



<http://dx.doi.org/10.5935/1981-2965.20130014>
<http://www.higieneanimal.ufc.br>

Artigo Científico

Propriedades Funcionais da Obtenção da Silagem Ácida e Biológica de Resíduos de Pescado. Uma Revisão ¹

Functional Properties of Getting silage Acid and Biological Waste Fish. A Review

Walter Moreira Maia Junior², Ronaldo de Oliveira Sales³

¹Trabalho apresentado durante o VII PECNORDESTE, promovido pela Federação da Agricultura e Pecuária do Estado do Ceará - FAEC no período de 13 a 15 de agosto de 2003 em Fortaleza/CE

¹ Professor Adjunto do Departamento de Tecnologia Química e de Alimentos do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba. Doutor em Recursos Naturais.

DTQA/CT – UFPB _ Cidade UNIVERSITÁRIA – Campus I _ CEP 58.051 – 900 _ João Pessoa/PB
(83) 216 – 7357 _ 216 – 7179 (fax) - * wmfish@terra.com.br

Resumo: O descarte dos resíduos da industrialização do pescado pode ser direcionado para vários tipos de aproveitamento e divididos em quatro categorias: alimentos para consumo humano, ração para animais (*pet food*), fertilizantes ou produtos químicos. A farinha de pescado constitui uma boa forma de aproveitamento dos resíduos, porém requer equipamentos e procedimentos de alto custo e, para que seja economicamente viável, a produção mínima teria de alcançar 10 t/dia. Outras opções que se configuram são a silagem de pescado e a compostagem com outros materiais ou resíduos industriais, com produção de subprodutos de alto valor comercial.

Palavras-chave: compostagem; silagem de pescado; fertilizantes químicos

Abstract: Disposal of waste from fish industrialization can be directed to various types of exploitation and divided into four categories: human food, animal feed (*pet food*), fertilizers or chemicals. fish flour is a good way to waste recovery, but requires expensive equipment and procedures, to be economically viable, the minimum production would reach 10 tons / day. Other options that are configured are the fish silage and composted with other materials or industrial waste, producing high-value products.

Keywords: composting; fish silage; chemical fertilizers

Introdução

Uma alternativa viável para a região Nordeste é o aproveitamento de resíduos do processamento de pescado e das perdas da despesca através da elaboração de silagem, forma bastante econômica de aplicação destes resíduos, podendo ser produzida em pequena escala, na área de abrangência dos açudes, piscigranjas, pesque-pague, ou industrialmente, nos maiores centros urbanos.

Trata-se de um produto líquido, obtido pela ação de ácidos ou por fermentação microbiana, podendo ser elaborada a partir do pescado inteiro ou de material residual. A liquefação é conduzida pela atividade de enzimas proteolíticas naturalmente presentes nos peixes, e/ou adicionadas (KOMPIANG, 1981). A preservação do pescado por meio do processo de silagem é muito antiga, e tem sido utilizada, sobretudo em comunidades carentes de tecnologia, com abundância de produtos pesqueiros e de subprodutos provenientes do beneficiamento industrial (DISNEY et al., 1979).

Aplicada a pequenas unidades comerciais, a silagem representa uma proposta vantajosa em vista do crescente aumento de resíduos da

industrialização do pescado. A produção de silagem em relação a outros produtos, como farinha e óleo de pescado, apresenta uma série de vantagens. A tecnologia é mais simples, mais rápida em climas tropicais, independe da escala de produção e das condições climatológicas, o investimento é menor e além de reduzir os problemas de poluição ambiental (odor e efluentes), possibilita a utilização imediata do produto e não necessita de armazenamento com refrigeração. Por outro lado, apresenta algumas desvantagens.

Os resíduos da industrialização do pescado representam um sério problema para a planta industrial, por serem poluentes e de difícil descarte, interferindo na eficiência do processo produtivo, podendo ser aproveitados, descartados total ou parcialmente, e ainda modificados previamente, de forma a não se constituírem poluentes.

Uma estratégia atrativa para a utilização de resíduos é a reciclagem para a produção de biomassa para adubo, mediante utilização de microrganismos como agentes biológicos: bactérias, fungos e algas (SEAL, 1992).

A silagem, por exemplo, é indicada como opção para operações em pequena escala, podendo ser produzida em partidas pequenas, ou em tanques de uma tonelada ou mais, com possibilidades de se adicionar carboidratos ao resíduo, como o melão ou outras sobras agroindustriais, ou liquefeito pelo uso de ácidos orgânicos (JACKSON et al., 1984). A silagem de pescado apresenta-se como excelente fonte protéica, podendo substituir as farinhas de peixe e de soja na dieta de animais.

