– Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

ESPE, M.; LIED, E. Fish silage prepared from different cooked and uncooked raw materials: chemical changes during storage at different temperatures. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 79, p. 327-332, 1999.

ESPE, M.; SVEIER, H.; HOGOY, I.; LIED, E. Nutrient absorption and growth of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) fed fish protein concentrate. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 174, n. 2, p. 119-137, 1999.

ESPE, M.; RAA, J.; NJAA, L.R. Nutritional value of stored fish silage as a protein source for young rats. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 49, p. 259-270, 1989.

FAO. **The state of world fisheries and aquaculture 2006 (SOFIA)**. Rome, 2007. 180p.

_____. **The state of world fisheries and aquaculture**. Rome, 2010. 197p.

_____. **Higher agriculture commodity prices here to stay**. Disponível em: <<http://www.fao.org/news/story/en/item/80345/icode/>>. Acesso em 16 de jun. 2011.

FELTES, M.C.; CORREIA, J.F.; BEIRÃO, L.H.; BLOCK, J.M.; NINOW, J.; SPILLER, V. Alternativas para a agregação de valor aos resíduos da industrialização de peixe. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 6, p. 669-677, 2010.

FERRAZ DA FONSECA, I.; BURSZTYN, M. Mercadores de moralidade: aretórica ambientalista e a prática do desenvolvimento sustentável. **Ambiente & Sociedade**, Campinas, v.10, n.2, p. 171-188, 2007

FERRAZ - ARRUDA, L. **Aproveitamento do resíduo do beneficiamento para obtenção de silagem e óleo como subprodutos**. 2004. 78p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

FERRAZ - ARRUDA, L.; BORGHESI, R.; OETTERER, M. Fish silage – a review. **Brazilian Archives of Biology and Tecnhnology**, Curitiba, v. 50. n. 5, p. 879-886, 2007.

FERRAZ - ARRUDA, L.; BORGHESI, R.; BRUM, A. S.; D'ARCE, M; OETTERER, M. Ácidos graxos em silagem de resíduos do processamento da tilápia do Nilo. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE ALIMENTAÇÃO ANIMAL, 2., São Paulo, 2006. **Anais...** São Paulo: CBNA-AMENA, 2006. (CD-ROM).

FERRAZ - ARRUDA, L.; BORGHESI, R.; PORTZ, L.; CYRINO, J.E.P.; OETTERER, M. Fish silage in black bass (*Micropterus Salmonides*) feed as an alternative to fish meal. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 52, n. 5, p.1261-1266, 2009.

FIORI, M.G.S.; SCHOENHALS, M.; FOLLADOR, F.A.C. Análise da evolução tempo-eficiência de duas composições de resíduos agroindustriais no processo de compostagem aeróbia. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 5, n. 3, p. 178-191, 2008.

FUKUDA, H.; KONDO, A.; NODA, H. Biodiesel fuel production by transesterification of oils. **Journal of Bioscience and Bioengineering**, Osaka, v. 92, n. 5, p. 405-416, 2001.

FURLAN, E.F.; OETTERER, M. Hidrolisado Protéico de Pescado. **Revista de Ciência & Tecnologia**, Piracicaba, v. 10, n. 19, p. 79-89, 2002.

GAO, M.; HIRATA, M.; TOORISAKA, E.; HANO, T. Study on acid-hydrolysis of spent cells for lactic acid fermentation. **Biochemical Engineering Journal**, Amsterdam, v. 28, n. 1, p. 87-91, 2006.

GANONG, W.F. Dinâmica do sangue e do fluxo linfático. In: _____. **Fisiologia médica**. Rio de Janeiro: Prentice-Hall, 1993. p. 408-420.

GARBOSA, F.G.; TRINDADE, J.L. Bioconversão de resíduos agroindustriais – uma revisão. In: SEMANA DE TECNOLOGIA EM ALIMENTOS, 5., 2007, Ponta Grossa, **Anais...** Ponta Grossa: Universidade Tecnológica do Paraná, v.02, n.1, 2007. Disponível em: <<http://www.pg.utfpr.edu.br/setal/docs/artigos/2008/a2/010.pdf>>. Acesso em: 10 mar 2011.

GARCIA-CARRENO, F.L.; HERNANDEZ-CORTES, M.P; HAARD, N. F. Enzymes with peptidase and proteinase activity from the digestive systems of a freshwater and a marine decapod. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 42, n. 7, p.1456-1461, 1994.

GILDBERG, A. Enzymes and bioactive peptides from fish waste related to fish silage, Fish Feed and Fish Sauce Production. **Journal of Aquatic Food Product Technology**. London, v. 13, n. 2, p. 3-11, 2004.

GILDBERG, A. Utilization of male arctic capelin and atlantic cod intestines for fish sauce production – evaluation of fermentation conditions. **Bioresource Technology**, Essex, v.76, n. 2, p. 119–123, 2001.

GILDBERG, A., 2002. Enhancing return from greater utilization. In: Bremner, H.A. (Ed.), **Safety and quality issues in fish processing**. Cambridge: Woodhead, 2002. p. 425-449.

GILL, I.; LÓPEZ-FANDIÑO, R.; JORBA, X.; VULFSON, E.N. Biologically active peptides and enzymatic approaches to their production. **Enzyme Microbiology Technology**, Surrey, v. 18, p. 162-183, 1996.

GODDARD, J.S.; PERRET, J.S.M. Co-drying fish silage for use in aquafeeds. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.118, p. 337-342, 2005.

GUERARD, F.; DUFFOSE, L.; DE LA BROISE, D.; BINET, A. Enzymatic hydrolysis of roteins from yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) wastes using alcalase. **Journal of Molecular Catalysis, B, Enzymatic**, Amsterdam, v. 11, p. 1051–1059, 2001.

HAARD, N.F. Seafood enzymes: The role of adaptation and other interspecific factors. In: HAARD, N.F.; SIMPSON, B.K. (Ed.) **Seafood Enzymes**. New York: Marcel Dekker, 2000. p.1-36.

HALL, G.M.; KEEBLE, D.; LEDWARD, D.A.; LAWRIE, R.A. Silage from tropical fish 1. Proteolysis. **Journal of Food Technology**, Faisalabad, v. 20, p. 561–572, 1985.

HAMILTON, S. J. Review of selenium toxicity in the aquatic food chain. **Science of the total environment**, Amsterdam, v. 326, p. 1-31, 2004.

HORST, M.A.; LAJOTO, F.M. Biodisponibilidade de compostos bioativos de alimentos. In: COZZOLINO, S.M.F. (Org.). **Biodisponibilidade de nutrientes**. 2 ed. São Paulo: Manole, 2007. v. 1, p. 679-731.

HUXTABLE, R.J. Physiological actions of taurine. **Physiological Reviews**, Tucson, n.72. v. 1, p. 63-101, 1992.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. 2010. Disponível em:

<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=1866&id_pagina=1>. Acesso em: 10 mai 2011.

JACOBI, P. Meio ambiente urbano e sustentabilidade: alguns elementos para a reflexão. In: CAVALCANTI, C. (Org.). **Meio ambiente, desenvolvimento sustentável e políticas públicas**. São Paulo: Cortez/Recife: Fundação Joaquim Nabuco, 1997. p.384-390.

JE, J.Y.; QIAN, Z.J.; BYUN, H.G.; KIM, S.K. Purification and characterization of an antioxidative peptide from tuna backbone protein by enzymatic hydrolysis. **Process Biochemistry**, Oxford, v. 42, n. 5, p. 840-846, 2007.

JUN, S.; PARK, P.; JUNG, W. Purification and characterization of an antioxidative peptide from enzymatic hydrolysate of yellowfin sole (*Limanda aspera*) frame protein. **European Food Research and Technology**, Heidelberg, v. 219, n. 1, p. 20-26, 2004.

JUSKAITĖ-NORBUTIENĖ, R.; MILIUTĖ, J.; CESNAITIS, R. Bio-degradable waste and by-products from food industry management systems in Lithuania: analysis, problems and improvement possibilities. **Environmental Research, Engineering and Management**, Kaunas, v. 4, n. 42, p. 60-69, 2007.

KIM, S. K.; KIM, Y. T.; BYUN, H. G.; NAM, K. S.; JOO, D. S.; SHAHIDI, F. Isolation and characterization of antioxidative peptides from gelatine hydrolysate of *Alaska Pollak* skin. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 49, p. 1984–1989, 2001.

KIM, S.K.; MENDIS, E. Bioactive compounds from marine processing by products – a review. **Food Research International**, Essex, v. 39, n. 4, p. 383-393, 2006.

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

KRISTINSSON, H.G., RASCO, B.A. Fish Protein Hydrolysates: Production, Biochemical and Functional Properties. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 40, n. 1, p. 43-81, 2000.

KUHN, C.R.; SOARES, G.J.D. Proteases e inibidores no processamento de surimi. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 8, n. 1, p. 5-11, 2002.

LAHL, W.J.; BRAUN, S.D. Enzymatic production of protein hydrolysates for food use. **Food Technology**, Chicago, v. 48, n. 10, p. 68-71, 1994.

LALDLAW, S.A.; GROSVENOR, M.; KOPPLE, J.D. The taurine content of common foodstuffs. **Journal of Parenteral and Enteral Nutrition**, Baltimore, v. 14, n. 2, p. 183-188, 1990.

LI, L.; WANG, J.; ZHAO, M.; CUI, C.; JIANG, Y. Artificial Neural Network for Production of Antioxidant Peptides derived from Bighead Carp Muscles with Alcalase. **Food Technology and Biotechnology**, Zagreb, v. 44, n. 3, p. 441-448. 2006.

LIEN, L.V.; PHUNG, N.T.; LY, L.V. Ensiled fish by-products as a protein supplement for fattening pigs. In: WORKSHOP-SEMINAR MAKIND BETTER USE OF LOCAL FEED RESOURCES, 2000, Cantho. **Resumes...** Cantho: SAREC/UAF, 2000.

LUSTOSA NETO, A. D. **Elaboração e caracterização química funcional e nutricional de ensilados de resíduos de pescado da família *Lutjanidae***. 1994. 77 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1994.

MACHADO, M.G.S.; SGARBIERI, V.C. Partial characterization and nutritive value of protein from pacu (*Colossoma mitrei*, Berg, 1895). **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Washington, v. 39, p. 1715-1718, 1991.

MAHENDRAKAR, N.S. Aquafeeds and meat quality of cultured fish. In: JOHN, G., NINAWA, A.S. (Ed.) **Aquaculture: feed and health**. New Delhi: Biotech Consortium India, 2000. p. 26-30.

MAHMOUD, M.I. Physicochemical and functional properties of protein hydrolysates in nutritional products. **Food Technology**, Chicago, v. 48, n. 10, p. 89-95, 1994.

MAHMOUD, M.I.; MALONE, W.T.; CORDLE, C.T. Enzymatic hydrolysis of casein: effect of degree of hydrolysis on antigenicity and physical properties. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 57, n. 5, p. 1223-1229, 1992.

MAINARDES-PINTO, C.S.R.; VERANI, J.R.; ANTONIUTTI, D.M. Estudo comparativo do crescimento de machos de *Oreochromis niloticus* em diferentes períodos de cultivo. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 6, n. 1-2, p. 19-27, 1989.

MARCHI, J. F. **Desenvolvimento e avaliação de produtos à base de polpa e surimi produzidos a partir de tilápia nilótica, *Oreochromis niloticus***. 1997. 85 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997.

MARCHUSCHI, M.; ESPÓSITO, T.S.; MACHADO, M.F.M.; HIRATA, I.Y.; MACHADO, M.F.M.; SILVA, M.V.; CARVALHO JUNIOR, L.B.; OLIVEIRA, V.; BEZERRA, R.S. Purification, characterization and substrate specificity of a trypsin from the Amazônia fish tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Biochemical and Biophysical Research Communications**, New York, v. 396, p. 667-673, 2010.

MARTINS, V.G.; COSTA, J.A.V.; PRENTICE-HERNÁNDEZ, C. Hidrolisado Protéico de pescado obtido por vias química e enzimática a partir de Corvina (*Micropogonias furnieri*). **Química Nova**, São Paulo, v. 32, n. 1, p. 61-66, 2009.

MONTEIRO, D.A.; RANTIN, F.T.; KALININ, A.L. Uso do selênio na dieta de matrinxã, *Brycon cephalus*. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 8, n.1, p. 32-47, 2007.

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

MOREIRA, R.L.; DA COSTA, J.M.; MOURA, P.S.; FARIAS, W.R.L. Salinidade da água e suplementação alimentar com microalga marinha no crescimento e masculinização de *Oreochromis niloticus*, Tilápia do Nilo. **Bioscience Journal**, Uberlandia, v. 7, n. 1, p.116-124, 2011.

NAYLOR, R.L.; GOLDBURG, R.J.; PRIMAVERA, J.H.; KAUTSKY, N.; BEVERIDGE, M.C.M.; CLAY, J.; FOLKE, C.; LUBCHENCO, J.; MOONEY, H.; TROELL, M. Effect of aquaculture on world fish supplies. **Nature**, London, v. 405, n. 6790, p. 1017-1024, 2000.

NEVES, R.A.M.; MIRA, N.V.M.; LANFER MARQUEZ, U.M. Caracterização de hidrolisados enzimáticos de pescado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 1, p. 101-108, 2004.

NEWSHOLME, E.A.; LEECH, A.R. Biochemistry for the medical sciences. **Acta Physiologica Scandinavica**, Stockholm, v. 12, p. 7-93, 1983.

NILSANG, S.; LERTSIRI, S.; SUPHANTHARIKA, M.; ASSAVANING, A. Optimization of enzymatic hydrolysis of fish soluble concentrate by commercial proteases. **Journal of Food Engineering**, London, v. 70, n. 4, p. 571-578, 2004.

NOLASCO, A.M. **Resíduos da colheita e beneficiamento da caixeta – *Tabebuia cassinoides* (Lam) D.C.**: caracterização e perspectivas. 2000. 171 p. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2000.

NUNES, M. L. Silagem de pescado. In: OGAWA, M.; MAIA, E.L. **Manual de pesca**. São Paulo, 1999. p. 371-379.

OETTERER, M. **Agroindústrias beneficiadoras de pescado cultivado**: unidades modulares e polivalentes para implantação, com enfoque nos pontos críticos higiênicos e nutricionais. 1999. 196 p. Tese (Livre Docência) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1999.

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

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

OETTERER, M; ESPÍNDOLA-FILHO, A.; MORALLES-ULLOA, D. F.; FERRAZ - ARRUDA, L.; BORGHESI, R. Bioconversão de resíduos do pescado para obtenção de subprodutos In: WORKSHOP BRASILEIRO EM APROVEITAMENTO DE SUBPRODUTOS DE PESCADO,1. Itajaí, 2003. Itajaí: WARP, 2003. CD-ROM.

OGAWA, M.; MAIA, E. L. **Manual de pesca, ciência e tecnologia do pescado.** São Paulo, Varela, 1999. v. 1, 453 p.

OLIVEIRA, M.M.; PIMENTA, M.E.S.G.; CAMARGO, A.C.S.; FIORINI, J.E.; PIMENTA, C.J. 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, 2006.

PELIZER, H.L; PONTIERI H.M; MORAES O.I. Utilização de resíduos agroindustriais em processos biotecnológicos como perspectiva de redução do impacto ambiental. São Paulo: **Journal of Technology Management & Innovation**, Santiago, v. 2, n.1, p. 118-127, 2007.

PENNINGTON, J.A.T. Food composition databases for bioactive food components. **Journal of Food Composition and Analysis**. San Diego, v. 15, n. 4, p. 419-434, 2002.

PETERS, G.M.; MAHER, W.A.; KRIKOVA, F.; ROACH, A.C.; JESWANI, H.K.; BARFORD, J.P.; GOMES, V.G.; REIBLE, D.D. Selenium in sediments, pour water and benthic in fauna of Lake Macquarie, New South Wales, Australia. **Marine Environmental Research**, Barking, v. 47, p. 491-508, 1999.

PIHLANTO-LEPPÄLÄ, A. Bioactive peptides derived from bovine whey proteins: opioid and ace-inhibitory peptides. **Trends in Food Science and Technology**, Cambridge, v.11, n. 9, p. 347-356, 2001.

PINTO, G.A.S.; BRITO, E.S.; ANDRADE, A.M.R.; FRAGA, S.L.P.; TEIXEIRA, R.B. Fermentação em estado sólido: Uma alternativa para o aproveitamento e valorização de resíduos agroindustriais tropicais. **Comunicado Técnico Embrapa**, n.102, ed. 1, 2005. Disponível em http://www.cnpat.embrapa.br?home/down/index.php?pub/cot_102.pdf. acesso em: 07 jan 2011.

POERNOMO, A.; BUCKLE, K.A. Crude peptones from cowtail ray (*Trygon sephen*) viscera as microbial growth media. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, Oxford, v. 18, p.333-340, 2002.

POPULATION REFERENCE BUREAU. **World Population Data Sheet**. 2010. Disponível em: <http://www.prb.org/pdf10/10wpds_eng.pdf>. Acesso em: 10 mai 2011.

PRATES, J.A.M.; MATEUS, C.M.R.P. Physiologically active components from animal food sources. **Revista Portuguesa de Ciência Veterinária**, Lisboa, v. 97, n. 541, p.3-12, 2002.

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

RAGHUNATH, M.R.; MCCURDY, A.R. Autolysis-Resistant Sediment in Fish Silage. **Biological Wastes**. Barking, GB, v. 20, p. 227-239, 1987.

RISTIC, M. D.; FILIPOVIC, S. S.; SAKAC, M.L.J. Liquid protein feedstuffs from freshwater fish by-products as a component of animal feed. **Romanian Biotechnological Letters**, Bucharest, v. 7, n. 3, p. 729-736, 2002.

RUITER, A. **Fish and fishery products: composition, nutritive properties and stability.** Wallingford: CAB International. 1995. cap. 9, p. 261-285

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

SANTOS, S.D.; MARTINS, V.G.M.; SALAS-MELLADO, M.; PRENTICE-HERNÁNDEZ, C. Otimização dos parâmetros de produção de hidrolisados protéicos enzimáticos utilizando pescado de baixo valor comercial. **Química Nova**, São Paulo, v. 32, n. 1, p.72-77, 2009.

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

SHAHIDI, F.; HAN, X.Q.; SYNIWIECKI, J. Production and characteristic of protein hydrolysates from capelin (*Mallotus villosus*). **Journal of Food Chemistry**, Barking, v.53, p. 285-293, 1995.

SHAHIDI, F.; JANAK-KAMIL, Y.V.A. Enzymes from fish and aquatic invertebrates and their application in the food industry. **Trends in Food Science and Technology**, Newfoundland, v. 12, p. 435-464, 2001.

SHI, J.; MAZZA, G.; MAGUER, M.L. **Foods: biochemical and processing aspects.** Boca Raton: CRC Press, 2002. v. 2.

SHIRAI, K; GUERRERO, I.; HUERTA, S.; SAUCEDO, G.; CASTILHO, 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**, Surray, v.28, p. 446-452, 2001.

SIKORSKI, Z.E.; KOLAKOWSKA, A.; BURT, J.R. Cambios bioquímicos y microbianos subsiguientes a la captura. In: SIKORSKI, Z.E. **Tecnología de los productos del mar: recursos, composition y conservation**. Zaragoza: Acribia, 1994. cap. 4, p. 73-101.

SIMOPOULOS, A.P. Omega 3 fatty acids in health and disease growth and development. **The American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 54, n. 3, p.438-63, 1991.

SISINNO, C.L.S. Disposição em aterros controlados de resíduos sólidos industriais não inertes: avaliação dos componentes tóxicos e implicações para o ambiente e para a saúde humana. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 2, p. 369-374, 2003.

SKANDERBY, M. Protein hydrolysates: their functionality and applications. **European Food Technology International**, Munchen, v. 10, p. 141-144, 1994.

SOUZA, M.L.R. **Tecnologia para processamento das peles de peixe**. Maringá: Universidade Estadual de Maringá. 2004. 59p. (Coleção Fundamentum.)

SOUZA, M.L.R.; MARANHÃO, T.C.F. Rendimento de carcaça, filé e subprodutos da filetagem da tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (L), em função do peso corporal. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 23, n. 4, p. 897-901, 2001.

STAPLETON, P.P.; O'FLAHERTY, L.; REDMOND, H.P.; BOUCHLER-HAYES, D.J. Host defense - a role for the amino acid taurine. **Journal of Parenteral and Enteral Nutrition**, Baltimore, v. 1, n. 22, p. 6-45, 1998.

STEFFENS, W. **Principios fundamentales de la alimentación de los peces**. Zaragoza: Acribia, 1987. 257p.

STEVANATO, F.B.; SOUZA, N.E.; MATSUSHITA, M.; VISENTAINER, J.V. Aproveitamento de resíduos, valor nutricional e avaliação da degradação de pescado. **PUBVET**, Londrina, v. 1, n. 7, 2007. Disponível em: <http://www.pubvet.com.br/artigos_imp.asp?artigo=171>. Acesso em: 21 jun 2010.

STORI, F.T. **Avaliação dos resíduos da industrialização do pescado em Itajaí e Navegantes (SC), como subsídio à implementação de um sistema gerencial de bolsa de resíduos**. 2000. 145 p. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade do Vale do Itajaí, Itajaí, 2000.

STRANGES, S.; MARSHALL, J.R.; TREVISAN, M.; NATARAJAN, R.; DONAHUE, R.P.; COMBS, G.F.; FARINARO, E.; CLARK, L.C.; REID, M.E. Effects of selenium supplementation on cardiovascular disease incidence and mortality: secondary analyses in a randomized clinical trial. **American Journal of Epidemiology**, Baltimore, v. 163, n.8, p. 694-699, 2006.

STRAUS, E.L.; MENEZES, L.V.T. Minimização de resíduos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 17., 1993, Natal. **Anais...** Natal: ABES, 1993, p.212-225.

STROM, T.; EGGUM, B.O. Nutritional value of fish viscera silage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 32, n. 2, p. 115-20, 1981.

SUCASAS, L.F.A. **Avaliação do resíduo do processamento de pescado e desenvolvimento de co-produtos visando o incremento da sustentabilidade na cadeia produtiva**. 2011. 164 p. Tese (Doutorado em Ciências) – Química na Agricultura e no Ambiente – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

TATTERSON, J.N.; WINDSOR, M.L. Fish silage. **Journal of Science Food and Agriculture**, London, v. 25, n. 1, p. 369-379, 1974.

TIMOFIECSYK, F. R.; PAWLOWSKY, U. Minimização de Resíduos na Indústria de Alimentos: revisão. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 18, n. 2, p. 221-236, 2000.

VÁZQUEZ, J.A.; GONZÁLEZ, M.P.; MURADO, M.A. Preliminary tests on nisin and pediocin production using waste protein sources factorial and kinetic studies. **Bioresource Technology**, Essex, v. 97, p. 605-613, 2006.

VECHT-LIFSHITZ, S.E.; ALMAS, K.A., ZOMER, E. 1990. Microbial growth on peptones from fish industrial wastes. **Letters in Applied Microbiology**, Oxford, UK, v. 10, p. 183-186.

VENUGOPAL, V.; SHAHIDI, F. 1995. Value added products from underutilized fish species. **Critical Review in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 35, p. 431-453.

VIDOTTI, R. M; GONÇALVES, G. S. **Produção e caracterização de silagem, farinha e óleo de Tilápia e sua utilização na alimentação animal**. Disponível em: <<http://www.pesca.sp.gov.br>>. Acesso em: 28 jan 2010.

VIDOTTI, R.M.; VIEGAS, E.M.M.; CARNEIRO, D.J. Amino acid composition of processed silage using different raw materials. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 105, n. 1, p. 199-204, 2003.

VIDOTTI, R.M; CARNEIRO, D.J.; VIEGAS, E.M.M. Acid and fermented silage characterization and determination of apparent digestibility coefficient of crude protein for pacu (*Piaractus mesopotamicus*). **Journal of the World Aquaculture Society**, Baton Rouge, v. 33, n. 1, p. 57-62, 2002.

VIEIRA, G.H.F.; VIEIRA, R.H.S.F.; MACRAE, A.; SOUSA, O.V. Peptone preparation from fishing by-products. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. London, v. 85, p. 1235-1237, 2005.

VIOQUE, J.; PEDROCHE, J.; YUST, M. M.; LQARI, H.; MEGÍAS, C.; GIRÓN-CALLE, J.; ALAIZ, M.; MILLÁN, F. Peptídeos bioativos em proteínas vegetais de reserva. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, p. 99-102, 2006.

WINDSOR, M.K.; BARLOW, S. **Introduction to the fishery by products**. Oxford: Fishing News Books, 1981. 187p.

ZAVAREZE, E.R.; SILVA, C.M.; SALAS-MELLADO, M.; PRENTICE-HERNÁNDEZ, C. Funcionalidade de hidrolisados protéicos de cabrinha (*Prionotus punctatus*) obtidos a partir de diferentes proteases microbianas. **Química Nova**, São Paulo, v. 32, n. 7, p.1729-1742, 2009.

ZHONG, Y.; MADHUJITH, T.; MAHFOUZ, N.; SHAHIDI, F. Compositional characteristics of muscle and visceral oil from steelhead trout and their oxidative stability. **Food Chemistry**, Barking, v. 104, p. 602-608, 2007.

3 CARACTERIZAÇÃO DA FRAÇÃO AQUOSA OBTIDA DO FRACIONAMENTO DA SILAGEM QUÍMICA DE SARDINHA VISANDO OBTENÇÃO DE PEPTONA

Resumo

O pescado apresenta aspectos relevantes para produção de co-produtos devido ao seu valor nutricional, sensibilidade à hidrólise e composição de aminoácidos. A elaboração de silagem química de sardinha (*Sardinella brasiliensis*) é uma forma de conservar o resíduo do processamento. Este co-produto ao ser fracionado pode constituir em fonte potencial de peptonas a serem utilizadas como meio de crescimento microbiano e para produção de fármacos. Buscou-se determinar a composição química e analisar os aminoácidos presentes nas silagens químicas de resíduos de sardinha (*Sardinella brasiliensis*) e suas respectivas frações aquosas. As silagens foram elaboradas com resíduos de sardinha, constituídos por brânquias, vísceras, cabeças, escamas, espinhas dorsais e descartes de tecidos musculares, obtidos durante o processamento de 294 peixes. O material foi triturado em equipamento (modelo 98, CAF), pesado em porções de 470 g e acondicionado em 18 recipientes de vidro; em 9 destes foi adicionado o ácido cítrico 5% (v/p) (T1) e nos restantes, ácido fórmico:propiônico 3:1 na proporção de 3% (v/p) (T2). O pH foi controlado diariamente, e mantido próximo a 4. A liquefação das silagens ocorreu aos oito dias para T1 e dez dias para T2. Após a estabilização hidrogeniônica, foi realizado o fracionamento em centrífuga refrigerada (modelo 5810R, Eppendorf) sob rotação de 4840 x g; 0 °C; 20min. Para T1 foram obtidos 17,1% de fração lipídica, 27,2% de fração aquosa (F1) e 55,7% de fração sedimentada. Para T2 foram obtidos 15,1% de fração lipídica, 31,8% de fração aquosa (F2) e 53,1% de fração sedimentada. As silagens e suas respectivas frações aquosas apresentaram todos os aminoácidos essenciais. O aminoácido em maior concentração foi o ácido glutâmico em T1 e F1, sendo 12,30 e 11,53 g/100g de proteína, respectivamente. Para T2 o maior valor encontrado foi para glicina, da ordem de 11,94 g/100g de proteína; e para F2 o ácido glutâmico com 11,25 g/100g de proteína. Dentre os aminoácidos essenciais, os teores encontrados para a lisina foram 9,83; 9,66; 8,63 e 8,61 g/100g de proteína, para T1, F1, T2 e F2, respectivamente. Os

resultados indicaram a possibilidade das frações aquosas serem empregadas como peptonas, devido aos teores de alguns aminoácidos existentes serem semelhantes e/ou superiores aos dos produtos comerciais.

Palavras-chave: Resíduo de pescado; Silagem ácida; Aminoácidos; *Sardinella brasiliensis*; Peptona

Abstract

Fish presents relevant aspects for co-products production due to its nutritional value, sensitivity to hydrolysis and amino acids composition. The elaboration of sardine's silage (*Sardinella brasiliensis*) is a way to preserve the residue from processing, which when fractionated, can constitute a potential source of peptones used as a means of microbial growth and in production of medicines. Was determined the chemical composition and analyze the amino acids present in chemical silage of sardine's waste and its aqueous fractions. The ensilation were prepared from waste sardines, consisting of gills, viscera, heads, scales, spines and discharges of muscle tissue, corresponding 294 fish processed. The material was crushed in equipment (model 98-CAF), weighed, and equally split into 18 glass containers (470 g/container) and in 9 was added citric acid 5% (v/w) (T1) and the remaining was added 3% (v/w) mixture of propionic and formic acid 3:1 (T2). The pH was daily monitored and kept close to 4. The liquefaction of the silage occurred during eight days for T1 and ten days for T2. After stabilizing hydrogen ion, the fractionations were carried out in refrigerated centrifuge (model 5810R, Eppendorf) under rotation of $4840 \times g$, 0°C , 20min. For the T1 was obtained 17.1% of lipid fraction, 27.2% of the aqueous fraction (F1) and 55.7% sedimented fraction. For the T2 was obtained 15.1% of total lipids, 31.8% aqueous fraction (F2) and 53.1% of sedimented fraction. Silages and their aqueous fractions showed the presence of all essential amino acids. The highest concentration amino acid found in T1 and F1 was glutamic acid being, 12.30 and $11.53 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ of protein, respectively. For T2, glycine had the highest value ($11.94 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ of protein) and for F2 the highest content was found for glutamic acid ($11.25 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ of protein). Among the essential amino acids, lysine showed 9.83, 9.66, 8.63 and $8.61 \text{ g}/100\text{g}$ crude protein, for T1, F1, T2 and F2, respectively. The results indicated the possibility of aqueous fractions were employed as peptones, due to the levels of amino acids are similar and/or superior to commercial products.

Keywords: Fish waste; Ensilation; Amino acids; *Sardinella brasiliensis*; Peptone

3.1 Introdução

A sardinha-verdadeira (*Sardinella brasiliensis*) é uma espécie pelágica (do latim *pelagos*, que significa o “mar aberto”) pertencente à família *Clupeidae*. São peixes que vivem em cardumes, estando adaptados tanto a águas frias quanto quentes, e podem medir entre 11 e 20 cm de comprimento (SIKORSKI, 1990). É caracterizada como o recurso pesqueiro mais tradicional no Brasil, tem ocorrência costeira e fácil captura, sendo encontrado nas regiões do Cabo de São Tomé (22°S) – RJ e Cabo de Santa Marta Grande (28°S) – SC, entre 10 e 100 m de profundidade (IBAMA, 2010).

Em 2000, a sardinha foi capturada acima dos níveis aceitáveis de sustentabilidade do recurso, ocasionando a sobreexploração da espécie, promovendo redução no número de peixes e comprometendo o potencial de desova. Para promover o aumento da população reprodutiva e, conseqüente, recuperação dos estoques, ocorreu a implantação do “defeso” (01 de novembro a 15 de fevereiro e 15 de junho a 31 de julho), resultando na recuperação dos estoques de sardinha neste período (BRASIL, 2010).

Allen e Foegeding (1981) investigando o valor nutricional do músculo de peixes pelágicos relataram que a parte comestível destas espécies contém de 15 a 24% de proteínas e que o teor de lipídeos é extremamente variável, podendo variar de 0,1 a 22%, sendo influenciado pela espécie, estado de maturação, estação do ano e alimentação. Feltes et al. (2010) corroboraram estas informações ao afirmarem que a sardinha é composta por 16,5 a 22,4% de proteína. Para esta espécie, a época de captura exerce grande influência em sua composição química, pois os pelágicos podem apresentar o teor de gordura aumentado ou diminuído, de acordo com a disponibilidade sazonal de alimentos (POMBO, 2007).

A variação na composição química se reflete, principalmente, nos lipídeos com um aumento progressivo no teor de gordura da carne a partir da nadadeira caudal para a cabeça, sendo que o teor de lipídeos do fígado mostra grandes flutuações sazonais, influenciado pela variação na alimentação e mudanças metabólicas durante o ciclo reprodutivo (STONE; HARDY, 1986).

A industrialização deste pescado gera aproximadamente 35 e 47,8% de resíduos nas linhas de eviscerados e espalmados, respectivamente (SEIBEL; SOUZA-SOARES, 2003). Na indústria de conservas de sardinha, são desperdiçados cerca de 40% da matéria-prima sendo o material residual constituído de cabeças, vísceras e aparas. Esse material, normalmente, é destinado à produção de farinha e óleo de peixe de qualidade reduzida (BATISTA et al., 2009).

Os resíduos sólidos do beneficiamento do pescado são dirigidos, principalmente, à alimentação animal. Entretanto, o valor nutricional desse material, rico em proteínas e ácidos graxos da série ômega-3, incentiva o desenvolvimento de produtos para outros fins. A cadeia produtiva do pescado apresenta quantidades consideráveis de materiais não aproveitados, produzidos durante as etapas de processamento, comercialização e captura (ARVANITOYANNIS; KASSAVETI, 2008). Esse material residual interfere na sustentabilidade produtiva devido à falta de aproveitamento e poluição ambiental causada pela ausência de destino final adequado (SUCASAS, 2011), pois nem sempre é economicamente viável o transporte dos mesmos para fábricas de processamento de co-produtos. Para tanto, a criação de novos produtos no mercado pode ser viabilizada pela otimização e redução do volume de resíduos sólidos do processamento de pescado, oferecendo vantagens sob o aspecto econômico e social com o surgimento de tecnologias com alto valor agregado (ESPINDOLA FILHO; OETTERER; TRANI, 2001).

A utilização de resíduos do processamento de pescado e a inserção de espécies subutilizadas são alternativas para minimizar a escassez de produtos protéicos, além de reduzir o volume de resíduos que causam impacto ambiental (SILVA; LANDELL FILHO, 2003). A indústria do pescado representa grande potencial, com possibilidade de transformação do material a ser descartado em produtos com diferencial mercadológico. A utilização de tecnologias para aumentar o aproveitamento deste material pode possibilitar o aumento da capacidade da indústria em suprir a demanda dos consumidores, por produtos de maior valor agregado (FELTES et al., 2010). O resíduo do processamento pode ser transformado em silagem, hidrolisados, farinha, óleo para suplementação humana, ou ainda biocombustíveis (WIGGERS et al., 2009; WISNIEWSKI JUNIOR et al., 2010).

O hidrolisado protéico apresenta-se como uma alternativa para o aproveitamento do resíduo de pescado, devido ao seu alto teor protéico, com presença de peptídeos e aminoácidos com características flavorizantes, caracterizando-se como uma excelente fonte nutricional (ASPMO; HORN; EIJSINK, 2005). São definidos como proteínas que são clivadas em peptídeos de diferentes tamanhos, através de enzimas que atuam como catalisadores biológicos que aceleram a hidrólise. Podem ser liberados a partir de proteínas precursoras de enzimas digestivas durante a digestão gastrointestinal ou em processos proteolíticos *in vitro* com proteases endógenas (VIOQUE et al., 2006). É considerado um processo eficiente por produzir um material solúvel com alta qualidade nutricional, entretanto é dependente de fatores como temperatura, reagentes químicos, pH, concentração, especificidade enzimática, substrato e tempo de incubação (ADLER-NISSEN, 1986). Hidrolisados protéicos de peixes têm sido relatados como substrato para crescimento microbiano (DUFOSSÉ; BROISE; GUERARD, 2001) e biossíntese de enzimas (HALTRICH; LAUSSAMAYER; STEINER, 1994; RAPP, 1995).

Conforme designado pela Food and Agriculture Organization (FAO), o hidrolisado protéico de pescado (Fish Protein Hydrolysate – FPH), apresenta-se como uma fonte de alto valor agregado por apresentar concentração protéica de 90%, demonstrando propriedades funcionais úteis para a indústria de alimentos (OETTERER, 2006). Pastoriza et al. (2003) ao estudarem hidrolisados enzimáticos de vísceras de arraia (*Raja clavata*) concluíram que hidrolisados elaborados com enzimas endógenas são mais eficazes do que os obtidos com enzimas comerciais, entretanto, apresentam menor rendimento.

Durante as etapas de captura, processamento e comercialização do pescado, a considerável geração de resíduos sólidos tornou-se um problema, necessitando de conservação e aproveitamento. A elaboração da silagem a partir do material residual é uma forma para redução da poluição ambiental (BORGHESI; FERRAZ - ARRUDA; OETTERER, 2008; VIDOTTI, GONÇALVES, 2010; SANTANA-DELGADO; AVILA; STELO, 2008) e, pode promover a sustentabilidade da cadeia produtiva do pescado (ARVANITOYANNIS; KASSAVETI, 2008; SEIBEL; SOUZA-SOARES, 2003).

A silagem química de pescado é uma forma de hidrolisado ácido que se apresenta como alternativa pouco onerosa para o aproveitamento de resíduos, devido

ao fácil preparo e não exigir alto investimento. A silagem é um método antigo de preservação da matéria orgânica (SHIRAI et al., 2001), entretanto, possui menor padronização e controle que os hidrolisados obtidos com adição de enzimas específicas. Constitui-se de um produto liquefeito obtido pela ação de ácidos ou fermentação microbiana de peixes inteiros ou de resíduos do beneficiamento de pescado (KOMPIANG, 1981). O tratamento ácido possui a capacidade de controle sobre a formação de esporos bacterianos como o *Clostridium botulinum*, garantindo a preservação do produto. Quando adicionado, o ácido difunde-se para as células até alcançar o equilíbrio com o gradiente do pH através da membrana celular (BRUL; COOTE, 1999).

O objetivo da silagem de pescado é acidificar o meio para garantir a conservação do material, evitando a putrefação bacteriológica (CARMO et al., 2008). Dessa forma, a seleção do agente acidificante interfere no desempenho, liberação de peptídeos e nos custos da silagem elaborada. A mistura de ácidos é recomendada, sendo que alguns ácidos, como o propiônico, auxiliam no controle do crescimento microbiano. Disney, Tatterson e Olley (1977) ao avaliarem a elaboração de silagens químicas com diferentes acidificantes, relataram que a combinação de um ácido inorgânico ao ácido fórmico (combinando a redução do pH à ação bactericida) promove um tratamento econômico e eficiente. O ácido propiônico inibe o crescimento de fungos em concentrações de 0,2%. Se utilizados apenas ácidos inorgânicos, o pH deve ser mantido em torno de 2 para evitar a ação bacteriana, necessitando de neutralização antes do uso como ingrediente em formulações dietéticas (VIDOTTI, 2001). Com a utilização de ácidos orgânicos, que possuem propriedades antibacterianas, o pH deverá estar entre 4 e 4,5 (LO; LIAO; GAO, 1993).

A silagem possui simplicidade tecnológica, baixo custo de produção, odores e efluentes reduzidos, dispensa mão de obra especializada, independe de escala, apresenta rapidez em clima tropical, alto valor protéico e pode ser produzida e utilizada localmente beneficiando o pequeno produtor (SUCASAS, 2011).

A composição química da silagem possui semelhança à da matéria-prima de origem, todavia, varia conforme a espécie de pescado utilizada, época do ano, tipo de alimentação, grau de maturação gonadal e sexo (BORGHESI; FERRAZ - ARRUDA;

OETTERER, 2007; DISNEY; TATTERSON; OLLEY, 1977; FERRAZ - ARRUDA, BORGHESI; OETTERER, 2007; KOMPIANG, 1981).

A liquefação da massa aumenta, gradativamente, resultando em um produto líquido-pastoso de coloração marrom e aroma ácido (FERRAZ - ARRUDA et al., 2009; MORALLES-ULOA; OETTERER, 1997), devido à contínua hidrólise protéica que ocorre na silagem pela ação de enzimas proteolíticas, principalmente as das vísceras (HARDY et al., 1983; GODDARD; PERRET, 2005; OETTERER, 1994).

As enzimas proteolíticas naturalmente presentes nos peixes e responsáveis pela hidrólise protéica e lipídica do material ensilado, possuem sua atividade acelerada por meio da adição de ácidos, pois alcançam maior efetividade em valores de pH na faixa de 2 a 4 (GILDBERG, 2004; SANTANA-DELGADO; AVILA; STELO, 2008). Os produtos advindos destas reações hidrolíticas são ricos em proteínas, peptídeos de cadeia curta e aminoácidos que podem ter interesses funcionais ou serem utilizados para produção de peptonas (GODDARD; PERRET, 2005). Peptídeos bioativos geralmente contêm 20-30 resíduos de aminoácidos, sendo sua atividade baseada em sua composição e sequência de aminoácidos. São inativos em sua sequência original, mas ao serem liberados pela hidrólise apresentam atividade (PIHLANTO-LEPPALA, 2001).

Alguns peptídeos marinhos apresentam propriedades benéficas à saúde, como controle de obesidade e prevenção ao mal de Alzheimer e podem ser utilizados como suplementos protéicos (KADAM; PRABHASANKAR, 2010). Assim, peptídeos bioativos marinhos podem ser utilizados como matéria-prima para produção de nutracêuticos, produtos farmacêuticos e ingredientes em alimentos para humanos (KIM; WIJESEKARA, 2010). Já a peptona de víscera de pescado é uma excelente fonte de nitrogênio para meio de crescimento microbiano. Tem sido utilizada no cultivo de patógenos como *Vibrio salmonicida* para produção de vacinas, e demonstrado boa qualidade em relação ao interesse comercial (ALMAS; VOIGT; BOTTA, 1990; VECHT-LIFSHITZ; ALMAS; ZOMER, 1990). Por outro lado, as peptonas extraídas a partir de hidrolisados de resíduos musculares de pescado não apresentam bons resultados como os viscerais, que caracterizam melhor rendimento e menor custo na preparação para utilização como meio de crescimento microbiano devido à presença de enzimas digestivas (VÁZQUEZ; GONZÁLEZ; MURADO, 2004).