Em publicação sobre o aproveitamento de resíduos de pescado nos açudes do Nordeste brasileiro, já na década de 1970, FREITAS; GURGEL, (1976), mostravam que as vísceras do pescado capturado, que representam cerca de 11% do peso total, são totalmente desperdiçadas (GURGEL & FREITAS, 1972), e sob o prisma das perdas de processamento e da possibilidade de utilização dos resíduos para a elaboração de subprodutos, estes autores concluíram que os peixes de água doce, mesmo espécies de menor tamanho, apresentavam rendimento médio de 62% (sardinha), 60% (branquinha) e 69 (cangati), o que significa bom aproveitamento, deixe de ter atratividade como negócio, a compostagem mostra-se

considerando que na maioria das espécies de peixe, o índice de aproveitamento é da ordem de 65%, depois de eliminadas a cabeça, as nadadeiras, as escamas e as vísceras.

Algumas empresas norte-americanas utilizam o material residual liquefeito da industrialização do pescado para obtenção de fertilizantes em projetos combinados com a redução do uso de pesticidas. Apesar dos elevados custos em relação a outros tipos de fertilizantes, acredita-se que estes custos poderão ser diminuídos, mediante maior divulgação, aumento do volume utilizado e desenvolvimento de novas técnicas de concentração. Nos estados americanos de Minnesota, cerca de 50% da pesca recreativa representam resíduos. Estudos utilizando compostagem desses resíduos mostram resultados promissores, e no Estado de Michigan, para transformação industrial das carcaças e resíduos indesejáveis nelas deixados, foi adotada a silagem, que se mostrou plenamente satisfatória. Em Wisconsin se produz compostagem de resíduos de pescado com pó de serra, mas a finalização deste processo leva dois anos, tempo necessário para decomposição da madeira sob as condições utilizadas e, embora não economicamente desvantajosa em escala industrial, em função do custo do

transporte a grandes distâncias dos volumes utilizados.

Na Europa a silagem é utilizada como fração protéica na criação de peixes, em substituição à farinha de pescado, e alguns resultados mostram a ação da compostagem em termos de redução de volume (50 – 75%) a redução de DBO (90,0%), além da eliminação de odores e controle de patógenos.

Na Noruega, a biomassa marinha vem sendo utilizada para produção de meios de cultura e de produtos bioquímicos. Esta biomassa é, antes de tudo, uma fonte de proteínas. No passado, estas proteínas eram utilizadas como alimento humano, diretamente, ou processadas na forma de ração e óleo (JAMES et al., 1977). No entanto, identifica-se um mercado mais sofisticado para estes produtos, de diferentes aplicações, como por exemplo, a fabricação de meios de cultura para uso em fermentação. As enzimas digestivas produzidas a partir das vísceras de pescado são a pepsina, a tripsina e a quimiotripsina. A produção de hidrolisados protéicos de pescado é baseada na hidrólise promovida pelas enzimas do próprio tecido e das adicionadas (ALMAS, 1989; JAYAWARDENA et al., 1980).

No Brasil, há relatos de algumas pesquisas com elaboração e utilização de subprodutos de pescado. NUNES *et al.* (1996), elaborou silagem utilizando ácido acético em substituição a outros ácidos; VIEIRA *et al.* (1992), avaliaram biologicamente o hidrolisado preparado com subprodutos da lagosta, visando obter peptona; SALES (1995), observou a qualidade protéica e dietética, bem como os efeitos da complementação protéica da dieta comercial com silagem de tilápia; ESPÍNDOLA FILHO, (1997), com aproveitamento do resíduo sólido de peixe, camarão e bivalves como fertilizante marinho e ingrediente de ração para aquicultura; LUSTOSA NETO (1984) com a bioconversão das aparas do processamento dos Lutjanideos e MAIA JR (1998) desenvolveu estudos da adequação do processamento de silagens de resíduos de tilápia (*Oreochromis niloticus* (Linnaeus): caracterização química e funcional da fração seca em pó e lipídeos.

As formas usuais de recuperação e utilização de resíduos do pescado, conforme GREEN; MATTICK (1977), são destacadas a seguir:

- **Iscas:** O uso mais antigo. Isca de peixes para crustáceos ou outros peixes.

- **Alimentos para animais de estimação:** Resíduos de atum e salmão são usados para elaboração de alimentos enlatados para gatos. Nesta aplicação também se incluem a fauna acompanhante e as espécies de baixo valor comercial.
- **Farinha de pescado:** As indústrias de farinha de pescado são empreendimentos de grande porte, consolidados e com importante participação no mercado internacional, sendo praticamente impossível para uma indústria de pescado produzir, com rentabilidade, a farinha a partir de seus próprios resíduos.
- **Outras farinhas:** Farinhas de crustáceos. Contém 25 a 35% de proteína, além de quitina e carbonato de cálcio.
- **Quitina e quitosanos:** Quitina é um polissacarídeo composto de poli-N-acetil-D-glucosamina e o quitosano é o derivado desacetilado da quitina.
- Sua principal aplicação é na indústria farmacêutica e na floculação de resíduos sólidos da indústria de alimentos, a produção requer investimento inicial alto.
- **Silagem de pescado:** Também chamado de pescado liqüefeito, é o produto resultante da autólise de pescado inteiro triturado ou de

resíduos mantidos sob determinadas condições de acidez. O processo é relativamente simples, sendo necessária apenas a trituração do material, adição de ácidos (fórmico, propiônico, sulfúrico) ou enzimas e um recipiente para misturar. O investimento de capital é mínimo; podendo ser realizado em pequena ou grande escala, e o produto final é digerido com solubilidade de 60 a 80%. A fração lipídica por aquecimento pode ser extraída entre 60 e 70° C, com posterior decantação ou centrifugação. Pode ser utilizado como alimento líquido para porcos, gado, aves e, e, uma vez seco, resiste a estocagem por tempo prolongado para utilização em rações para animais.

- **Compostagem aeróbica:** Trata-se de um processo de baixo custo, apropriado para grandes e pequenos volumes de material residual.
- O tempo de processo está na faixa de uma a duas semanas, resultando um produto estável e inodoro.

Na presença de carboidratos, acelera-se a degradação. As pilhas devem ser viradas freqüentemente para permitir a oxigenação do material e reduzir odores. Observa-se uma redução de 20 a 40% do conteúdo de sólidos na medida em

que o carbono é convertido para formação do gás carbônico. O conteúdo de nitrogênio e cinzas cresce com a matéria seca. Adubos de pescado têm alto teor de nitrogênio, sendo adequados para fertilização. A compostagem aeróbica também pode ser usada na alimentação animal.

- **Compostagem para fertilização:** Os resíduos de pescado podem ser utilizados para compostagem destinada à produção de cogumelos. A adição de nitrogênio orgânico e óleos vegetais polinsaturados à mistura aumentam o rendimento da produção de cogumelos, notadamente com utilização de óleos de pescado e solúveis de pescado.
- **Compostagem anaeróbica:** Digestão sem oxigênio. Destinado à produção de metano (CH₄) combustível e alimento de uso animal.
- **Proteína de unicelulares:** A produção de proteína de organismos unicelulares alimentados com óleos ou resíduos do pescado, testada experimentalmente, apresenta baixa qualidade da proteína da biomassa produzida.

- **Hidrolisados de pescado:** Usados como peptonas em microbiologia. O processo é tecnologicamente complexo e de alto custo.
- **Recuperação de fragmentos comestíveis:** Utiliza desossadores mecânicos para recuperação de tecidos musculares aproveitáveis do pescado. Estas máquinas recuperam 55 a 65% do tecido muscular, contra os 40 a 42% da filetagem. Utilizado em embutidos e *surimi*, e outros produtos a base de triturados. As águas de lavagens de ostras e outros bivalves podem ser recuperadas para produção de sabores e extratos.
- **Fertilizantes:** O pescado liqüefeito pode ser usado como fertilizante de baixo custo.
- **Óleos de pescado:** Têm seu uso na fabricação de margarinas e óleos de cozinha, atuando como fonte vitamínica e de ácidos graxos polinsaturados da série ômega 3, com propriedades terapêuticas e profiláticas.

Segundo BERTULLO (1989b), a nomenclatura apresentada para as silagens de pescado, conforme a denominação e características da técnica a ser utilizada e o método adotado, é mostrada na Tabela 1.

Tabela 1 Nomenclatura das silagens de pescado.