Normalmente, as peptonas são derivadas de bovinos e suínos, como carne e órgãos internos, gelatina e leite, plantas e leveduras, que são os ingredientes dos meios de enriquecimento (ASPMO; HORN; EIJSINK, 2005). Desta forma, foi investigada a produção de silagens químicas de resíduos de sardinha visando à obtenção de co-produtos com maior facilidade de adequação em escala piloto e o fracionamento desta visando aproveitamento e caracterização da fração aquosa para provável utilização como peptona para meios microbianos.

3.2 Desenvolvimento

3.2.1 Obtenção da silagem química de sardinha

A matéria-prima para elaboração da silagem química de pescado constituiu-se de resíduo de sardinhas (*Sardinella brasiliensis*) obtido durante processamento experimental realizado na planta piloto do Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição, *Campus* de Piracicaba, ESALQ-USP, São Paulo.

Figura 1 – Sardinhas-verdadeiras adquiridas em mercado varejistas

Os peixes, 294 indivíduos, com peso total de 25 kg e peso médio 0, 085 kg (Figura 1), foram provenientes do mercado varejista da região de Piracicaba-SP.

Figura 2 – Resíduos de sardinha

A matéria-prima, composta por brânquias, vísceras, cabeças, escamas, espinhas dorsais e descartes de tecido muscular (Figura 2), foi fragmentada em picador, equipamento elétrico modelo CAF-98 (Figura 3), totalizando 9 kg.

Figura 3 – Equipamento triturador de resíduo

Em seguida, o material foi pesado em porções de 470 g e distribuído uniformemente em 18 recipientes de vidro (Figura 4). Adicionou-se, em nove destes, o ácido cítrico na relação de 5% do volume da solução ácida para a massa de resíduo (v/p), conforme Lo; Liao e Gao (1993), e nos nove recipientes restantes, foi adicionado a mistura de ácidos (propiónico e fórmico na proporção 3:1) a 3% (v/p) (FERRAZ - ARRUDA, 2004).

Figura 4 – Recipientes pesados e preparados para adição de ácidos

O material foi homogeneizado manualmente, sob constante revolvimento para que todo o material entrasse em contato com o ácido ocasionando a uniformidade, conforme sugerido por Oetterer (1999) obtendo-se dois tratamentos de silagens químicas de sardinha, T1 e T2 (Figura 5). O pH foi controlado diariamente e mantido próximo a 4. As silagens permaneceram ao ambiente (25 ± 2 °C) por 11 dias, no caso da silagem preparada com ácido cítrico, e 9 dias para silagem de ácido fórmico:propiónico até a estabilização do pH.

Figura 5 – Fluxograma de obtenção da silagem de sardinha

3.2.2 Determinação do pH

As determinações foram feitas, a cada 24 horas, durante 11 dias e utilizou-se potenciômetro digital, marca Tecnal phmetro-TEC-3MP (Figura 6), expressando os resultados em duas casas decimais.

Figura 6 – Medição de pH das silagens

3.2.3 Análise visual de acompanhamento

Durante 11 dias, foi observado o comportamento da massa após a adição dos ácidos, quanto aos parâmetros de aparência (formação de massa uniforme, coloração e odor ácido característico).

3.2.4 Composição centesimal

Foram realizadas análises para determinação da composição química para o resíduo utilizado como matéria-prima, para os dois tratamentos das silagens químicas (T1 e T2) e suas respectivas frações aquosas (F1 e F2).

Todas as análises foram realizadas em triplicata e de acordo com Pregnotatto e Pregnotatto (1985) para os teores de umidade, cinza e lipídeos, e Johnson e Ulrich (1974) para proteínas. A umidade foi determinada através do método gravimétrico, em estufa a 105 °C até peso constante. O teor de matéria mineral foi medido pelo método gravimétrico, em mufla a 550 °C. A análise de proteínas foi realizada através do método Micro-Kjeldhal, com digestão em bloco digestor e em seguida destilação no destilador acoplado com posterior titulação com ácido sulfúrico 0,02N. A fração lipídica foi obtida

pelo método Soxhlet, utilizando-se como solvente o éter de petróleo, seguido de aquecimento em estufa até evaporação total do solvente.

3.2.5 Fracionamento das silagens

Após 11 dias, as silagens foram fracionadas em centrífuga refrigerada modelo 5810R, marca Eppendorf, a 4840 x g a 0 °C por 20min, conforme Bhaskar et al. (2008), obtendo-se três frações distintas, sendo uma lipídica, uma aquosa (F) e outra sedimentada. As frações aquosas foram designadas de F1 e F2, sendo F1 proveniente da silagem elaborada com ácido cítrico e F2 com fórmico:propiónico.

Aplicou-se a extração lipídica na fração aquosa pelo método de Bligh & Dyer (1959) com utilização de clorofórmio e metanol como solventes.

Figura 7 – Fluxograma do fracionamento das silagens de sardinha

O rendimento das frações foi calculado em porcentagem, com base nos pesos para cada fração em relação ao peso total da silagem.

3.2.6 Determinação da composição em aminoácidos

Realizou-se a determinação da composição em aminoácidos para os tratamentos T1 e T2, e suas respectivas frações aquosas, F1 e F2. Os aminoácidos foram determinados após digestão ácida e básica e separados por cromatografia de troca iônica (HPLC). As amostras foram analisadas por cromatografia líquida, em coluna de resina de troca catiônica e derivação pós-coluna com ninidrina, em auto-analisador. Para a quantificação dos aminoácidos, as amostras foram hidrolisadas com HCl 6N, por 22 horas a 110 °C, de acordo com método descrito por Moore e Stein (1963).

O triptofano foi determinado após hidrólise enzimática com Pronase a 40 °C, por 24 horas, seguido da reação colorimétrica com 4-Dimetil-Amino-Benzaldeído (DBA) em ácido sulfúrico 21,2 N e leitura a 590 nm. O teor de triptofano foi calculado a partir da curva padrão, segundo Spies (1967). As análises foram realizadas pelo laboratório CBO Assessoria & Análise, localizado em Campinas, São Paulo.

3.2.7 Extração de lipídeos da fração aquosa

Os lipídeos foram extraídos, pelo método de Bligh & Dyer (1959) com utilização de clorofórmio e metanol como solventes, das frações aquosas obtidas após centrifugação.

3.2.8 Análise estatística

Todos os resultados foram analisados estatisticamente para avaliar os dois tratamentos e suas frações aquosas. Os dados foram submetidos a análise de variância e utilizou-se o teste de Tukey, a 5% de probabilidade, para comparação entre as médias, por meio do sistema computacional estatístico *Statistical Analysis System* - SAS (SAS, 2002).

3.2.9 Resultados e discussão

3.2.9.1 Elaboração da silagem

No Brasil, a silagem ainda não é difundida em escala industrial, entretanto, conforme atesta Bower e Hietaka (2008) é uma técnica de preservação que pode ser utilizada, principalmente, em locais em que não existam unidades de processamento de resíduos de pescado ou que seja economicamente inviável a sua instalação.

O processo para obtenção de silagem mostrou-se simples, prático e econômico, não exigindo equipamentos e procedimentos custosos, sendo, portanto, uma alternativa para obtenção de co-produtos de pescado conforme já afirmado por Ferraz - Arruda et al. (2009).

Nos dois tratamentos (T1 e T2), observou-se que a liquefação da massa homogênea iniciou-se entre o 2º e 3º dias e aumentou, gradativamente, até o final do experimento, resultando, em um produto liquefeito, de coloração marrom e aroma ácido, conforme apresentado por Ferraz - Arruda et al. (2009) para outras espécies. Este aspecto pode ser atribuído à contínua hidrólise protéica ocasionada pela ação das enzimas proteolíticas naturalmente presentes no pescado, principalmente nas vísceras, e acelerada pela inclusão dos ácidos que provocaram as condições adequadas para a ação enzimática nos tecidos, e consequente, limitação no crescimento microbiano, conforme descrito por Kompang (1981) e Gildberg (2004).

A rápida liquefação ocorrida nesta pesquisa pode ser atribuída à ação enzimática, uma vez que as enzimas presentes caracterizam-se por apresentar maior atividade em pH ácido e sob temperaturas entre 20-40 °C. Em temperaturas inferiores, a liquefação ocorre de forma lenta, conforme relatado por Tatterson (1982). A liquefação completa das silagens de peixe pode ser favorecida por valores de pH entre 3,8 e 4 e temperaturas acima de 27 °C, sendo que as transformações mais notórias conduzidas pela atividade das enzimas proteolíticas naturalmente presentes, que ocorrem durante a armazenagem da silagem, são a autólise e a liberação de amônia (DISNEY et al., 1979). A extensão da autólise de diferentes partes do pescado está relacionada com o material utilizado, ou seja, com o peixe inteiro ou em partes, sendo

no caso deste experimento, todo o material encontrava-se triturado, o que facilitou a autólise e a liquefação.

3.2.9.2 Seleção dos agentes acidificantes

A maioria das pesquisas aponta a utilização da solução de ácido fórmico:propiónico para elaboração da silagem química de pescado. Esta solução combina a presença de ácido orgânico e ácido inorgânico e não propicia pH acentuadamente baixo, uma vez que, o uso apenas de ácidos inorgânicos reduz o pH para cerca de 2, necessitando de uma neutralização posterior à hidrólise (WIGNALL; TATTERSON, 1976).

Para este co-produto ser realmente sustentável, a seleção do agente acidificante deve ser baseado no custo, disponibilidade, ação bactericida, periculosidade do ácido ao ambiente e à saúde humana e aponta para a necessidade de novos estudos com o ácido cítrico (SUCASAS, 2011). Este, além de ser um ácido orgânico, oferece menor risco ao ambiente e à saúde, não é um produto controlado e possui valor comercial acessível, além de ser comumente utilizado em indústrias de alimentos e bebidas para ajustar o pH e também, como agente antioxidante (LO; LIAO; GAO, 1993).

Os valores de pH, para as duas silagens, estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Características físicas das silagens e quantidade de solução acidificante empregada para controle do pH

Silagem	T (°C)	pH _m	pH _f	ácido (mL)	Período (dias)
T1	25 ± 3	3,94 ± 0,04	3,91	62,5	10
T2	25 ± 3	3,87 ± 0,03	3,84	39	8

T1 = silagem elaborada com ácido cítrico;

T2 = silagem elaborada com ácidos fórmico:propiónico.;

pH_m = média de pH durante período de estabilização;

pH_f = pH final após estabilização

As silagens elaboradas com o ácido cítrico e com os ácidos fórmico e propiónico ao apresentarem valor final para pH de 3,91 e 3,84, respectivamente, têm garantido a qualidade desta. Beraquet e Galacho (1983) também obtiveram pH na faixa de 3,2 a 3,9 para silagens elaboradas com sardinhas (*Sardinella brasiliensis*).

Não houve crescimento fúngico e a estabilidade foi atingida no 8º dia de hidrólise para T2, e no 10º dia para T1.

O menor período necessário para atingir a estabilidade pelo T2 deve ser atribuído à solução ácida utilizada (ácido fórmico e propiônico; 3:1) que, conforme diversos autores já demonstraram anteriormente, permite a produção de silagem estável mais rapidamente e com pH adequado (BORGHESI; FERRAZ - ARRUDA; OETTERER, 2008; FERRAZ - ARRUDA et al., 2009; LO; LIAO; GAO, 1993; KOMPIANG, 1981; MORALLES-ULLOA; OETTERER, 1995; TATTERSON; WINDSOR, 1974).

A silagem com 5% de ácido cítrico foi estabilizada no 10º dia após inclusão diária de ácido cítrico. Esta maior necessidade de controle do pH, está em conformidade ao apresentado por Lo, Liao e Gao (1993). Estes autores relataram que as silagens elaboradas com 2 e 3% de ácido cítrico apresentaram elevação de pH, não atingindo a estabilidade durante 30 dias.

De acordo com dados obtidos por Sucasas (2011), o valor de um litro dos ácidos cítrico, fórmico e propiônico são de R\$ 19,00, R\$ 18,55 e R\$187,53, respectivamente. Dessa forma é possível afirmar que o custo do ácido cítrico utilizado para processar 4,26 kg de silagem (T1) foi equivalente a R\$5,25, enquanto que para processar 4,2 kg de silagem com ácido fórmico:propiônico (T2) o custo foi de R\$34,20, sendo esse valor representado pela quantidade de ácido inicialmente adicionado, de acordo com o volume para cada tratamento (T1 e T2), e a quantidade de ácido inserido durante o período de estabilização (Tabela 1).

O ácido propiônico não é controlado pela Polícia Federal e possui baixo risco ambiental; entretanto, é o mais oneroso. Já o ácido cítrico apresenta menor risco à saúde e ao ambiente, além de não ser controlado. O controle da Polícia Federal para esses ácidos é apenas para consumo superior a dois litros por mês, sendo que para o produtor de pequena escala este ficaria isento à Portaria nº 1.274/03 (BRASIL, 2003) que controla e fiscaliza produtos químicos.

Nesta pesquisa, o tratamento T1, necessitou de maior período e volume de solução ácida para atingir a estabilidade hidrogeniônica. Entretanto, este ácido pode ser recomendado para ser utilizado industrialmente, pois atingiu valores adequados de pH

pois, apesar do maior volume, a silagem com ácido cítrico apresenta menores riscos em provocar danos ao manipulador e menor custo, além dos aspectos relacionados à periculosidade e acessibilidade relatados por Sucasas (2011).

3.2.9.3 Composição do resíduo de sardinha

As matérias-primas utilizadas para obtenção das silagens apresentando características físico-químicas e microbiológicas adequadas, inclusive com pH de 6,3 conforme preconizado pela legislação (BRASIL, 1952). A Tabela 2 apresenta os macro componentes das silagens químicas e da matéria-prima utilizada (resíduo), bem como da sardinha *in natura*.

Tabela 2 – Composição do resíduo utilizado e dos tratamentos (T1 e T2), em g/100g de matéria seca

Componente	T1	T2	Resíduo	Sardinha ¹
Matéria Seca	34,03 ± 0,02 ^{2a}	31,82 ± 0,01 ^b	29,84 ± 0,01 ^c	27,14
Proteína	65,63 ± 0,05 ^a	65,62 ± 0,03 ^a	65,64 ± 0,04 ^a	71,08
Lipídeo	21,21 ± 0,01 ^a	21,23 ± 0,02 ^a	21,25 ± 0,03 ^a	21,15
Cinza	13,11 ± 0,01 ^a	13,11 ± 0,02 ^a	13,13 ± 0,02 ^a	6,85

T1 = silagem elaborada com ácido cítrico;

T2 = silagem elaborada com ácidos fórmico:propiónico.;

¹Composição centesimal da sardinha (*Sardinella brasiliensis*) conforme a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos da Universidade de São Paulo (2008)

² Médias de nove repetições ± desvio padrão; médias seguidas de mesma letras na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$)

Os valores para a composição centesimal das silagens, em g/100g de matéria seca, apresentados na Tabela 2, não apresentam diferença ($P > 0,05$) em relação à composição da matéria-prima utilizada. A pequena diferença observada ocorreu, provavelmente, devido à baixa umidade relativa do ar, cerca de 25%, no período de realização do experimento, uma vez que o armazenamento das silagens ocorreu de forma exposta ao ambiente. Conforme os resultados encontrados nesta pesquisa, pode-se afirmar que a composição da silagem está diretamente relacionada com o material que lhe deu origem, conforme já apontado em outras pesquisas (BORGHESI; FERRAZ-

ARRUDA; OETTERER, 2007; DISNEY; TATTERSON; OLLEY, 1977; HAARD et al., 1985; FERRAZ - ARRUDA; BORGHESI; OETTERER, 2007; KOMPIANG, 1981).

Figura 8 – Silagem elaborada com ácido cítrico (T1) e silagem elaborada com mistura de ácidos fórmico:propiónico (T2)

Observa-se que o teor de proteína no resíduo de sardinha foi inferior ao da Tabela Brasileira de Composição de Alimentos da USP que apresenta dados do peixe inteiro, fato que pode ser justificado pela variação na composição que pode ocorrer dependendo da parte do pescado analisada. Nos dois tratamentos, os teores de proteínas mostraram-se relativamente altos e excederam aos encontrados por Zahar et al. (2002) que foi de 49,8 g/100g. Porém, foram próximos de 70,69 g/100g apresentados por Dumay et al. (2006) que analisaram *Sardina pilchardus*. Essa mesma espécie foi caracterizada por Batista et al. (2009) que obtiveram os valores de 38,84, 44,34 e 14,98 g/100g para proteína, lipídeo e cinza, respectivamente. Assim como nessa pesquisa, os autores utilizaram como matéria-prima, cabeças e vísceras, portanto, contendo material ósseo que, provavelmente, influenciou na composição da fração cinza relatada. Essas diferenças podem ser atribuídas à diversidade na constituição do resíduo, variações sazonais ou estágio de desenvolvimento dos peixes. Diferentes espécies de pescado e o tipo de músculo, branco ou escuro, também podem, conforme Lantz (1966); Mai et al. (1980); Sharda, Mahan e Wilson (1976); Sales (1995) ser os responsáveis pelos diferentes valores de proteína. A composição centesimal varia de uma espécie 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)

Ainda, comparando os dados de proteína em T1 e T2 aos encontrados por Villela de Andrade, Lessi e Franqueira da Silva (1989) que utilizaram ácido fórmico na elaboração da silagem, com resíduo do processamento de conservas de sardinha-verdadeira (*Sardinella brasiliensis*), têm-se resultados semelhantes da ordem de 60, 21,71 e 14,68 g/100g de matéria seca para proteína, lipídeos e cinza, respectivamente.

De acordo com Tatterson e Windson (1974), se a silagem for processada com resíduos de peixes, é provável que ocorra alguma variação na composição química da mesma, conforme a localização anatômica dos tecidos utilizados. Portanto, de forma semelhante ao ocorrido para a composição dos resíduos, diferentes tipos de pescado, como também, a parte constituinte utilizada para elaboração da silagem (peixe inteiro, cabeça, resíduos) podem ser os fatores responsáveis pela variação observada no teor protéico das silagens. De acordo com Disney e Hoffman (1978) a silagem elaborada com diferentes resíduos de pescado apresenta um teor de proteína bruta da ordem de 10,2 a 19,8%, conforme a faixa de pH obtida, utilizando soluções de ácido clorídrico e fórmico, estando em conformidade ao encontrado nessa pesquisa que apresentou 22,33 e 20,88 g/100g para T1 e T2, respectivamente.

Os valores de lipídeos encontrados, 7,22 g/100g para T1 e 6,76 g/100g para T2, estão dentro da faixa de 0,1 a 22% conforme relatado por Allen et al (1981), e são influenciados pela espécie, estado de maturação, estação do ano e pela alimentação, no caso dos peixes pelágicos. Slizyte, Rustad e Storro (2005) obtiveram 74,4% de lipídeos em vísceras de bacalhau (*Gadus morhua*) na produção de hidrolisado enzimático e Bhaskar et al. (2008) apresentaram valores de 52,46% de lipídeos em vísceras de catla (*Catla catla*) para a mesma finalidade, podendo, dessa forma, o resíduo ser considerado fonte de ácidos graxos poliinsaturados. Todavia, a concentração lipídica é um ponto crítico para a manutenção da qualidade nutricional da silagem (FERRAZ - ARRUDA; BORGHESI; OETTERER, 2007), sendo necessária a rápida utilização da silagem elaborada e a retirada desta fração para obtenção de co-produtos.

O alto teor de cinza pode estar relacionado à presença de minerais como cálcio e fósforo nas silagens, sabendo-se que estes minerais se acumulam principalmente no esqueleto e escamas. Smith (1977) justifica o teor de cinza devido à porção óssea do

pescado em teores relativamente altos, mas também podem ser explicados pela presença de escamas como fontes de minerais no material residual. KOMPIANG et al. (1980), confirmaram o elevado teor de cinza em resíduos de sardinha compostos por cabeças, nadadeiras e vísceras, sendo 8,5% e 2% devidos aos minerais, cálcio e fósforo, respectivamente.

As silagens químicas obtidas neste estudo demonstraram alto conteúdo protéico e lipídico, podendo ser consideradas, potenciais fontes destes macronutrientes, conforme apontado por Ferraz - Arruda et al. (2006) para tilápias. Na preparação da silagem química, as proteínas são hidrolisadas pelas enzimas e o nitrogênio se torna mais solúvel (OETTERER, 1994), sendo o valor nutritivo da silagem alterado de acordo com o grau de frescor da matéria-prima, condições de armazenamento, contaminação, digestibilidade protéica elevada e presença de aminoácidos essenciais (MORALES-ULLOA; OETTERER, 1995).

3.2.9.4 Aminoácidos presentes na silagem

Durante o processo de acidificação da silagem, as proteínas podem ser degradadas a peptídeos de baixo peso molecular e aminoácidos livres pela ação de enzimas naturalmente presentes no pescado (FAO, 2008).

O pescado fornece proteína de excelente qualidade nutritiva devido ao seu teor de aminoácidos essenciais, sendo o valor nutricional da silagem relacionado com a presença desses aminoácidos (OETTERER, 1994). Entretanto, a composição de aminoácidos livres no pescado, tem mostrado variar conforme a estação do ano, principalmente, com relação à glicina, ácido glutâmico e taurina (JONES, 1959; NEILENDS et al., 1949; DUPONT, 1958; WEE; KERDCHUEN; EDWARDS, 1986).

Pesquisas realizadas por Stone e Hardy (1986) evidenciaram que entre 3 e 7 dias de ensilagem, ocorre uma intensa proteólise, sendo uma parcela da proteína convertida em peptídeos de cadeia curta e aminoácidos livres havendo a liberação de arginina e lisina.

A Tabela 3 apresenta os teores de aminoácidos das silagens químicas de sardinha.

Tabela 3 – Composição de aminoácidos em g/100g de proteína presentes nas silagens de sardinha

Aminoácido	T1	T2
Alanina	6,41 ± 0,02 ^b	6,87 ± 0,03 ^a
Arginina	5,45 ± 0,04 ^b	5,83 ± 0,01 ^a
Ác. Aspártico	9,18 ± 0,05 ^a	6,70 ± 0,01 ^b
Ác. Glutâmico	12,30 ± 0,03 ^a	11,23 ± 0,06 ^b
Cistina	1,57 ± 0,03 ^b	1,76 ± 0,03 ^a
Glicina	9,93 ± 0,05 ^b	11,94 ± 0,02 ^a
Prolina	5,40 ± 0,03 ^b	7,17 ± 0,03 ^a
Tirosina	3,35 ± 0,02 ^b	3,57 ± 0,06 ^a
Serina	3,60 ± 0,02 ^a	3,58 ± 0,06 ^b
Taurina	1,57 ± 0,03 ^b	1,98 ± 0,01 ^a
Fenilalanina	4,29 ± 0,03 ^a	3,35 ± 0,01 ^b
Histidina	3,91 ± 0,02 ^b	3,97 ± 0,03 ^a
Isoleucina	3,92 ± 0,01 ^a	3,63 ± 0,03 ^b
Leucina	7,16 ± 0,02 ^a	6,60 ± 0,01 ^b
Lisina	9,83 ± 0,05 ^a	8,63 ± 0,01 ^b
Metionina	2,53 ± 0,03 ^a	2,67 ± 0,03 ^b
Treonina	3,05 ± 0,03 ^b	5,58 ± 0,01 ^a
Triptofano	1,02 ± 0,03 ^a	1,03 ± 0,03 ^a
Valina	6,07 ± 0,02 ^a	5,60 ± 0,03 ^b

T1 = silagem elaborada com ácido cítrico;

T2 = silagem elaborada com ácidos fórmico:propiónico;

¹ Médias de nove repetições ± desvio padrão; médias seguidas de mesma letras na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$)

Para os teores de aminoácidos das silagens, em g/100g de proteína, houve diferença significativa ($P < 0,05$) em relação aos aminoácidos presentes entre os dois tratamentos, com exceção do triptofano.

Connell e Howgate, em 1959, afirmaram que o músculo do peixe possui, ocasionalmente, maiores teores de lisina e histidina, e menores teores de metionina, triptofano, fenilalanina e isoleucina do que outros tecidos musculares. No caso dessa pesquisa, pode-se afirmar que, as silagens elaboradas com resíduos de sardinha possuem maiores teores de ácido glutâmico e glicina, e menores teores de triptofano, cistina, taurina e metionina para os dois tratamentos. Com relação aos aminoácidos essenciais, os maiores valores encontrados foram para lisina e leucina corroborando com Morales-Ulloa e Oetterer (1997) em ensilados de sardinha (*Sardinella brasiliensis*).

O valor nutricional das proteínas está na capacidade de fornecer aminoácidos essenciais em quantidades necessárias para suprir as necessidades metabólicas

durante a alimentação. Easter e Baker (1980) verificaram que as silagens de pescado após a autólise ácida têm suas proteínas solubilizadas, consequentemente, possuindo altos teores de aminoácidos disponíveis, como os obtidos nessa pesquisa, principalmente, no caso da lisina.

Em ambos os tratamentos, o ácido glutâmico foi o aminoácido encontrado em maior concentração nas silagens (Tabela 3), confirmando o relatado por Borghesi, Ferraz - Arruda e Oetterer (2008); Ferraz - Arruda et al. (2006) e Vidotti, Viegas e Carneiro (2003) para silagens produzidas a partir de diferentes matérias-primas.

Entre os aminoácidos essenciais, o triptofano apresentou menor concentração nos dois tratamentos, corroborando com Strom e Eggum (1981); Espe, Raa e Njaa (1989); Ferraz - Arruda et al. (2006) e Vidotti, Viegas e Carneiro (2003).

Assim como observado por Jackson, Kerr e Cower (1984) o teor de triptofano foi menor em relação aos outros aminoácidos, pois este aminoácido tende a se decompor nas silagens ácidas (BACKOFF, 1976; RAA; GILDBERG, 1982; STROM; EGGUM, 1981). Backoff (1976) relata que após armazenamento por 40 dias a 30 °C, cerca de 30% do triptofano foi perdido em silagem de bacalhau (*Gadus morhua*) e arenque (*Clupea harengus*) preservados com ácido fórmico a pH ligeiramente abaixo de 4, devido às condições ácidas.

Tabela 4 – Composição em aminoácidos essenciais contidos nas silagens comparados com o padrão da FAO, em g/100g de proteína

Aminoácido	T1	T2	FAO
Triptofano	1,09 ^a	0,96 ^b	1
Fenilalanina + Tirosina	7,77 ^a	7,14 ^b	6
Isoleucina	3,99 ^a	3,69 ^b	4
Leucina	7,25 ^a	6,65 ^b	7
Lisina	9,9 ^a	8,66 ^b	5,5
Metionina	2,6 ^b	2,71 ^a	3,5
Treonina	2,89 ^b	2,91 ^a	4
Valina	6,18 ^a	5,94 ^b	5

Fonte: FAO (1985)

T1 = silagem elaborada com ácido cítrico

T2 = silagem elaborada com ácido fórmico:propiónico

¹ Médias de nove repetições $\pm$ desvio padrão; médias seguidas de mesma letras na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$)

Quando comparada a composição em aminoácidos essenciais entre as silagens, nota-se que houve diferença ($P < 0,05$) entre os dois tratamentos (T1 e T2), com maior presença na silagem elaborada com ácido cítrico (T1), de forma que a utilização de um ácido forte, como o propiônico em T2, pode causar rompimentos em ligações peptídicas gerando aminoácidos de menor peso molecular. Com relação à lisina pode-se observar na Tabela 4, que as duas silagens, T1 e T2, apresentaram elevado teor em relação ao padrão da FAO. Entretanto, para a metionina e treonina, os teores apresentados nas silagens são inferiores aos do padrão.

Baker, Katz e Easter (1975) observaram que o total de lisina disponível na silagem de bacalhau (*Gadus morhua*) era similar aos encontrados no peixe inteiro e que, durante o período de 8 dias de armazenamento, os teores de metionina, cistina e lisina, aumentaram, para em seguida decrescerem nas silagens com mais de 60 dias de armazenamento. As silagens elaboradas demonstraram possuir alto valor nutricional e biológico conservando a qualidade protéica do produto, particularmente, devido à presença de aminoácidos como a lisina (COELLO; BRITO; NONUS, 2000; VIDOTTI; VIEGAS; CARNEIRO, 2003), podendo ser utilizadas na elaboração de novos produtos.

3.2.9.5 Rendimento das frações

O cálculo de rendimento das frações obtidas na centrifugação foi feito no intuito de dimensionar o conteúdo fracionado das silagens.

O fracionamento da silagem, através da centrifugação, produz três fases sendo a camada superior lipídica, ao centro a fase aquosa e a sedimentada (GILDBERG; RAA, 1977). A fase lipídica apresenta aparência oleosa e mais escura, a fase aquosa é um líquido amarelado e pegajoso, e a sedimentada é rígida, acinzentada e se deposita ao fundo do recipiente (Figura 5).

Figura 9 – Silagem após centrifugação com separação das fases

A Tabela 5 apresenta a composição centesimal em g/100g de matéria seca para os tratamentos T1 e T2, frações F1 e F2 e o resíduo bruto.

Tabela 5 – Composição centesimal dos tratamentos T1 e T2, das frações aquosas, F1 e F2, e do resíduo bruto, em g/100g de matéria seca

Componente	T1	F1	T2	F2	R
Matéria Seca	34,03 ± 0,02 ^a	20,43 ± 0,01 ^d	31,82 ± 0,01 ^b	20,41 ± 0,01 ^d	29,84 ± 0,01 ^c
Proteína	65,63 ± 0,05 ^b	91,55 ± 0,02 ^a	65,62 ± 0,03 ^b	91,62 ± 0,05 ^a	65,64 ± 0,04 ^b
Lípídeo	21,21 ± 0,01 ^a	3,36 ± 0,03 ^b	21,23 ± 0,02 ^a	3,27 ± 0,03 ^c	21,25 ± 0,03 ^a
Cinzas	13,11 ± 0,01 ^a	5,09 ± 0,01 ^b	13,11 ± 0,02 ^a	5,11 ± 0,06 ^b	13,13 ± 0,02 ^a

T1 = silagem elaborada com ácido cítrico

T2 = silagem elaborada com ácido fórmico:propionico

F1 = fração aquosa de T1

F2 = fração aquosa de T2

R = resíduo

¹ Médias de nove repetições ± desvio padrão; médias seguidas de mesma letras na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$)

Os valores de composição centesimal das frações aquosas, F1 e F2, em g/100g de matéria seca (Tabela 5), apresentaram diferença ($P < 0,05$) em relação às silagens, T1 e T2, mostrando que a fração aquosa concentra a proteína originalmente presente na silagem.

Conforme os resultados apresentados são possíveis aferir que a fração aquosa de ambos os tratamentos contém a mesma quantidade de proteína. Durante a ensilagem as proteínas são hidrolisadas pelas enzimas e o nitrogênio torna-se solúvel. A atividade autolítica e a solubilização de nitrogênio podem ser explicadas, de acordo com Backoff (1976) e Green (1984) pela atividade das enzimas digestivas, que por sua vez, é influenciada pela acidez e temperatura.

A Tabela 6 apresenta o rendimento das frações obtidas, em porcentagem.

Tabela 6 – Rendimento das frações obtidas nos tratamentos T1 e T2

Silagem	Fração lipídica (%)	Fração aquosa (%)	Sedimento (%)
T1	16,9	27,2	55,9
T2	15,1	31,8	53,1

T1 = silagem elaborada com ácido cítrico

T2 = silagem elaborada com ácido fórmico;propiónico

Diante dos dados de rendimento das frações, afere-se que 91,5% de proteína presente em F1 (Tabela 5) estão contidos em 27,2% de T1 após processo de centrifugação, da mesma forma que 91,6% de proteína presente em F2 estão representados em 31,8% do total de T2, ou seja, cerca de 1/3 do material residual tem potencial para a prospecção de componentes bioativos.

Com o intuito de purificar a fração aquosa, visando a fração protéica, foi feito a extração dos lipídeos pelo método de Bligh e Dyer (1959), prevalecendo a não aplicação de tratamento térmico em nenhuma das etapas de processamento. Porém, este processamento não foi efetivo uma vez que após extração, permaneceu a concentração original de lipídeos em F1. Provavelmente o rompimento dos tecidos aumenta a liberação dos lipídeos mostrando que grande parte do material foi solubilizado durante a hidrólise, principalmente lipídeos e proteínas (Dumay et al., 2006).

Beaulieu et al. (2009) obtiveram três frações após centrifugação da silagem, sendo 17,2% de sedimento, 2,6% lipídica e 51,8% de fase aquosa, estudando hidrolisado enzimático de arenque (*Clupea harengus*). Os autores destacam que a centrifugação extrai uma fração muito pequena dos lipídeos totais do hidrolisado, mencionando a necessidade de mais uma extração.

Raghunath e McCurdy (1987) estudando a silagem química elaborada com ácidos fórmico e propiónico de resíduos de diferentes espécies constataram a presença de quatro fases no fracionamento da silagem: a camada de óleo, a camada de emulsão, a fase aquosa e o sedimento. O rendimento da fração aquosa dessa silagem mostrou-se em 67,4%, provavelmente decorrente da diversidade do resíduo na elaboração. Os

autores ressaltam que a razão para formação de uma camada lipídica e a presença de quatro fases se deve ao período de armazenagem de sete meses.

Um dos aspectos determinantes da hidrólise protéica de resíduos de pescado é o fato de que as enzimas endógenas agem no processo de hidrólise e, dependendo do uso final do co-produto, é necessário cessar a autólise para que não ocorra desnaturação protéica. De acordo com Mohr (1977) a desnaturação causa resistência ao ataque de proteases, uma vez que há interação hidrofóbica entre os peptídeos ou a associação entre eles, podendo reduzir a capacidade das enzimas em hidrolisar a proteína, diminuindo o rendimento do hidrolisado protéico de pescado.

No caso da matéria-prima conter alta quantidade de lipídeos (10-30%) ocorre formação do complexo proteína-lipídeo, que apresenta maior resistência à proteólise, levando à menor separação do lipídeo e redução da quantidade de hidrolisado protéico de pescado. Hidrólises protéicas com enzimas endógenas apresentam alta quantidade de fosfolipídeos e lipídeos polares. Embora vários métodos de fracionamento possam ser, estudados, a não inclusão do aquecimento inicial da matéria-prima, afim de não inativar as enzimas endógenas, provavelmente será aplicado pois pode levar a desnaturação e precipitação das proteínas, reduzindo a capacidade de hidrólise das enzimas e levando à diminuição do rendimento do hidrolisado de pescado (SLIZYTE; RUSTAD; STORRO, 2005).

Em sistemas com alta atividade de água, como é o caso das silagens e das frações aquosas, as proteínas podem formar ligações cruzadas entre si na presença de lipídeos peroxidados, com simultânea perda de solubilidade (GARDNER, 1979). Tais lipídeos peroxidados podem também, ligar-se covalentemente à proteína (NIELSEN, 1978) tornando vários grupamentos amino ou sulfidrilas indisponíveis. A cisão de proteínas também pode ocorrer com prejuízo aos aminoácidos sendo os mais suscetíveis à reação, a histidina, cistina, metionina, lisina e tirosina (OBRIEN, 1966).

Gildberg (2010) recuperou peptonas de alta qualidade, como co-produtos, durante a produção de enzimas a partir da autólise de vísceras de bacalhau, com ação do ácido fórmico, visando obter uma fonte de nitrogênio, viável, pois este elemento é o componente mais caro do meio de crescimento microbiano.

3.2.9.6 Fracionamento das silagens

Um dos principais objetivos da hidrólise química é a produção de co-produtos que possibilitem a recuperação da fração protéica. A obtenção da fração aquosa foi realizada com o objetivo de avaliar se a etapa de centrifugação, mediante a utilização do trinômio rotação-tempo-temperatura, poderia produzir um co-produto com qualidade nutricional. Por meio da centrifugação das silagens, ocorreu a separação em 3 fases distintas: fase lipídica, aquosa e sedimentada, conforme já afirmado por Reece (1980) e Ferraz - Arruda (2004). Entretanto, há poucas pesquisas a respeito do fracionamento da silagem e da separação das fases distintas para encaminhamento e elaboração de co-produtos.

Segundo Oetterer (1994) a fração aquosa solúvel seria a mais valiosa nutricionalmente por conter a maior parte da proteína presente na silagem. Stone e Hardy (1986) afirmaram que durante a hidrólise que ocorre naturalmente na silagem, a proteólise na pele e nas vísceras é maior durante as 24 horas iniciais, e neste período, as proteínas são hidrolisadas pelas enzimas e o nitrogênio torna-se solúvel. Nesta pesquisa, a formação da massa pastosa nas 72 horas iniciais é uma indicação da maior atividade enzimática no processo autolítico e consequente formação do nitrogênio solúvel.

Observa-se que as frações aquosas obtidas e relatadas na Tabela 5, apresentam seu conteúdo lipídico, semelhante à peptona elaborada a partir de *Sardinella aurita*, apresentada por Souissi et al. (2009) que foi de 3,31g/100g de lipídeos. No caso da proteína, o valor para os autores de 81,51g/100g, sendo que a mesma foi elaborada a partir de tecido muscular do pescado investigado. Os mesmos autores apresentaram a composição de 65,62% de proteína, 0,4% de lipídeos e 15,8% de cinza para em uma peptona comercial identificada como “líquido de salmão”, e outra peptona comercial com 66,25%, 2,21% e 34,8% de proteína, lipídeos e cinza, respectivamente. Os autores testaram peptonas de *Sardinella aurita* como fontes de nitrogênio para crescimento microbiano e produção de lipase que se mostraram eficientes.

Mandelli (1972), Beraquet e Galacho (1983) investigando as silagens produzidas com resíduos de peixe e camarão, relataram que em 30 dias o processo autolítico

cessa, e que, nas primeiras horas e uma semana após o início do processo de autólise, o grau de digestão, atinge 60 a 80%, aproximadamente. Portanto, o grau de degradação do músculo não é determinado simplesmente pelo nível de enzimas proteolíticos presentes, mas, também, pela ação conjunta de inibidores enzimáticos e enzimas específicas mais ativas em pH baixo (GILDBERG; RAA, 1977).

Lindgren e Pleje (1983) demonstraram que à medida que diminui o pH, a atividade proteolítica de certas enzimas é favorecida. Tais enzimas atuam sobre as proteínas do tecido muscular do pescado, produzindo autólise e conseqüentemente, promovendo aumento no conteúdo de amônia, aminas, aminoácidos e peptídeos.

De acordo com Tatterson e Windson (1974) as células do tecido muscular do pescado contêm pequenas organelas denominadas de lisossomas, que possuem em seu interior um grande número de enzimas hidrolíticas, tais como, catepsinas, fosfatases, nucleases, lipases, proteases e collagenases que se caracterizam por apresentar um pH ótimo na faixa ácida. Com o abaixamento do pH e o rompimento das paredes dos lisossomas, ocorre a liberação destas enzimas e inicia-se a hidrólise de proteínas e a ação de aminoácidos e peptídeos, ocorrendo o fenômeno da autólise (Raa e Gildberg, 1976).

Slizyte, Rustad e Storro (2005) pesquisando hidrolisados de bacalhau (*Gadus morhua*) testaram os efeitos da inativação térmica das enzimas endógenas, utilização de diferentes enzimas comerciais e a combinação entre estes fatores para melhor rendimento de fração protéica e lipídica. O aquecimento inicial da matéria-prima altera as propriedades e inativa as enzimas endógenas, influenciando na hidrólise. Os autores concluíram que para obter a qualidade desejável em todas as frações, é necessária a aplicação da combinação de vários fatores.

A proteína de alto valor biológico é aquela que fornece maior quantidade de aminoácidos essenciais em proporções adequadas (PIRES et al., 2006). As frações aquosas das duas silagens mostraram-se ricas em aminoácidos essenciais (STROM; EGGUM, 1981). O aumento no teor de nitrogênio solúvel é resultado da degradação da proteína e pode ser observado um aumento nos níveis de aminoácidos e peptídeos de cadeia curta (HASSAN; HEATH, 1987). Na Tabela 7 estão descritos os aminoácidos em g/100g de proteína bruta das frações aquosas obtidas nessa pesquisa.

Tabela 7 – Composição em aminoácidos das frações aquosas das silagens, em g/100g de proteína

Aminoácido	F1	F2
Alanina	6,06 ± 0,02	6,40 ± 0,03
Arginina	5,45 ± 0,03	5,82 ± 0,03
Ác. Aspártico	8,99 ± 0,05	6,42 ± 0,06
Ác. Glutâmico	11,53 ± 0,03	11,25 ± 0,07
Cistina	0,84 ± 0,03	1,76 ± 0,04
Glicina	8,99 ± 0,05	10,30 ± 0,06
Prolina	5,57 ± 0,03	6,42 ± 0,01
Tirosina	3,11 ± 0,03	3,45 ± 0,05
Serina	3,50 ± 0,03	3,59 ± 0,03
Taurina	1,39 ± 0,03	1,68 ± 0,01
Fenilalanina	3,85 ± 0,03	3,35 ± 0,05
Histidina	3,91 ± 0,04	3,86 ± 0,04
Isoleucina	3,91 ± 0,03	3,53 ± 0,02
Leucina	7,06 ± 0,04	6,44 ± 0,06
Lisina	9,66 ± 0,05	8,61 ± 0,09
Metionina	2,52 ± 0,04	2,61 ± 0,05
Treonina	3,05 ± 0,07	4,13 ± 0,02
Triptofano	1,02 ± 0,03	0,98 ± 0,01
Valina	5,94 ± 0,04	5,62 ± 0,06

F1: fração aquosa da silagem elaborada com ácido cítrico

F2: fração aquosa da silagem elaborada com ácido fórmico:propiónico

O aminoácido encontrado em maior teor nas frações aquosas foi o ácido glutâmico, e em menor teor, a cistina. Resultados similares foram apresentados em silagem de vísceras de bacalhau (RAA; GILDBERG, 1976) e salmão (DONG et al., 1993) indicando que a cistina pode ser o aminoácido limitante na fração aquosa. Raa e Gildberg (1976) informaram que a cistina e os aminoácidos aromáticos, tirosina e fenilalanina, concentram-se no sedimento da silagem, demonstrando, dessa forma, a menor quantidade de cistina presente nas frações F1 e F2. Todos os aminoácidos essenciais estão presentes nas silagens e nas frações elaboradas com resíduo de sardinha demonstrando seu alto valor biológico.

Na silagem, intervém uma série de fatores externos e outros intrínsecos, como o tipo de processamento de pescado, a temperatura ambiente, a quantidade de ácido utilizada e a época de captura (GREEN; WISEMAN, COLE, 1988) que, conseqüentemente, alteram suas frações. Nesta pesquisa, como o fator de distinção

entre os tratamentos foi a solução ácida empregada, as diferenças nas composições dos aminoácidos podem ser decorrentes das características dos ácidos utilizados.

Durante a preservação da silagem, os aminoácidos são relativamente estáveis, mas na hidrólise ácida se observa uma diminuição do triptofano e uma elevada estabilidade da histidina. A tirosina pode ser separada progressivamente da fase aquosa por cristalização e a metionina é estável em meio ácido (JACKSON; KERR; COWER, 1984).

Normalmente, entre os aminoácidos essenciais, o triptofano apresenta-se em menor concentração na silagem (FERRAZ - ARRUDA et al., 2006) e também na fração aquosa. De acordo com Santana Delgado, Ávila e Stelo (2008) o triptofano é lábil em condições ácidas.

A fenilalanina e a tirosina são levemente solúveis em solução aquosa, e o teor de lisina é elevado após uma semana de armazenamento da silagem ao ambiente (OETTERER, 1994).

De acordo com Marquez, Neves e De Mira (2004) formulações à base de hidrolisados protéicos, com alto teor de aminoácidos ramificados, valina, leucina e isoleucina, e com baixo conteúdo em aminoácidos aromáticos, fenilalanina e tirosina, podem ser empregados com sucesso, em tratamento dietético de pacientes com lesões hepáticas crônicas, incluindo a encefalopatia hepática.

Tabela 8 – Composição de aminoácidos (g/100g de proteína bruta) de peptonas comerciais e das frações aquosas F1 e F2

Aminoácidos	Difco	Oxoid	BBL	F1	F2
Alanina	7,7 ± 0,4	7,0 ± 1,2	5,1 ± 0,7	6,06 ± 0,02	6,40 ± 0,03
Arginina	8,6 ± 0,0	6,2 ± 1,1	5,7 ± 0,6	5,45 ± 0,03	5,82 ± 0,03
Ácido aspártico	7,7 ± 01	7,5 ± 1,1	6,8 ± 0,5	8,99 ± 0,05	6,42 ± 0,06
Ácido glutâmico	12,1 ± 0,5	11,6 ± 1,3	10,3 ± 0,8	11,53 ± 0,03	11,25 ± 0,07
Cistina	0,2 ± 0,0	0,5 ± 0,0	1,1 ± 0,2	0,84 ± 0,03	1,76 ± 0,04
Glicina	16,4 ± 0,2	5,6 ± 0,1	7,3 ± 0,5	8,99 ± 0,05	10,30 ± 0,06
Prolina	-----	-----	-----	5,57 ± 0,03	6,42 ± 0,01
Tirosina	0,9 ± 0,3	1,8 ± 0,7	1,8 ± 0,1	3,11 ± 0,03	3,45 ± 0,05
Serina	3,9 ± 0,1	2,9 ± 0,9	3,4 ± 0,6	3,50 ± 0,03	3,59 ± 0,03
Taurina	-----	-----	-----	1,39 ± 0,03	1,68 ± 0,01
Fenilalanina	2,6 ± 0,6	2,3 ± 0,5	3,3 ± 0,1	3,85 ± 0,03	3,35 ± 0,05
Histidina	0,8 ± 0,0	1,5 ± 0,2	1,9 ± 0,3	3,91 ± 0,04	3,86 ± 0,04
Isoleucina	1,8 ± 0,1	2,4 ± 0,5	2,8 ± 0,6	3,91 ± 0,03	3,53 ± 0,02
Leucina	4,4 ± 0,3	5,0 ± 1,3	5,9 ± 0,6	7,06 ± 0,04	6,44 ± 0,06
Lisina	4,7 ± 0,1	5,8 ± 1,1	5,6 ± 0,8	9,66 ± 0,05	8,61 ± 0,09
Metionina	0,8 ± 0,0	1,4 ± 0,0	1,5 ± 0,3	2,52 ± 0,04	2,61 ± 0,05
Treonina	2,5 ± 0,0	2,6 ± 0,1	3,1 ± 0,6	3,05 ± 0,07	4,13 ± 0,02
Triptofano	-----	-----	-----	1,02 ± 0,03	0,98 ± 0,00
Valina	2,8 ± 0,1	3,6 ± 0,5	4,1 ± 0,5	5,94 ± 0,04	5,62 ± 0,06

Fonte: Poermono e Buckle (2002)

F1: fração aquosa da silagem elaborada com ácido cítrico

F2: fração aquosa da silagem elaborada com ácido fórmico:propiónico

A composição em aminoácidos das frações aquosas de silagens (Tabela 8) assemelha-se àquelas encontradas nos produtos comerciais, apresentando os mesmos aminoácidos.

Poermono e Buckle (2002) comparando a peptona de vísceras de arraia elaborada a partir de silagem ácida obtiveram teor de proteínas de 79,4 g/100, sendo maior que os apresentados pelos comerciais 77,6; 67,7 e 70 g/100g de proteína para as peptonas comerciais Difco, Oxoid e BBL, respectivamente. A partir desses dados, é possível compará-los às frações aquosas obtidas nessa pesquisa que apresentam 91,55 e 91,62 g/100g de proteína para as frações aquosas F1 e F2, respectivamente.

Alguns dos aminoácidos nas frações obtidas (F1 e F2), apresentam-se em maior teor do que as peptonas comerciais, como o ácido aspártico, cistina, tirosina, taurina, fenilalanina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, treonina e valina.

Comparando os aminoácidos obtidos em F1 com os apresentados por Poermono e Buckle (2002) para o meio de cultura comercial Difco, os teores de alalina, arginina,

ácido glutâmico e glicina e serina apresentam-se em menores quantidades. Em relação aos valores apresentados por estes mesmos autores para o produto comercial Oxoid, os teores de alanina e ácido glutâmico estão abaixo, no caso do F1, e alanina e arginina em relação ao F2. Já em relação ao comercial BBL, somente a arginina mostra-se inferior ao comercial, havendo maior semelhança entre os F1 e F2 e BBL, sendo que para F1 todos os aminoácidos mostram teores maiores que os presentes no BBL. Dessa forma é possível sugerir a possibilidade das frações aquosas da silagem elaborada a partir de resíduos de sardinha serem utilizadas como meio de cultura no crescimento microbiano.

3.3 Conclusão

O ácido cítrico pode ser recomendado para elaboração de silagem por apresentar menor custo de produção além de ser um ácido orgânico, oferecendo menor risco à saúde e ao ambiente e não é um produto controlado.

Os resíduos do processamento de sardinha (*Sardinella brasiliensis*) podem ser convertidos em silagens estáveis após 8 a 10 dias de processamento.

As silagens químicas de resíduos de sardinha resultaram em uma excelente fonte de proteína.

A lisina presente nas silagens apresentou-se em teores mais elevados que o padrão da FAO.

A fração aquosa das silagens apresentou teores mais elevados dos aminoácidos tirosina, fenilalanina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, treonina e valina do que os apresentados em peptonas comerciais.

A fração aquosa de silagem de sardinha, elaborada com ácido cítrico, pode ser caracterizada como uma peptona devido à presença de todos os aminoácidos, contudo, necessita ser testada como meio de cultura microbiano.

Referências

ADLER-NISSEN, J. **Enzyme hydrolysis of food proteins**. Oxford: Elsevier, 1986. p.20-21.

ALLEN, C.E.; FOEGEDING, E.A. Some lipids, characteristics and interactions in muscle foods: a review. **Food Technology**, Chicago, v. 35, n. 5, p. 253-257, 1981.

ALMAS, K.A. Utilization of marine biomass for production of microbial growth media and biochemical's. In: VOIGT, M.N.; BOTTA, J.R. **Advances in fisheries technology and biotechnology for increased profitability**. Lancaster: Technomic Publishing, 1990. p.361-372.

ARVANITOYANNIS, I.S.; KASSAVETI, A. Fish industry waste: treatments, environmental impacts, current and potential uses. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 43, n. 4, p. 726-745, 2008.

ASPMO, S.I.; HORN, S.J.; EIJSINK, V.G.H. Enzymatic hydrolysis of Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) viscera. **Process Biochemistry**, Oxford, v. 40, n. 5, p. 1957-1966, 2005.

BACKOFF, H.P. Some chemical changes in fish silage. **Journal of Food Technology**, Oxford, v. 11, p. 353-363, 1976.

BAKER, D.H.; KATZ, R.S.; EASTER, R.A. Lysine requeriment of growing pigs at two dietary protein. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 40, n. 5, p. 851-860, 1975.

BATISTA, I.; RAMOS, C.; MENDONÇA, R.; NUNES, M.L. Enzymatic hydrolysis of sardine (*Sardina pilchardus*) by-products and lipid recovery. **Journal of Aquatic Food Product Technology**, London, v. 18, n. 1, p. 12-134, 2009.

BEAULIEU, L.; THIBODEAU, J.; BRYL, P. CARBONNEAU, M. Proteolytic processing of herring (*Clupea harengus*): biochemical and nutritional characterisation of hydrolysates. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 44, n. 11, p. 2113-2119, 2009.

BERAQUET, N.J.; GALACHO, S.A.A. Composição, estabilidade e alterações na fração protéica e no óleo de ensilados de resíduos de peixe e de camarão. **Coleção Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 13, p. 149-174, 1983.

BHASKAR, N.; BENILA, T.; RADHA, C.; LALITHA, R.G. Optimization of enzymatic hydrolysis of visceral waste proteins of catla (*Catla catla*) for preparing protein hydrolysate using a commercial protease. **Bioresource Technology**, Essex, v. 99, p.335-343, 2008.

BLIGH, E.G.; DYER, W.J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, Ottawa, v. 37, p. 911-917, 1959.

BORGHESI, R.; FERRAZ - ARRUDA, L.; OETTERER, M. 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.

_____. Fatty acid composition of acid, biological and enzymatic fish silage. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 26, n. 2, p. 205-212, 2008.

BOWER, C.K.; HIETAKA, K.A. Acidification methods for stabilization and storage of salmon by-products. **Journal of Aquatic Food Product Technology**, Binghamton, v.17, n. 4, p. 459-477, 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regulamento da inspeção industrial sanitária de produtos origem animal (RIISPOA)**. 1952, 207 p.

_____. Portaria nº 12.74, de 25 de agosto de 2003. Submete a controle e fiscalização os produtos químicos relacionados nas Listas I, II, III, IV e nos seus respectivos Adendos. **Diário Oficial**, Brasília, DF, 26 de agosto de 2003. Seção 1, Edição Extra 164, p. 1-2.

_____. Ministério da Pesca e Aquicultura – MPA. 2010. Produção pesqueira e aquícola, estatística 2008/2009. Brasília: MPA. 37 p. Disponível em: <<http://www.mpa.gov.br>>. Acesso em: 30 set 2010.

BRUL, S.; COOTE, P. Preservative agents in foods – mode of action and microbial resistance mechanisms. **International Journal of Food Microbiology**, Netherlands, v.50, p. 1-17, 1999.

CARMO, J. R.; PIMENTA, C.J.; PIMENTA, M.E.S.G; OLIVEIRA, M. M.; LOGATO, P.V.R.; FERREIRA, L. R. O. Caracterização de silagens ácidas de resíduos de tilápia (*Oreochromis niloticus*). **Revista Eletrônica Nitritime**, Viçosa, v. 5, n. 5, p. 664-672, 2008. Disponível em: <http://www.nutritime.com.br/arquivos_internos/artigos/067V5N5P664_672_SET2008_.pdf>. Acesso em: 26 ago 2010.

COELLO, N.; BRITO, L.; NONUS, M. Biosynthesis of L-lysine by *Corynebacterium glutamicum* grown on fish silage. **Bioresource Technology**, Essex, v. 73, n. 5, p. 221-225, 2000.

CONNELL, J.L.; HOWGATE, P.F. The amino acid composition of some British food fishes. **Journal of The Science of Food and Agriculture**, London, v. 10, p. 241-248, 1959.

DISNEY, J.G.; HOFFMAN, A. Development of a fish silage/carbohydrate animal feed for use in the tropics. **Tropical Science**, London, v. 20, p. 129-135, 1978.

DISNEY, J.G.; TATTERSON, I.N.; OLLEY, J. Recent developments in fish silage. In: CONFERENCE ON THE HANDLING, PROCESSING AND MARKETING OF TROPICAL FISH, London, 1976. **Proceedings...** London: Ministry of Oversea Development, 1977. p. 321-340.

DISNEY, J.G.; TATTERSON, I.N.; OLLEY, J.; CLUCAS, I.J.; BARRANCO, A.; FRANCIS, B.J. Development of a fish silage/carbohydrate animal feed for use in the tropics. **Tropical Science**, London, v. 20, n. 2, p. 129-144, 1979.

DONG, F.M.; FAIRGRIEVE, W.T.; SKONBERG, D.I.; RASCO, B.A. Preparation and nutrient analyses of lactic acid bacteria ensiled salmon viscera. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 109, n. 4, p. 351-366, 1993.

DUFOSSÉ L.; De la BROISE, D.; GUERARD F. Evaluation of nitrogenous substrates such as peptones from fish: a new method based on Gompertz modeling of microbial growth. **Current Microbiology**, New York, v. 42, p. 32-38, 2001

DUMAY, J.; DONNAY-MORENO, C.; BARNATHAN, G.; JAOUEN, P.; BERGÉ, J.P. Improvement of lipid and phospholipid recoveries from sardine (*Sardina pilchardus*) viscera using industrial proteases. **Process Biochemistry**, Oxford, v. 41, p. 2327-2332, 2006.

DUPONT, A. Amino acid content of Indonesian fresh water fish. **Biochemische Zeitschrift**, Berlin, DT, v. 330, p. 174-176, 1958.

EASTER, R.A.; BAKER, D.H. Lysine and protein levels in corn soybean meal diets for growing-finishing swine. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 50, n. 3, p. 467-471, 1980.

ESPE, M.; RAA, J.; NJAA, L.R. Nutritional value of stored fish silage as a protein source for young rats. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 49, n. 2, p.259-270, 1989.

ESPÍNDOLA FILHO, A.; OETTERER, M.; TRANI, P.E. Processamento agroindustrial de resíduos de peixes, camarões, mexilhões e ostras pelo sistema cooperativo. **Revista de Educação Continuada do Conselho Regional de Medicina Veterinária de São Paulo**, São Paulo, v. 4, n. 1, p. 52-61, 2001.

FAO. Report of joint FAO/WHO/ONU Expert Consultation Technical Report. **Energy and protein requirements**. Geneve, 1985. (FAO Series, 724).

_____. **The state of world fisheries and aquaculture 2008 (SOFIA)**. Roma, 2009. 196p.

FELTES, M.C.; CORREIA, J.F.; BEIRÃO, L.H.; BLOCK, J.M.; NINOW, J.; SPILLER, V. Alternativas para a agregação de valor aos resíduos da industrialização de peixe. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 6, p. 669-677, 2010.

FERRAZ - ARRUDA, L. **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 e Tecnologia de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

FERRAZ - ARRUDA, L.; BORGHESI, R.; BRUM, A.; D’ARCE, M. A. B. R.; OETTERER, M. Nutritional aspects of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) silage. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 4, p. 749-753, 2006.

FERRAZ - ARRUDA, L.; BORGHESI, R.; OETTERER, M. Fish silage - a review. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 50, n. 5, p. 879-886. 2007.

FERRAZ - ARRUDA, L. BORGHESI, R.; PORTZ, L.; CYRINO, J. E. P.; OETTERER, M. Fish silage in black bass (*Micropterus salmoides*) feed as an alternative to fish meal. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 52, n. 5, p. 1261-1266, 2009.

GARDNER, H.W. Lipid hydroperoxide reactivity with proteins and aminoacids: a review. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 27, n. 2, p. 220-229, 1979.

GILDBERG, A. Enzymes and bioactive peptides from fish waste related to fish silage, fish feed and fish sauce production. **Journal of Aquatic Food Product Technology**, London, v. 13, n. 2, p. 3-11, 2004.

GILDBERG, A.; RAA, J. Properties of propionic acid/formic acid preserved silage of cod viscera. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 28, n. 3, p. 647-653, 1977.

GILDBERG, A.; DAHL, R.; MIKKELSEN, H.; NILSEN, K. Peptones from atlantic cod stomach as nitrogen sources in growth media to marine bacteria. **Journal of Aquatic Food Product Technology**, London, v. 19, n. 2, p. 75-83, 2010.

GODDARD, J.S.; PERRET, J.S.M. Co-drying fish silage for use in aquafeeds. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 118, n. 3, p. 337-342, 2005.

GREEN, S. **The use of fish silage in pig nutrition**. Nottingham, 1984. 230p. Thesis (Ph.D.) University of Nottingham, Nottingham, 1984.

GREEN, S.; WISEMAN, J.; COLE, D.J.A. Examination of stability, and its effect on nutritive value, of fish silage in diets for growing pigs. **Animal Feed Science Technology**, Amsterdam, v. 21, p. 43-56, 1988.

HAARD, N.F.; KARIEL, N.; HERZBERG, G.; FELTHAM, L.A.W.; WINTER, K. Stabilization of protein and oil in fish silage for use as a ruminant feed supplement. **Journal of Science Food and Agriculture**, London, v. 36, n. 1, p. 229-241, 1985.

HALTRICH, D.; LAUSSAMAYER, B.; STEINER, W. Xylanase formation by *Sclerotium rolfsii*: effect of growth substrates and development of a culture medium using statistically designed experiments. **Applied Microbiology and Biotechnology**, Berlin, v. 42, p. 522-530, 1994.

HARDY, R.W.; SHEARER, K.P.; STONE, F.E.; WIEG, D.H. Fish silage in aquaculture diets. **Journal of World Mariculture Society**, Baton Rouge, v. 14, n. 1, p. 695-703, 1983.

HASSAN, T.E.; HEATH, J.L. Chemical and nutritive characteristics of fish silage produced by biological fermentation. **Biological Wastes Working**, Barking, v. 20, n. 3, p. 187-201, 1987.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. IBAMA. **O defeso da sardinha no litoral sudeste e sul do Brasil**. Disponível em: http://www.ibama.gov.br/cepsul/index.php?id_menu=137&id_arq=5. Acesso em: 14 ago 2007.

JACKSON, A.J.; KERR, A.K.; COWER, C.B. Fish silage as a dietary ingrediente for salmon. I. Nutritional and Storage characteristics. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 38, p.211-220, 1984.

JONES, N.R. The free amino acid of fish. II. Fresh skeletal muscle from lemon sole (*Pleuronectes microcephalus*). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 10, p. 282-288, 1959.

JOHNSON, C.M.; ULRICH, A. Analytical methods. In.: SARRUGE, J. R; HAAG, H.P. *Analises químicas em plantas*, 1974. 56p

KADAM, S.U.; PRABHASANKAR, P. Marine foods as functional ingredients in bakery and pasta products. **Food Research International**, Essex, v. 43, p. 1975-1980, 2010.

KIM, S.; WIJESEKARA, I. Development and biological activities of marine-derived bioactive peptides: A review. **Journal of Functional Foods**, Netherlands, v. 2, p. 1-9, 2010.

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

KOMPIANG, I.P.; YUSHADI, S.; CRESSWELL, D.C. Fish silage production and its use. In: FAO. **Microbial fish silage**: chemical composition, fermentation characteristic and nutritional value. Rome, 1980. p. 38-43.

LANTZ, A.W. Special products from freshwater fish. **Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada**, Ottawa, v. 151, p. 45-48, 1966.

LINDGREN, S.; PLEJE, M. Silage fermentation on fish waste products with lactic acid bacteria. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 34, p. 1057-1067, 1983.

LO, K.V.; LIAO, P.H.; GAO, Y. Effects of temperature on silage production from salmon farm mortalities. **Bioresource Technology**, Essex, v. 44, n. 1, p. 33-37, 1993.

MAI, J.; SHETTY, J.K.; KAN, T.M.; KINSELLA, J.E. Protein and amino acid composition of select freshwater fish. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 28, p. 884-885, 1980.

MANDELLI, M.Q. A preservação ácida no aproveitamento econômico do pescado e dos resíduos de sua industrialização. **Equipesca Jornal**, Campinas, v. 44, p. 47-52, 1972.

MARQUEZ, U.M.L.; NEVES, R.A.M.; DE MIRA, N.V.M. Caracterização de hidrolisados enzimáticos de pescado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 1, p.101-108, 2004.

MOHR, V. Fish protein concentrate production by enzymic hydrolysis. In: ADLER-NISSEN, B.O.; EGGUM, L.; MUNLICH, H.S. BIOCHEMICAL ASPECTS OF NEW PROTEIN FOOD, 11., 1977, Copenhagen. **Proceddings...** Oxford: Federation of European Biochemical Societies, 1977. v. 44, p. 53-62.

MOORE, I; STEIN, W.H. Chromatographic determination of amino acids by use of automatic recording equipments. **Methods in Enzymology**, New York, v. 6, p. 919-931, 1963.

MORALES-ULLOA, D.F.; OETTERER, M. Bioconversão de resíduos da indústria pesqueira. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 15, n. 3, p. 206-214, 1995.

_____. Composição em aminoácidos de silagens químicas, biológicas e enzimáticas preparadas com resíduo de sardinha. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 17, n. 3, p. 252-258, 1997.

NEILENDS, J.B.; SIRNY, R.J.; SOHJELL, I.; STROM, F.M.; ELVEHJEN, C.A. The nutritive value of canned foods, II. Amino acid content of fish and meat products. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 39, p. 187-194, 1949.

NIELSEN, H. Reaction between peroxidized phospholipid and protein. I. Covalent binding of peroxidized cardiolipin albumin. **Lipids**, Chicago, v. 13, n. 4, p. 253-258, 1978.

O'BRIEN, P.J. The effects of hydrogen peroxid or lipid peroxid on cytochrome C. **Biochemical Journal**, London, v. 101, n. 2, p. 12-28, 1966.

OETTERER, M. **Agroindústrias beneficiadoras de pescado cultivado**: unidades modulares e polivalentes para implantação, com enfoque nos pontos críticos higiênicos e nutricionais. 1999. 196 p. Tese (Livre Docência) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1999.

_____. Proteínas do pescado - processamento com intervenção protéica. In:

_____.; REGITANO D'ARCE, M.A.; SPOTO, M.H.F. **Fundamentos de ciência e tecnologia de alimentos**. Barueri: Manole, 2006. p. 99-134.

_____. Produção de silagem a partir da biomassa residual do pescado. **Alimentos e Nutrição**, São Paulo, v. 5, n. 1, p. 119-134, 1994.

PASTORIZA, L.; SAMPEDRO, G.; CABO, M.J.; HERRERA, J.J.R.; BERANRDEZ, M. Solubilisation of proteins from rayfish residues by endogenous and commercial enzymes. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 84, p. 83-88, 2003.

PIHLANTO-LEPPÄLÄ, A. Bioactive peptides derived from bovine whey proteins: opioid and ace-inhibitory peptides. **Trends in Food Science and Technology**, Cambridge, v.11, n. 9, p. 347-356, 2001.

PIRES, C.V.; OLIVEIRA M.G.A.; ROSA, J.C.; COSTA, N.M.B. Qualidade nutricional e escore químico de aminoácidos de diferentes fontes protéicas. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, Campinas, v. 26, p. 179-187, 2006.

POERMONO, A.; BUCKLE, K.A. Crude peptone from cowtail ray (*Trygon sephen*) viscera as microbial growth media. **World Journal of Microbiology & Biotechnology**, Oxford, v. 18, p. 333-340, 2002.

POMBO, C.R. **Avaliação físico-química e bacteriológica de peixes anchovados**. 2007. 103p. Dissertação (Mestrado em Ciência Veterinária) – Centro de Ciências Médicas. Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2007.

PREGNOLATTO, W.; PREGNOLLATTO, N.P. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1985. p. 27-43.

RAA, J.; GIDBERG, A. Autolysis and proteolytic activity of cod viscera. **Journal of Food Technology**, Oxford, v. 11, p. 619-628, 1976.

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

RAGHUNATH, M.R.; MCCURDY, A.R. Autolysis - resistant sediment in fish silage. **Biological Wastes**, Barking, GB, v. 20, p. 227-239, 1987.

RAPP, P. Production, regulation, and some properties of lipase activity from *Fusarium oxysporum* f. sp. *Vasinfestum*. **Enzyme and Microbial Technology**, Surrey, v. 17, p.832-838, 1995.

REECE, P. Control and reduction of free fatty acid concentration in oil recovered from fish silage prepared from sprat. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 31, p. 147-155, 1980.

SALES, R.O. **Processamento, caracterização química e avaliação nutricional da silagem da despesca da tilapia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em dietas experimentais com ratos**. 1995. 174 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1995.

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

SAS INSTITUTE. **SAS/STAT user`s guide**: statistics version 9.1. Cary, NC, 2002.

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

SHARDA, D.P.; MAHAN, D.C.; WILSON, R.F. Limiting amino acid in low protein corn soybean meal diets for growing-finishing swine. **Journal of Animal Science**, Albany, v.42, n. 5, p. 1175-1181, 1976.

SHIRAI, K; GUERRERO, I.; HUERTA, S.; SAUCEDO, G.; CASTILHO, 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**, Surray, v.28, p. 446-452, 2001.

SILVA, H.B.R.; LANDELL FILHO, L.C. Silagem de subprodutos da filetagem de peixe na alimentação de suínos em crescimento – parâmetro de desempenho e organolépticos. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 25, n. 1, p.1137-1141, 2003.

SIKORSKI, Z. E. **Tecnologia de los productos del mar**: recursos, composicion nutritiva y conservacion. Editora Acribia: Zaragoza,1990. 330 p.

SLIZYTE, R.; RUSTAD, T.; STORRO, I. Enzymatic hydrolysis of cod (*Gadus morhua*) by-products optimization of yield and properties of lipid and protein fractions. **Process Biochemistry**, Norway, v. 40, p. 3680-3692, 2005.

SMITH, K.J. Soybean meal: production, composition and utilization. **Feedstuffs**, Minneapolis, v. 49, p.22-25, 1977.

SOUISSI, N.; BOUGATEF, A.; TRIKI-ELLOUZ, Y.; NASRI, M. Production of lipase and biomass by *Staphylococcus simulans* grown on sardinella (*Sardinella aurita*) hydrolysate and peptone. **African Journal of Biotechnology**, Nairobi, v. 8, n. 3, p. 451-457, 2009.

SPIES, J.R. Determination of tryptophan in protein. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 39, p. 1412-1415, 1967.

STONE, F.E.; HARDY, R.W. Nutritional value of acid stabilized silage and liquefied fish protein. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 37, n. 8, p. 797-803, 1986.

STROM, T.; EGGUM, B.O. Nutritional value of fish viscera silage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 32, p. 115-117, 1981.

SUCASAS, L.F.A. **Avaliação do resíduo do processamento de pescado e desenvolvimento de co-produtos visando o incremento da sustentabilidade na cadeia produtiva**. 2011. 184 p. Tese (Doutorado em Ciências) – Química na Agricultura e no Ambiente – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

TATTERSON, I.N. Fish Silage – preparation, properties and uses. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 7, n. 2, p. 153-159, 1982.

TATTERSON, I.N.; WINDSOR, M.L. Fish silage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 25, n. 1, p. 369-379, 1974.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. **Tabela brasileira de composição de alimentos**. 2008. Disponível em: <<http://www.fcf.usp.br/tabela/>>. Acesso em: 7 jun 2011.

VÁZQUEZ, J.A.; GONZÁLEZ, M.P.; MURADO, M.A. Nisin and pediocin production by *Lactococcus lactis* and *Pediococcus adicilactici* using waste protein sources from octopus. **Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry**, Vigo, v. 3, n. 2, p. 648-657, 2004.

VECHT-LIFSHITZ, S.E.; ALMAS, K.A.; ZOMER, E. Microbial growth on peptones from fish industrial wastes. **Letters in Applied Microbiology**, Oxford, UK, v. 10, p. 183-186, 1990.

VIDOTTI, R.M.; VIEGAS, E.M.M.; CARNEIRO, D.J. Amino acid composition of processed fish silage using different raw materials. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 105, n. 1-4, p. 199-204, 2003.

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

VIDOTTI, R.M.; GONÇALVES, G.S. **Produção e caracterização de silagem, farinha e óleo de tilápia e sua utilização na alimentação animal**. Disponível em: <www.pesca.sp.gov.br>. Acesso em: 10 out 2010.

VILLELA DE ANDRADE, M.F.; LESSI, E.; FRANQUEIRA DA SILVA, J.M. Obtención de ensilado de resíduo de sardina (*Sardinella brasiliensis*, Steindashner, 1979) y su empleo en la formulación de raciones de mínimo costo para aves. In: FAO. **Segunda consulta de expertos sobre tecnologia de productos pesqueros en America Latina**. Rome, 1992. p. 115-125. (Informe de Pesca n. 441).

VIOQUE, J.; PEDROCHE, J.; YUST, M. M.; LQARI, H.; MEGÍAS, C.; GIRÓN-CALLE, J.; ALAIZ, M.; MILLÁN, F. Peptídeos bioativos em proteínas vegetais de reserva. **Brazilian Journal of Food Technology**, São Paulo, p. 99-102, 2006.

WEE, K.L.; KERDCHUEN, N.; EDWARDS, P. Use of waste grown tilapia silage as feed for *Clairias batrachus* L. **Journal of Aquaculture in the Tropics**, Calcutta, v. 1, p. 127-137, 1986.

WIGGERS, V.R.; WISNIEWSKY JUNIOR, A.; SIMIONATTO, E.L.; MEIER, H.F.; BARROS, A.A.C.; MADUREIRA, L.A.S. Biofuels from waste pyrolysis: Continous production in a pilot plant. **Fuel**, Guildford, v. 88, n. 11, p. 2135-2141, 2009.

WIGNAL, J.; TATTERSON, I.N. Fish silage. **Process Biochemistry**, v. 11, p. 17-22, 1976.

WISNIEWSKY JUNIOR, A.; WIGGERS, V.R.; SIMIONATTO, E.L.; MEIER, H.F.; BARROS, A.A.C.; MADUREIRA, L.A.S. Biofuels from waste pyrolysis: chemical composition. **Fuel**, Guildford, v. 89, n. 3, p. 563-568, 2010.

ZAHAR, M.; BENKERROUM, N.; GUEROUALI, A.; LARAKI, Y.; EI-YAKOUBI, K. Effect of temperature, anaerobiosis, stirring and salt addition on natural fermentation silage of sardine and sardine wastes in sugarcane molasses. **Bioresource Technology**, Essex, v. 82, p. 171-176, 2002.

4 ESTUDO DE CASO - RESÍDUO GERADO EM UNIDADE DE BENEFICIAMENTO DE TILÁPIA DO NILO

Resumo

A aquicultura é uma das atividades zootécnicas de maior crescimento mundial. No Brasil, a espécie que melhor se adaptou e tornou-se apropriada a indústria processadora foi a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) devido ao excelente desempenho produtivo e qualidade nutricional. Entretanto, o resíduo gerado no processamento desta espécie representa entre 62,5% e 66,5% da matéria-prima. Dessa forma, para se alcançar a sustentabilidade é necessário o beneficiamento integral da matéria-prima e o gerenciamento adequado dos resíduos. Este estudo de caso foi aplicado em uma unidade de beneficiamento de pescado, na região metropolitana de Curitiba, Estado do Paraná, com objetivo de dimensionar os resíduos gerados em um dia de processamento de tilápia, e desta forma, inferir sobre as possibilidades de elaboração de co-produtos. Para tanto, realizou-se o processamento de 1760 exemplares de tilápia, a quantificação do resíduo total gerado e avaliação do rendimento a partir de 32 indivíduos amostrados aleatoriamente. Os peixes foram abatidos através do choque térmico, lavados, pesados e filetados por funcionários treinados. Os resíduos de cada etapa do processamento foram pesados e o rendimento foi calculado de acordo com o peso do peixe vivo obtendo 61,15%, sendo que, 28,23%; 17,12%; 7,97% e 7,83% eram constituídos de carcaças, cabeças, vísceras e peles. Sugeriu-se para a unidade de processamento, o encaminhamento dos resíduos para produção de co-produtos, a saber, minced, farinha, hidrolisado, óleo e couro. O aproveitamento dos resíduos para elaboração de co-produtos deverá aumentar a sustentabilidade sócio-econômica e ambiental da unidade de processamento.

Palavras-chave: *Oreochromis niloticus*; Resíduo; Co-produto

Abstract

Aquaculture is a fastest growing animal husbandry activities worldwide. In Brazil, the species best adapted and became the appropriate processing industry was tilapia (*Oreochromis niloticus*) due to the excellent performance and nutritional quality. However, the waste generated of process represents between 62.5% and 66.5% of the raw material. Thus, to achieve sustentability is necessary to complete the processing of raw materials and appropriate management of waste. This case study was applied to a fish processing unit in the metropolitan region of Curitiba, Paraná, in order to size the waste generated in one day processing of tilapia, and thus infer about the possibilities of developing co-products. To this end, we carried out the processing of 1760 samples of tilapia, the quantification of total waste generated and performance evaluation of 32 individual randomly samples. Fish were killed by heat shock, washed, weighed and filleted by trained employees. The residues of each processing step were weighed and and yield was calculated according to the weight of live fish getting 61.5% and, 28.23%, 17.12%, 7.97% and 7.83% were consisting of carcasses, heads, viscera and skins. It has been suggested for the processing unit, the routing of the waste to produce co-products, namely, minced, flour, hydrolysate, oil and leather. The recovery of waste to developing co-products should increase the socio-economic sustainability and environmetal processing unit.

Keywords: *Oreochromis niloticus*; Waste; Co-product

4.1 Introdução

A população mundial estará próxima a oito bilhões de pessoas em 2030. Devido à exaustão dos estoques naturais, a oferta de alimento deverá ser feita com a produção de organismos aquáticos em cativeiro (BRASIL, 2007).

A aquicultura é uma alternativa sobre os estoques pesqueiros naturais, pois além de reduzir o impacto causado pela exploração pesqueira indiscriminada nos ecossistemas aquáticos, contribui para o aumento no fornecimento do pescado a população (ROTTA; QUEIROZ, 2003).

A partir dos anos 80 a piscicultura brasileira se tornou uma atividade economicamente estruturada constituída principalmente, por pequenos produtores, sendo muitas vezes uma atividade complementar nas propriedades rurais (SCORVO-FILHO et al., 2006). Como uma importante atividade zootécnica atraente e economicamente sustentável para produção de alimentos, a aquicultura, atualmente, está embasada em três pilares: a produção lucrativa, a preservação ambiental e o desenvolvimento social (McCAUSLAND et al., 2006).

A espécie mais cultivada no Brasil é a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) com produção de 132 mil toneladas por ano (BRASIL, 2010). Sendo proveniente da Costa do Marfim, foi introduzida no nordeste brasileiro em 1971, e então distribuída por todo o país (CASTAGNOLLI, 1992; MAINARDES-PINTO; VERANI; ANTONIUTTI, 1989).

O desenvolvimento da tilapicultura ocorreu a partir da década de 90, como resultado do sucesso da tilápia nos mercados nacionais e internacionais (TOMAZELLI JÚNIOR; PHILIPPI, 2006). A tilápia do Nilo foi a espécie exótica que melhor se adaptou e se destacou no cenário brasileiro, devido ao rápido crescimento, rusticidade, excelente desempenho produtivo, reprodutivo e sanitário nos diferentes sistemas de cultivo, além de possuir tecido muscular de alta qualidade, aceitação pelo consumidor e ser considerada apropriada à indústria de filetagem tornando-se interessante para a piscicultura e uma alternativa viável para geração de renda e empregos (BOSCOLO et al., 2001; MOREIRA et al, 2007).

Devido aos inúmeros benefícios decorrentes da ingestão de pescado à saúde humana, o consumo, com o passar dos anos, aumentou consideravelmente

(ALBUQUERQUE et al., 2004). A tilápia do Nilo alcança grande importância para a cadeia produtiva do pescado, uma vez que, possui custo de cultivo relativamente baixos em comparação com outras espécies de interesse aquícola. Dentre suas principais características atrativas destacam-se a versatilidade alimentar, tolerância a condições adversas de qualidade da água e flutuações de salinidade, crescimento rápido e ausência de espinhos em “y” em seu filé (MOREIRA et al., 2011). Porém, há uma dificuldade enfrentada pela indústria e pelo produtor, que é a padronização do peso ao abate (MACEDO VIEGAS; SOUZA; KRONKA, 1997). Muitos fatores influenciam no rendimento pós abate, como: espécie, sexo, tamanho, idade, peso, tipo de corte, forma anatômica do corpo, tamanho da cabeça, peso das vísceras, pele e nadadeira, e destreza do operador (GOMIERO et al., 2003).

Paralelamente, o processo de industrialização desse pescado fez crescer o surgimento de indústrias de beneficiamento para obtenção de filés (OLIVEIRA et al., 2006). Consequentemente devido ao aumento do número de unidades processadoras, o descarte dos resíduos desta atividade tornou-se um problema que, para ser solucionado, necessita de tecnologias adequadas visando o aproveitamento e a transformação do material residual para minimização de riscos ambientais.

Resíduo é todo material descartado nas cadeias de produção e consumo que não apresentam valor de uso e, quando manejado de forma inadequada, pode causar impactos negativos ao ambiente (NOLASCO, 2000). A Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 10004 (ABNT, 2004) tem por objetivo classificar os resíduos sólidos quanto a sua periculosidade, considerando seus riscos potenciais ao ambiente e à saúde pública que podem ser gerenciados adequadamente. É uma ferramenta que auxilia os diversos setores envolvidos com o gerenciamento de resíduos sólidos (RIBEIRO et al., 2011).

Sucasas (2011) analisou, conforme a ABNT – NBR – 10004 (2004), 24 amostras de resíduos do processamento de tilápias (*Oreochromis niloticus*) e os classificou como Resíduo Classe II do “tipo não inerte”. Todavia, dependendo das características físico-químicas e microbiológicas esta classificação pode ser alterada. Os resíduos não inertes são passíveis de serem dispostos em aterros juntamente com os resíduos urbanos (SISSINO, 2003). As principais formas de tratamento desses resíduos são a

reciclagem, a estocagem na própria unidade e o despejo em aterros sanitários municipais; sendo o gerador responsável pelo destino (FUNDAÇÃO ESTADUAL DE ENGENHARIA DO MEIO AMBIENTE, 2000). Porém, com a carência de informações, alternativas e técnicas especializadas, algumas empresas dispensam pouca ou nenhuma atenção a tal responsabilidade (SISSINO, 2003). Em indústrias de pequeno porte, uma prática comum do destino dos resíduos é o depósito em lixões urbanos ou ainda, estes são enterrados diretamente no solo (YAMAMOTO et al., 2007).

Conforme Ramírez (2007) os resíduos do processamento de pescado oscilaram, mundialmente, entre 18 a 30 milhões de toneladas, representando um potencial inexplorado para a agregação de valor por meio do seu aproveitamento para elaboração de alimentos, alimentos funcionais e produtos químicos para o consumo humano. Normalmente, os resíduos de pescado, junto aos postos de beneficiamento e comercialização, causam sérios problemas de poluição ambiental, pois nem sempre é economicamente viável o transporte dos mesmos para as fábricas de processamento de co-produtos (NUNES, 1999). Entretanto, a recuperação e o armazenamento deste material acarretam ônus para a empresa e, por isso, a comercialização dos novos produtos é importante (GARBOSA; TRINDADE, 2007).

A necessidade da minimização e geração de resíduos, sobretudo o aproveitamento desse material para elaboração de co-produtos, é de ordem econômica e de geração de energia. Os resíduos do pescado são, cada vez mais, vistos como um potencial recurso e a possibilidade de transformação deste material passa a ser uma opção às indústrias para aumentar a rentabilidade agroindustrial (SLIZYTIE, et al., 2005). Entretanto, para a utilização do resíduo sólido na obtenção de um novo produto ou para outras finalidades, este deve estar em conformidade com os requisitos estabelecidos pelos órgãos responsáveis pela liberação do produto (RIBEIRO et al., 2011).

Atualmente, o principal objetivo da industrialização de tilápias é a produção de filés. O resíduo do processo de filetagem da tilápia representa entre 62,5 e 66,5% da matéria-prima, necessitando do gerenciamento correto para evitar os impactos ambientais (BOSCOLO et al., 2008). Estes resíduos são constituídos de vísceras, cabeças, carcaça, pele e escamas (VIDOTTI; GONÇALVES, 2010).

Os resíduos do processamento de pescado apresentam alta qualidade nutricional e podem ser considerados fontes de proteínas, enzimas e lipídeos não aproveitados possibilitando o encaminhamento para outros fins, como produção de suplementos protéicos (GILDBERG, 2001; KADAM; PRABHASANKAR, 2010), hidrolisados protéicos, silagem ou óleo de peixe (BORGHESI et al., 2008; SOUZA-SOARES; PINTO, 2009; FERRAZ - ARRUDA et al., 2009), compostagem (LUSTOSA NETO, 1994), couro (SOUZA, 2004), farinha para consumo animal ou humano, óleo para produção de suplementos nutricionais para humanos ou ainda biocombustíveis (WIGGERS et al., 2009; WISNIEWISKI JUNIOR, et al., 2010), peptona para meio de crescimento microbiano (POERNOMO; BUCKLE, 2002; VÁZQUEZ et al., 2006) entre outros.

Visando o gerenciamento adequado e, conseqüentemente, subsidiar a tomada de decisões para elaboração de co-produtos, realizou-se a quantificação do resíduo gerado em uma unidade de beneficiamento de pescado durante um dia de processamento.

Segundo a literatura consultada, este estudo é um dos poucos realizados dentro de uma unidade de processamento que apresenta características reais da quantidade do resíduo gerado pelo processo de beneficiamento e possibilita a visualização do montante real.

4.2 Desenvolvimento

4.2.1 Localização

O experimento foi realizado em unidade de beneficiamento de pescado localizada na região metropolitana de Curitiba-PR, com tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) da linhagem Supreme, provenientes de piscicultura comercial do município de Campo Largo, Estado do Paraná.

Figura 10 – Unidade de beneficiamento de tilápia

4.2.2. Instalações e manejo durante o cultivo das tilápias

As tilápias foram alimentadas com ração comercial extrusada composta de 32% de proteína bruta, com arraçoamento de três vezes ao dia até saciedade aparente. Foram cultivadas durante 9 meses em viveiro escavado, com densidade de 7 peixes/m³, na presença de aeradores e renovação de água constante.

4.2.3 Transporte do pescado até a unidade de beneficiamento

Antecipadamente ao transporte, o produtor certificou-se da emissão do Guia de Trânsito Animal que atesta a sanidade dos animais para deslocamento. Os animais passaram por um período de 24 horas, antes da captura, em depuração dentro do próprio tanque de cultivo. Fez-se o uso de rede de arrasto para captura (Figura 12), e, posteriormente, o carregamento para realização do transporte.

Figura 11 – Captura dos peixes com utilização de rede de arrasto

Utilizou-se o veículo adequado para o transporte de peixes vivos, sendo os animais transportados em cinco câmaras isotérmicas dotadas de equipamento

forneceador de oxigênio, contendo, aproximadamente, 800 kg de peixes em cada, totalizando 4 t.

Figura 12 – Veículo para transporte de peixe vivo

4.2.4 Unidade de beneficiamento

A unidade de processamento apresenta a capacidade de produção diária de 600 kg de filé de tilápia e dotadas dos seguintes equipamentos: máquina produtora de gelo, caixa aço inoxidável para insensibilização, mesa de evisceração, câmara frigorífica, balanças digitais e seladoras; é devidamente registrada junto aos órgãos de fiscalização e inspeção SIP/POA (Serviço de Inspeção do Paraná/Produtos de Origem Animal); possui a implantação de Boas Práticas de Fabricação, estando em conformidade e adequação à legislação do Ministério da Agricultura e Abastecimento (BRASIL, 2008).

4.2.5 Processamento para obtenção de filés refrigerados

Após o transporte, os peixes foram alocados em tanques-rede e passaram por mais 24 horas em depuração. Para o dia do processamento analisado utilizou-se 1760 unidades de tilápia com peso total de 1,4 t. Os peixes foram submetidos à insensibilização por choque térmico com gelo de água clorada (5 mg/L de cloro), na proporção de duas partes de gelo para uma de peixe, lavados e pesados em balanças de precisão com 5g.

O processo de filetagem foi executado em série, manualmente, por funcionários treinados e devidamente paramentados com equipamentos de segurança individual. Os filés foram retirados da carcaça no sentido crânio-caudal e dorso-ventral, sendo um lado

de cada vez. A pele foi removida no sentido caudal-cranial com facas. Na sequência, ocorreu o descabeçamento e a retiradas das vísceras do peixe (Figura 15).

Figura 13 – Filetagem manual

Figura 14 – Separação das principais partes componentes do peixe

Após processamento, os filés foram submetidos a lavagens com água clorada e, posteriormente, embalados a granel e comercializados refrigerados, conforme apresentado na Figura 15.

Figura 15 – Filés resfriados embalados para comercialização

Figura 16 – Fluxograma do processo de beneficiamento de tilápia

4.2.6 Identificação das etapas geradoras

O resíduo total gerado em um dia de produção para elaboração de filés resfriados durante o processamento foi pesado em balança eletrônica (Digi-tron). Os resultados foram expressos em kg de resíduo total e porcentagem de resíduo gerado em relação ao peso total.

Para definição das principais etapas geradoras de resíduos foram utilizados, aleatoriamente, 32 exemplares de tilápia do Nilo. Os peixes foram pesados individualmente e após cada etapa geradora, o material a ser descartado pela empresa foi pesado separadamente. Este descarte é constituído de cabeças seccionado na junção com a coluna espinha dorsal incluindo brânquias; vísceras com todo conteúdo

da cavidade celomática; peles com escamas e carcaças. Calculou-se o rendimento (%) em função do peso total do exemplar vivo.

4.2.7 Análise dos dados

Realizou-se o cálculo da média e o desvio padrão dos indivíduos amostrados, sem diferenciar por faixas de peso e, todos os valores amostrados, foram utilizados, pois buscou-se quantificar a geração de resíduos em escala real, sem exclusão de dados.

4.3 Resultados e discussão

4.3.1 Quantificação dos resíduos

Os principais resíduos sólidos gerados foram: peles, cabeças, vísceras e carcaças.

Os resultados dessa pesquisa estão demonstrados na Tabela 1.

Tabela 9 – Peso dos peixes e porcentagem de rendimento dos diferentes resíduos após filetagem

Nº	PESO DO PEIXE (kg)	FILES (kg)	PELES (kg)	CARCAÇAS (kg)	CABEÇAS (kg)	VÍSCERAS (kg)
1	0,695	0,280	0,050	0,220	0,100	0,040
2	0,695	0,255	0,050	0,215	0,135	0,040
3	0,835	0,315	0,060	0,250	0,150	0,060
4	0,795	0,290	0,065	0,240	0,145	0,055
5	0,940	0,365	0,070	0,275	0,155	0,075
6	0,850	0,330	0,070	0,235	0,155	0,060
7	0,885	0,325	0,075	0,265	0,155	0,065
8	0,880	0,310	0,075	0,275	0,155	0,065
9	0,770	0,285	0,060	0,230	0,145	0,050
10	0,580	0,240	0,050	0,150	0,095	0,045
11	0,590	0,210	0,050	0,180	0,115	0,035
12	1,310	0,560	0,115	0,325	0,195	0,110
13	0,595	0,230	0,045	0,170	0,110	0,040
14	0,895	0,335	0,075	0,250	0,165	0,065
15	0,955	0,375	0,075	0,265	0,155	0,085
16	1,105	0,440	0,095	0,295	0,170	0,105
17	0,625	0,250	0,040	0,190	0,095	0,050
18	0,560	0,220	0,040	0,150	0,100	0,045
19	0,745	0,255	0,060	0,230	0,145	0,055
20	0,860	0,380	0,065	0,210	0,125	0,075
21	0,555	0,220	0,045	0,145	0,100	0,045
22	0,655	0,265	0,050	0,180	0,105	0,055
23	0,955	0,355	0,070	0,265	0,180	0,085
24	0,945	0,355	0,085	0,255	0,175	0,075
25	0,645	0,225	0,045	0,195	0,105	0,075
26	0,720	0,305	0,050	0,190	0,115	0,060
27	0,875	0,315	0,075	0,265	0,155	0,065
28	1,015	0,400	0,085	0,270	0,175	0,085
29	0,615	0,225	0,045	0,185	0,105	0,055
30	0,710	0,330	0,045	0,175	0,110	0,050
31	0,775	0,290	0,060	0,210	0,130	0,085
32	0,840	0,335	0,055	0,235	0,140	0,075
Peso total	25,470	9,870	1,995	7,190	4,360	2,030
Média	0,796	0,308	0,062	0,225	0,136	0,063
Desvio padrão	0,173	0,074	0,017	0,045	0,029	0,019
Porcentagem (%)		38,75	7,83	28,23	17,12	7,97

Houve variação de peso devido à falta de padronização do fornecedor para a unidade de beneficiamento. A variação nos pesos dos animais pode ter sido influenciada pela densidade de estocagem no cultivo que foi de 7 peixes/m³. Segundo Souza, Castagnolli e Kronka (1998) com menor densidade (3 peixes/m³) as tilápias do Nilo pesaram em torno de 530 g, enquanto em maior densidade (9 peixes/m³) o peso final foi 395 g.

Os valores obtidos para o rendimento de filés neste experimento (38,75%) foram superiores aos relatados por Pinheiro et al. (2006), que encontraram valor médio de 31,6% para tilápias do Nilo com peso médio de 600 g. Porém foi inferior aos de Souza (2003), que investigou o rendimento de tilápias com os pesos entre 701 a 800 g, e observou rendimento de filetagem de 40,4%. Contudo, valores superiores a estes foram encontrados por Contreras-Guzmán (1994), que relatou 42% de rendimento de filé. Novato e Viegas (1997) constataram que a categoria de peso influencia no rendimento de filé em tilápias vermelhas (*Oreochromis* sp.), e apresentaram melhor resultado (38,85%) com peixes de 451 a 550 g. A variação nos dados de rendimento pode ser atribuída ao tipo de processo empregado para a filetagem, experiência do profissional que executou a operação de filetagem e a aspectos zootécnicos como alimentação, sexo e período de desenvolvimento dos animais. Portanto, o tamanho das tilápias, aliado ao fator humano, possivelmente, são os principais condicionantes da variação do rendimento industrial (PINHEIRO et al., 2006), havendo, portanto, a necessidade de uma padronização para adquirir a eficácia no processo produtivo.

A quantidade de resíduo total gerado pelos 32 indivíduos amostrados foi de 15,575 Kg, o que corresponde a 61,15% da matéria-prima processada. O valor obtido aproxima-se dos encontrados por Silva et al. (2009) com faixas de peso de 250 a 600 g que obtiveram a média de rendimento de 59,1%, e Contreras-Guzmán (1994) de 62,6% para tilápias nilóticas. Estes valores corroboram com Macedo-Viegas et al. (2000) que obtiveram cerca de 60% de resíduo total durante processamento de matrinxã (*Brycon cephalus*). A grande quantidade de resíduos gerados evidencia a necessidade de gerenciamento adequado para o material. Conforme os dados anteriormente apresentados, relativos à produção nacional de tilápias, de 132 mil t em 2009 (BRASIL,

2010) e, estimando-se que, a maioria se destina à produção de filés com rendimento médio de 60%, é possível sugerir que foram gerados cerca de 79,2 mil t de resíduos.

Segundo Mello et al. (2010), na carcaça residual do processo de filetagem permanecem aderidos entre 13 a 25% de tecido muscular este material poderia ser aproveitado na obtenção de carne mecanicamente separada (CMS) ou polpa de pescado. Considerando, um valor médio de 19% de tecidos aderidos e a quantidade total processada, seria possível produzir cerca de 75 kg de CMS. Esta matéria-prima pode ser empregada para produção de produtos diversificados como salsichas, hambúrgueres à base de pescado, surimi entre outros.

A tilápia é considerada uma espécie com potencial para produção de surimi (TOKUR et al., 2004). Este produto é caracterizado pelo Codex Alimentarius como um produto de proteína de pescado para uso posterior, obtido por meio da separação mecânica em que é moído, lavado, purificado, drenado, misturado com ingredientes crioprotetores e congelado (FAO/WHO, 2008). Semelhante ao processo de obtenção de surimi, Monterrey-Quintero e Sobral (2000), utilizando resíduo da filetagem de tilápia do Nilo, elaboraram um co-produto, através das proteínas miofibrilares da carcaça, produzindo biofilmes resistentes e pouco deformáveis para substituição de plásticos.

No presente estudo, a pele perfaz 7,83% do peso corporal dos peixes, sendo os valores similares aos encontrados por Contreras-Guzmán (1994), 7,5%, e por Pinheiros et al. (2006) em tilápia tailandesa (*Oreochromis spp.*) em 8%. Esse resíduo, equivalente a 97,09 kg, pode ser destinado ao curtimento, diminuindo a quantidade de material a ser descartado, além de agregar valor. A pele das tilápias pode ser transformada em couro para utilização na confecção de vestuário, pois apresentam resistência à tração, alongamento e força de rasgamento progressivo no sentido transversal ao comprimento do corpo do peixe (SOUZA et al., 2002). Brito et al. (2003) analisaram o custo do processo de curtimento da pele de tilápia nilótica e segundo os autores, o valor gasto é representado por R\$1,14/kg de pele. Além da produção de couro, a pele juntamente com a espinha de peixe são consideradas fontes de colágeno e gelatina com cerca de 30% de rendimento (NAGAI; IZUMI; ISHII, 2004).

A quantidade de vísceras obtidas foi de 7,97% corresponde aproximadamente a 98,82 kg. De acordo com Freitas e Gurgel (1984), as vísceras de tilápias do Nilo

perfazem uma porcentagem de 11,2% em relação ao peixe inteiro, e 8,3% para tilápia-do-Congo. Contreras-Guzmán (1994) afirma que em peixes ósseos, as vísceras correspondem a 11% do peso dos peixes inteiros, sendo comparativamente menos volumosas que as dos animais terrestres. Portanto, este material rico em enzimas e peptídeos pode ser revertido em hidrolisados e peptonas para crescimento microbiano. A peptona de vísceras de pescado é uma excelente fonte de nitrogênio para meio de crescimento microbiano (VÁZQUEZ et al., 2006). Peptídeos bioativos foram isolados de diversos peixes, através de hidrolisados protéicos, apresentando atividades anti-hipertensivas, antitrombóticas (KIM et al., 2000) e potente atividades antioxidantes (RAJAPAKSE et al., 2005).

Para as cabeças, o valor obtido foi de 17,12% ou 212,28 kg. Este fragmento corporal representa elevada porcentagem do peso dos peixes (SIKORSKI, 1994). Souza et al. (2000) analisando o rendimento do processamento da tilápia através de diferentes tipos de corte de cabeça e categorias de peso, obtiveram porcentagens de cabeça variando de 24,79 a 32,53%. Freitas e Gurgel (1984) encontraram valores de 21,7%, e Macedo-Viegas et al. (1997) relataram 29,02%.

O tipo de corte efetuado na decapitação influenciará nos valores de rendimento (SOUZA et al., 2000; SOUZA, 2001). De acordo com Faria et al. (2003) tilápias de cabeça grande e comprimida, proporcionam baixos rendimentos de filés, evidenciando a existência de uma relação inversa entre tamanho da cabeça e rendimento de filé. Isto pode estar relacionado à afirmação de Santos et al. (2007) que analisaram o rendimento entre linhagens de tilápia (*Oreochromis niloticus*) entre 150 a 750 g e afirmaram que a linhagem Supreme, apresenta menores cabeças e maiores rendimento de filés, sendo a mais indicada para produção, beneficiamento e comercialização, como ocorreu na unidade processadora de tilápias analisada.

Stevanato et al. (2007) analisando o co-produto “farinha de cabeças de tilápias”, obtiveram 35,5% de lipídeos, 38,4% de proteína e 19,4% de cinza. Os mesmos autores indicaram a inclusão dessa farinha na merenda escolar devido sua composição nutricional e baixo custo. Moreira et al. (2003) analisando cabeças de peixes com pesos entre 650 a 850 g, constataram a presença de 22% de lipídeos em matrinxã (*Brycon cephalus*), 21,2% em piraputanga (*Brycon microlepis*) e 18,3% em piracanjuba (*Brycon*

orbignyanus). Esses autores declararam válida a utilização desse resíduo no enriquecimento de alimentos, como fonte calórica de baixo custo, havendo também a possibilidade do mesmo ser utilizado como concentrados de ácidos graxos poliinsaturados do tipo ômega-3. A elaboração de farinha de peixe a partir das cabeças, além de sua qualidade nutricional aliada ao baixo custo, promoveria a diminuição de 28% do resíduo do processamento da tilápia que poderia causar poluição ambiental. Destaca-se, também, a possibilidade de produção de farinha de pescado e óleo de pescado a serem empregados na aquicultura como fontes protéica, energética e de minerais (GALDIOLI et al., 2001).

Uma alternativa para reduzir o impacto ambiental é a produção de silagem química de pescado, que é uma forma pouco onerosa, de fácil preparo e que não exige maquinário sofisticado. Este co-produto possibilita a utilização na forma de ingrediente em ração animal (BORGHESI; FERRAZ - ARRUDA; OETTERER, 2007; SUCASAS, 2011).

Devido à presença de compostos bioativos nas vísceras de pescado, este resíduo mostra-se vantajoso para elaboração de co-produtos, como fármacos e meios de crescimento microbiano (POERMONO; BUCKLE, 2002). Através de pesquisa de mercado, obteve-se o valor médio de mercado de R\$ 522,00/kg para peptonas comerciais, o que possibilita a incorporação de renda para a cadeia produtiva de pescado.

Outra alternativa seria a produção da compostagem de resíduos animais. Esta técnica é um processo para a aplicação e disposição de animais mortos utilizada por algumas pisciculturas. É um processo naturalmente controlado, pelo qual, os microrganismos benéficos (bactérias e fungos) transformam os resíduos orgânicos em produtos finais estáveis, com baixo risco ambiental e sanitário (KUBITZA; CAMPOS, 2006).

A quantidade total de resíduos gerada correspondeu a 856 kg, sendo maior do que esperado pelo rendimento médio da filetagem, que deveria ser de 840 kg. Esta diferença pode ser explicada devido ao descarte de filés com qualidade inferior ao padrão estabelecido pelo empreendimento.

Figura 17 – Resíduos da filateagem de tilápias

4.3.2 Custo e gerenciamento dos resíduos

Para a produção diária de filés de tilápia (540 kg) a empresa adquire a matéria a matéria prima a um custo de R\$ 4.900,00, e produz o equivalente a 61,15% de resíduo, quantidade que por não sofrer aproveitamento, onera o produto final. Portanto, o material não aproveitado equivale à R\$ 2.996,00 do valor utilizado para aquisição da matéria-prima, ou seja, 61,15%.

Além dos custos na aquisição da matéria-prima não aproveitada é necessário o armazenamento do material em câmaras de resfriamento até o momento da destinação adequada. Segundo levantamento de mercado, em empresa especializada em gerenciamento e descarte de resíduos industriais, realizado em abril de 2011, obteve-se o valor de R\$ 0,36/kg de resíduo. Em um dia de processamento isto implica em um custo diário de R\$ 308,16 que interfere no balanço econômico da unidade. Na Tabela 2 estão apresentados os custos frente ao valor total de aquisição da matéria-prima de cada parte do resíduo.

Tabela 10 – Custos estimados para obtenção do filé e para cada parte do resíduo sólido gerado no processamento em função do valor de compra da matéria-prima

	FILÉS	PELE	CARCAÇA	CABEÇA	VÍSCERAS
Porcentagem (%)	38,75	7,83	28,23	17,12	7,97
Valor (R\$)	2387,0	482,33	1745,13	1054,59	490,95

Conforme as tabelas 1 e 2 é possível perceber que as principais operações que geram resíduos e conseqüentemente, maiores custos ocorrem durante a obtenção dos

filés e descarte de carcaças; descabeçamento, evisceração e por último, no despêliculamento.

Atualmente, apenas os filés reverterem em lucratividade para a empresa, sendo vendidos a R\$ 15,00/Kg. Subtraindo-se os custos da matéria-prima, sem relacionar os demais integrantes de custos da empresa (fixos e variáveis), utilizando-se a produção de 540 kg de filés, o retorno diário foi de, aproximadamente, R\$ 3.200,00. Se a esse valor, acrescentarmos o custo de R\$ 308,16 a ser desembolsado para empresa especializada na destinação de resíduos, restaria R\$ 2.891,84.

Através dos valores financeiros e de rendimento é possível constatar a necessidade do aproveitamento dos resíduos sólidos do processamento de tilápias. Dessa forma, é premente o encaminhamento desse material para elaboração de co-produtos que promovam a recuperação, redução nos gastos do gerenciamento dos mesmos e possibilitem a geração de receita.

Os resíduos agroindustriais podem conter substâncias de alto valor econômico e industrial, e com a aplicação de tecnologias adequadas podem ser reutilizados em produtos comerciais ou como matéria-prima para processos secundários (FRENCH; LAFORGE, 2006; LAUFENBERG et al., 2003). Inferindo-se que 395,22; 239,68; 111,58 e 109,62 kg podem ser utilizados na elaboração de minced, farinha, hidrolisado e couro, respectivamente, e que estes co-produtos, possuem valor agregado, a receita da empresa deverá ter um incremento. Além disso, apesar do conhecimento universal, de que sempre haverá formação de resíduos em todos os processos, oferece-se o ensejo para a reciclagem de 856 kg, ou seja, 61,15% do resíduo total. A Figura 2 ilustra o gerenciamento adequado sugerido para os resíduos.

Figura 18 – Fluxograma do processo de beneficiamento de tilápia e aproveitamento do resíduo

A utilização desse material, além de, aumentar a sustentabilidade econômica, minimiza as perdas energéticas e os passivos ambientais. No caso das cabeças de tilápias, estas apresentam a possibilidade de promover impactos sociais, se forem utilizadas para elaboração de farinha para consumo humano para merenda escolar, enriquecendo nutricionalmente alimentos, suprimindo a deficiência nutricional de crianças carentes e promovendo a segurança alimentar. A sobrevivência da indústria pode depender da sua capacidade para responder de imediato às exigências do consumidor que valoriza a minimização dos resíduos, impactos ambientais e a responsabilidade social, aliada à necessidade econômica de utilização desse material que seria desperdiçado.

4.4 Conclusão

O preço de mercado do filé de tilápia, que é de R\$ 15,00/kg gera receita de apenas 40% em relação ao investimento em matéria-prima devido ao elevado volume de descarte.

O aproveitamento dos resíduos para elaboração de co-produtos deverá aumentar substancialmente da sustentabilidade sócio-econômica e ambiental da unidade.

Sugeriu-se para a unidade o encaminhamento dos resíduos para produção de co-produtos, a saber, como couro; farinha, hidrolisado e óleo; minced e farinha; para as frações peles, cabeças, vísceras e carcaça, respectivamente, com base em literatura consultada. Enquanto a empresa estiver focada apenas na filetagem, não será possível oferecer ao consumidor um produto mais acessível economicamente. É preciso diluir os custos de produção através da elaboração de co-produtos.

Referências

ALBUQUERQUE, W. F.; ZAPATA, J. F. F.; ALMEIDA, R. S. Estado de frescor, textura e composição muscular da tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) abatida com dióxido de carbono e armazenada em gelo. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 35, n.especial, p. 264-271, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10004; ABNT NBR 10005; ABNT NBR 10006; ABNT NBR 10007**. Resíduos sólidos – Coletânea de Normas. São Paulo, 2004.

BORGHESI, R.; FERRAZ - ARRUDA, L.; OETTERER, M. 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.

_____. Fatty acid composition of acid, biological and enzymatic fish silage. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 26, n. 2, p. 205-212, 2008.

BOSCOLO, W.R.; HAYASHI, C.; FEIDEN, A.; MEUER, F.; SIGNOR, A.A. Composição química e digestibilidade aparente da energia e nutrientes da farinha de resíduo da indústria de filetagem de tilápias, para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 9, p. 2579-2586, 2008.

BOSCOLO, W.R.; HAYASHI, C.; SOARES, C.M.; FURUYA, W.M.; MEURER, F. Desempenho e características de carcaça de machos revertidos de tilápias-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*), linhagens tailandesa e comum, nas fases iniciais e de crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 5, p. 1391-1396, 2001.

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura – MPA. 2010. **Produção pesqueira e aquícola, estatística 2008/2009**. Brasília: MPA. 37 p. Disponível em: <<http://www.mpa.gov.br>>. Acesso em: 30 set 2010.

_____. Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca - SEAP. Disponível em: <<http://www.presidencia.gov.br/seap>>. Acesso em: 27 jul 20011.

_____. Ministério da Agricultura. Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal. **Decreto nº 6.385**, de 27/02/2008. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2008/Decreto/D6385.htm>. Acesso em: 12 jun 2011.

BRITO, A.L.F.; MUNIZ, A.C.S.; PRASAD, S. Curtimento mineral de peles de peixes tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Interação**, São Paulo, n. 2, p. 45-54, 2003.

CASTAGNOLLI, N. **Piscicultura de água doce**. Jaboticabal: Ed. Funep, 1992. 189p.

CONTRERAS-GUZMÁN, E.S. **Bioquímica de pescado e derivados**. Jaboticabal: Ed. Funep, 1994. 409p.

FAO/WHO. Code Practice for fish and fishery products (CAC/RCP 52-2003). Disponível em: <http://www.codexalimentarius.net/web/standard_list.do?lang=en>. Acesso em: 10 out 2010.

FARIA, R.H.S.; SOUZA, M.L.R.; WAGNER, P.M.; POVH, J.A.; RICARDO, R.P. Rendimento do processamento da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1757) e do pacu (*Piaractus mesopotamicus* Homber, 1887). **Acta Scientiarum, Animal Sciences**, Maringá, v. 25, n. 1, p. 21-24, 2003.

FERRAZ - ARRUDA, L.; BORGHESI, R.; PORTZ, L.; CYRINO, J.E.P.; OETTERER, M. Fish silage in black bass (*Micropterus Salmoides*) feed as an alternative to fish meal. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 52, n. 5, p. 1261-1266, 2009.

FREITAS, J.V.F.; GURGEL, J.J.S. Estudos experimentais sobre a conservação da tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (L., 1766) Trewavas, armazenada no gelo. **Boletim Técnico do Departamento Nacional de Obras Contra a Seca**, Fortaleza, v.42, n. 2, p. 153-178, 1984.

FRENCH, M.L.; LAFORGE, R.L. Closed-loop supply chains in process industries: an empirical study of producer re-use issues. **Journal of Operations Management**, Amsterdam, v. 24, n.3, p. 271-286, 2006.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE ENGENHARIA DO MEIO AMBIENTE – FEEMA. **Gestão de resíduos**. Rio de Janeiro: FEEMA, 2000, 187 p. Relatório semestral de atividades do programa de despoluição da Baía de Guanabara – 2000.

FURLONG, E.B.; BASTOS, A.L.; BAISCH, A.L. M. Caracterização química de pescados empregados para tratamento de asma brônquica na região sul do Rio Grande do Sul. **Semina, Ciências Agrárias**, Londrina, v. 27, n. 3, p. 415-422, 2006.

GALDIOLI, E.M., HAYASHI, C., FARIA, A.C.E.A., SOARES, C. Substituição parcial e total da farinha de peixepelo farelo de soja em dietas para alevinos de piavuçu, *Leporinus macrocephalus*. **Acta Scientiarum, Animal Sciences**, Maringá, v. 23, p. 835-840, 2001.

GARBOSA, F.G.; TRINDADE, J.L. Bioconversão de resíduos agroindustriais – uma revisão. In: SEMANA DE TECNOLOGIA EM ALIMENTOS, 5., 2007, Ponta Grossa, **Anais...** Ponta Grossa: Universidade Tecnológica do Paraná, v.02, n.1, 2007. Disponível em: <<http://www.pg.utfpr.edu.br/setal/docs/artigos/2008/a2/010.pdf>>. Acesso em: 10 mar 2011.

GILDBERG, A. Utilization of male Arctic capelin and Atlantic cod intestines for fish sauce production – evaluation of fermentation conditions. **Bioresource Technology**, Essex, v.76, n. 2, p. 119-123, 2001.

GOMIERO, J.S.G.; RIBEIRO, P.A.P.; FERREIRA, M.W.; LOGATO, P.V.R. Rendimento de carcaça de peixe matrinxã (*Brycon cephalus*) nos diferentes cortes de cabeça. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 27, n. 1, p. 211-216, 2003.

KADAM, S.U.; PRABHASANKAR, P. Marine foods as functional ingredients in bakery and pasta products. **Food Research International**, Toronto, v. 43, p. 1975-1980, 2010.

KIM, S.; MENDIS, E. Bioactive compounds from marine processing byproducts – a review. **Food Research International**, Toronto, v. 39, p. 383-393, 2006.

KIM, S.; CHOI, Y.R.; PARK, P.J.; CHOI, J.H.; MOON, S.H. Screening of biofunctional peptides from cod processing wastes. **Journal of the Korean Society of Agricultural Chemistry and Biotechnology**, Seoul, v. 43, p. 225-227, 2000.

KUBITZA, F.; CAMPOS, J.L. O aproveitamento dos subprodutos do processamento de pescado. **Panorama da Aquicultura**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 94, p. 23-29, 2006.

LAUFENBERG, G.; KUNZ, B.; NYSTROEM, M. Transformation of vegetable waste into added products: (A) the upgrading concept; (B) practical implementations. **Bioresource Technology**, Essex, v. 87, n. 2, p. 167-198, 2003.

LUSTOSA NETO, D. A. **Elaboração e caracterização química, funcional e nutricional de ensilados de resíduos de pescado da família *Lutjanidae***. 77 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1994.

MACEDO-VIEGAS, E.M.; SOUZA, M.L.R.; KRONKA, S.N. Estuda da carcaça de tilápia-do-Nilo em quatro categorias de peso. **Revista Unimar**, Maringá, v. 19, n. 3, p. 863-870, 1997.

MACEDO-VIEGAS, E.M.; SCORVO, C.M.D.F.; VIDOTTI, R.M.; SECCO, E.M. Efeito das classes de peso sobre a composição corporal e o rendimento de processamento de matrinxã (*Brycon cephalus*). **Acta Scientiarum, Animal Science**, Maringá, v. 22, n. 3, p. 725-728, 2000.

MAINARDES-PINTO, C.S.R.; VERANI, J.R.; ANTONIUTTI, D.M. Estudo comparativo do crescimento de machos de *Oreochromis niloticus* em diferentes períodos de cultivo. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 6, n. 1-2, p. 19-27, 1989.

MELLO, S.C.R.P. **Caraterização físico-química, bacteriológica e sensorial de “fishburger” e “kamaboko”, obtidos da polpa e “surimi” de tilápia (*Oreochromis niloticus*)**. 2009. 116 p. Tese (Doutorado em higiene Veterinária e Processamento Tecnológico de Produtos de Origem Animal) – Universidade Federal Fluminense, 2009.

MELLO, S.C.R.P.; FREITAS, M.Q.; SÃO CLEMENTE, S.C.; FRANCO, R.M.; NOGUEIRA, E.B.; PINTO, M.D.S.R. Caracterização química e bacteriológica de polpa e surimi obtidos do espinhaço residual da filetagem de tilápia. **Revista do Centro de Ciências Rurais**, Santa Maria, v. 40, n. 3, p. 648-653, 2010.

MEURER, F. Desempenho e características de carcaça de machos revertidos de tilápias-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*), linhagens tailandesa e comum, nas fases iniciais e de crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 5, p. 1391-1396, 2001.

McCAUSLAND, W.D.; MENTE, E.; PIERCE, G.J.; THEODOSSIOU, I. A simulation model of sustainability of coastal communities: aquaculture, fishing, environment and labour markets. **Ecological Modelling**, Amsterdam, v. 193, p. 271-294, 2006.

MONTERREY-QUINTERO, E.S.; SOBRAL, P.J.A. Preparo e caracterização de proteínas miofibrilares de tilápi-do-nilo para elaboração de biofilmes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 1, p. 179-189, 2000.

MOREIRA, A.B.; SOUZA, N.E.; VISENTAINER, J.V.; MATSUSHITA, M. Composição de ácidos graxos e teor de lipídeos em cabeças de peixes: matrinxã (*B. Cephalus*), piraputanga (*B. Microlepis*) e piracanjuba (*B. Orbignyanus*), criados em diferentes ambientes. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 32, n. 2, p. 179-183, 2003.

MOREIRA, A.A.; HILSDORF, A.W.; da SILVA, J.V.; de SOUZA, V.R. Variabilidade genética de duas variedades de tilápia nilótica por meio de marcadores microssatélites. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 4, p. 521-526, 2007.

MOREIRA, R.L.; DA COSTA, J.M.; MOURA, P.S.; FARIAS, W.R.L. Salinidade da água e suplementação alimentar com microalga marinha no crescimento e masculinização de *Oreochromis niloticus*, Tilápia do Nilo. **Bioscience Journal**, Uberlandia, v. 7, n. 1, p.116-124, 2011.

NAGAI, T.; IZUMI, M.; ISHII, M. Fish scale collagen. Preparation and partial characterization. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v.39, p. 239-244, 2004.

NOLASCO, A.M. **Resíduos da colheita e beneficiamento da caixeta – *Tabebuia cassinoides* (Lam) D.C.**: caracterização e perspectivas. 2000. 171 p. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2000.

NOVATO, P.F.C.; VIEGAS, E.M.M. Carcass yield analysis of Florida Red Tilapia in their weight classes. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM BIOLOGY OF TROPICAL FISHES, 1997, Manaus. **Abstracts...** Manaus: INPA, 1997. p. 150.

NUNES, M. L. Silagem de pescado. In: Ogawa, M.; Maia, E.L. **Manual de pesca**. São Paulo: Varela, 1999. p. 371-379.

OLIVEIRA, M.M.; PIMENTA, M.E.S.G.; CAMARGO, A.C.S.; FIORINI, J.E.; PIMENTA, C.J. 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, 2006.

PINHEIRO, L.M.S.; MARTINS, R.T.; PINHEIRO, L.A.S; PINHEIRO, L.E.L. Rendimento industrial de filetagem da tilápia tailandesa (*Oreochromis spp.*) **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 58, n. 2, p. 257-262, 2006.

POERNOMO, A.; BUCKLE, K.A. Crude peptones from cowtail ray (*Trygon sephen*) viscera as microbial growth media. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, Oxford, S, v. 18, p. 333-340, 2002.

RAJAPAKSE, N.; MENDIS, E.; BYUN, H.G.; KIM, S. Purification and in vitro antioxidative effects of giant squid muscle peptides on free radical-mediated oxidative systems. **Journal of Nutritional Biochemistry**, Stoneham, v. 16, p. 562-569, 2005.

RAMÍREZ, A. **Salmon by-product proteins**. Rome: FAO, 2007. 31p. (Fisheries Circular, n. 1027).

RIBEIRO, J.C.J.; GARCIA, R.L.; ABREU, G.M.R.A.; LESSA, M.M.; STRAUS, E.L. **Utilização de resíduos sólidos**. Disponível em: <<http://www.abnt.org.br>>. Acesso em: 26 jan 2011.

ROTTA, M.A.; QUEIROZ, J.F. **Boas práticas de manejo (BPMs) para a produção de peixes em tanques-rede**. Corumbá: EMBRAPA Pantanal, 2003. 27p. (Documentos).

SANTOS, V.B.; FREIRAS, R.T.F.; LOGATO, P.V.R.; FREATO, T.A.; ORFÃO, L.H.; MILLIOTI, L.C. Rendimento do processamento de linhagens de tilápias (*Oreochromis niloticus*) em função do peso corporal. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 2, p.554-562, 2007.

SCORVO-FILHO, J.D.; MAINARDES PINTO, C.S.R.; VERANI, J.R.; SILVA, A.L. Custo operacional de produção da criação de tilápia vermelha da flórida e tailandesa em tanques-rede de pequeno volume. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 36, n. 10, p. 71-79, 2006.

SIKORSKI, Z.E.; KOLAKOWSKA, A.; BURT, J.R. Cambios bioquímicos y microbianos subsiguientes a la captura. In: SIKORSKI, Z.E. **Tecnología de los productos del mar: recursos, composition y conservation**. Zaragoza: Acribia, 1994. cap. 4, p. 73-101.

SISINNO, C.L.S. Disposição em aterros controlados de resíduos sólidos industriais não inertes: avaliação dos componentes tóxicos e implicações para o ambiente e para a saúde humana. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 2, p. 369-374, 2003.

ŠLIŽYTĖ, R.; RUSTAD, T.; STORRØ, T. Enzymatic hydrolysis of cod (*Gadus morhua*) by-products optimization of yield and properties of lipid and protein fraction. **Process Biochemistry**, Oxford, v. 40, p. 3680-3692, 2005.

SOUZA, M.L.R.; MARENGONI, N.G.; PINTO, A.A.; CAÇADOR, W.C. Rendimento do processamento da tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*): tipos de corte da cabeça em duas categorias de peso. **Acta Scientiarum, Animal Sciences**, Maringá, v. 22, n. 3, p.701-706, 2000.

SOUZA, M.L.R.; CASTAGNOLLI, N.; KRONKA, S.N. Influência das densidades de estocagem e sistemas de aeração sobre o peso e características de carcaça da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1757). **Acta Scientiarum, Animal Sciences**, Maringá, v. 20, n. 3, p. 387-393, 1998.

SOUZA, M.L.R. **Tecnologia para processamento das peles de peixe**. Maringá: Universidade Estadual de Maringá. 2004. 59p. (Coleção Fundamentum)

SOUZA, M.L.R. **Processamento do filé e da pele da Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*): aspectos tecnológicos, composição centesimal, rendimento, vida útil do filé defumado e testes de resistência da pele curtida**. 2003. 166p. Tese (Doutorado) – Centro de Aquicultura, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita", Jaboticabal, 2003.

STEVANATO, F.B.; PETENUCCI, M.E.; MATSUSHITA, M.; MESOMO, M.C.; SOUZA, N.E.; VISENTAINER, J.E.L.; ALMEIDA, V.V.; VISENTAINER, J.V. Avaliação química e sensorial da farinha de resíduo de tilápias na forma de sopa. **Ciência de Tecnologia de Alimentos**, Maringá, v. 27, n. 3, p. 567-571, 2007.

SUCASAS, L.F.A. **Avaliação do resíduo do processamento de pescado e desenvolvimento de co-produtos visando o incremento da sustentabilidade na cadeia produtiva**. 2011. 164p. Tese (Doutorado em Ciências) – Química na Agricultura e no Ambiente – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

TOKUR, B.; POLAT, A.; BEKLEVIK, G.; OZKUTUK, S. Changes in the quality of fishburger produced from tilapia (*Oreochromis niloticus*) during frozen storage (-18 °C). **European Food Research and Technology**, Heidelberg, v. 218, n. 5, p. 420-423, 2004.

TOMAZELLI JÚNIOR, O.; PHILIPPI, L. M. N. O brasileiro é consumidor de pescado. **Panorama da Aquicultura**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 95, p. 39-45, 2006.

VÁZQUEZ, J.A.; GONZÁLEZ, M.P.; MURADO, M.A. Preliminary tests on nisin and pediocin production using waste protein sources factorial and kinetic studies. **Bioresource Technology**, Essex, v. 97, p. 605-613, 2006.

VIDOTTI, R. M; GONÇALVES, G. S. **Produção e caracterização de silagem, farinha e óleo de Tilápia e sua utilização na alimentação animal**. Disponível em: <<http://www.pesca.sp.gov.br>>. Acesso em: 28 jan 2010.

WIGGERS, V.R.; WISNIEWSKY JUNIOR, A.; SIMIONATTO, E.L.; MEIER, H.F.; BARROS, A.A.C.; MADUREIRA, L.A.S. Biofuels from waste pyrolysis: Continuous production in a pilot plant. **Fuel**, Guildford, v. 88, n. 11, p. 2135-2141, 2009.

WISNIEWSKY JUNIOR, A.; WIGGERS, V.R.; SIMIONATTO, E.L.; MEIER, H.F.; BARROS, A.A.C.; MADUREIRA, L.A.S. Biofuels from waste pyrolysis: chemical composition. **Fuel**, Guildford, v. 89, n. 3, p. 563-568, 2010.

YAMAMOTO, S.M.; SOBRINHO, A.G.S.; VIDOTTI, R.M.; HOMEM JUNIOR, A.C.; PINHEIRO, R.S.B.; BUZZULINI, C. Desemepnho e digestibilidade dos nutrientes em cordeiros alimentados com dietas contendo silagem de resíduos de peixe. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 4, p. 1131-1139, 2007.

5 CONCLUSÃO GERAL

O gerenciamento adequado dos resíduos do processamento de pescado faz-se necessário para consolidar a sustentabilidade do setor, sobretudo no aspecto socio-econômico. Tornou-se imprescindível a abordagem da reciclagem e reutilização dos resíduos resultante de processos que possibilitam gerar oportunidade e apropriação de acordo com técnicas adequadas que não comprometam o meio ambiente.

A partir do experimento realizado pode-se afirmar que o resíduo do processamento de sardinha pode ser convertido em silagem química para produção de co-produtos de alto valor agregado, sendo recomendada a continuação desse estudo.

A silagem química permitiu a conservação do material antes do fracionamento, e apresentou-se viável, pela fácil e simples preparação, e quando elaborada com ácido cítrico é adequada quanto aos riscos à saúde humana e ambiental, além do baixo custo e acessibilidade ao acidificante favorecendo ao pequeno produtor. Sua fração aquosa mostra-se rica em aminoácidos totais, possibilitando a utilização como peptona em meio de crescimento microbiano.

Conforme o estudo de caso realizado em uma unidade de beneficiamento de pescado, o montante de 61,15% de resíduo gerado no processo de filetagem de tilápia deve ser gerenciado conforme recomendações ambientais e sanitárias, ou direcionado para produção de co-produtos que auxiliem na sustentabilidade do setor pesqueiro perante aspectos sociais e ambientais, evitando o descarte incorreto desse material de forma a comprometer os sistemas ecológicos. Quando devidamente armazenado e selecionado, esses resíduos apresentam maior possibilidade de serem encaminhados para produção de co-produtos que deverão beneficiar, de forma rentável, a própria indústria e promover a disponibilidade e oferta de produtos relacionados. É preciso diluir os custos de produção através da elaboração de co-produtos.