DENOMINAÇÃO	CARACTERÍSTICAS DA TÉCNICA	AUTOR
• SILAGEM	Ação enzimática natural ou por agregação de um fermento microbiano, sobre substrato de melaço.	Edin, H. (1940); Bertullo, V. H. (1953)
• SILAGEM	Ação enzimática natural controlada por redução de pH ao se agregar ácidos orgânicos ou inorgânicos	Petersen, H. (1943) Tatterson; Windsor (1974); Windsor; Barlow (1981)
• SILAGEM ÁCIDA	Ação enzimática natural controlada pela redução de pH ao se agregar ácidos orgânicos ou inorgânicos.	Petersen (1943) Tatterson; Windsor (1974) Windsor; Barlow (1981)
• SILAGEM BIOLÓGICA	Ação de enzimas exógenas de origem animal, vegetal ou microbiana.	Quee Lan (1973)
• HIDROLISADO QUÍMICO	Ação estrita de ácidos ou substâncias alcalinas	Sainglivier, M. (1985)
• HIDROLISADO BIOLÓGICO	Ação de microrganismos proteolíticos ou enzimas	Bertullo, V. H. (1970)
• HIDROLISADO MISTO	Ação enzimática natural controlada por redução de pH ao se agregar ácidos orgânicos ou inorgânicos.	Sainglivier, M. (1985)
• AUTOLISADO	Ação de enzimas tissulares ou digestivas do pescado.	Sainglivier, M. (1985)
• HETEROLISADO	Ação de microrganismos proteolíticos ou enzimas	Sainglivier, M. (1985)

Fonte : BERTULLO (1989b).

1 Silagem de peixe

1.1 Histórico

Foram os romanos os primeiros a converter subprodutos de pesca para algo semelhante ao que hoje se denomina silagem de pescado, um molho de peixe espesso, conhecido como *garum*, mencionado por volta de 525 a.C. Tratava-se de um preparado à base de guelras e vísceras de uma grande variedade de espécies de peixes, em que as sobras eram acondicionadas compactamente em recipientes lacrados hermeticamente e deixados para

decompor completamente (MANDELLI, 1972). As vísceras de peixe forneciam uma potente fonte de enzimas proteolíticas para a autólise. A decantação do licor autolisado deixava um resíduo conhecido como *alec*, ao qual eram adicionados mais peixe e salmoura para produzir uma substância semi-sólida chamada *putrilage*. Ambos, *garum* e *putrilage*, tornaram-se iguarias que eram exportadas do sul da Itália para todo o Império Romano.

Alguns povos do sudeste asiático, notadamente os indochineses,

complementavam sua ração basicamente rizícola com concentrados protéicos obtidos da autólise da carne e vísceras de certos clupeídeos de origem marinha. Os Anamidás, entre outras tribos da Indochina, preparavam aqueles autolisados que recebiam nome local de *man*, quando de peixes, e *nuoc man* quando de camarões, sendo a mistura de sal e pescado mantida por meses e agitada, ocasionalmente, no período inicial da preparação. Tais *mans* são encontrados tanto na forma líquida quanto semilíquida e pastosa, tendo os líquidos densidade em torno de 1,1 a 1,2 e pH 5,0 a 7,0 (MANDELLI, 1972). Segundo o mesmo autor, os teores de nitrogênio uréico e indólico constituem os principais indicadores da qualidade do produto.

A metodologia para elaboração da silagem de pescado data da década de 1920, desenvolvida por Professor A. I. Virtanen, na Finlândia. Na Suécia, primeiro país a produzir silagem de pescado, em 1936, realizava-se experimentos com a utilização de misturas de ácido sulfúrico, clorídrico, fórmico e na adição de outros ingredientes como melação. A partir da década de 40, a silagem passou a ser produzida no Canadá (FREEMAN; HOOGLAND, 1956), Reino Unido (TATTERSON; WINDSOR, 1974,

1976), Austrália (BATTERHAM; GORMAN, 1980), Noruega e Alemanha (STROM; EGGUM, 1981), mas, somente na Dinamarca, Polônia e Noruega é que o processamento deste produto alcançou escala comercial. (DISNEY; JAMES, 1979).

Posteriormente, a tecnologia da silagem de peixe foi difundida no sudeste asiático, como forma de aproveitamento de perdas de captura e do pescado de baixo valor comercial, com pequeno investimento, sem causar odores ou problemas de poluição ambiental (PETERSEN, 1953; POULTER *et al.*, 1980; VAN WYK *et al.*, 1985).

1.2 Métodos básicos para obtenção de Silagem de pescado

São conhecidos dois métodos básicos para obtenção de silagem de pescado, e independente da metodologia empregada, a silagem pode ser obtida a partir de resíduos de diferentes espécies de pescado (LESSI *et al.*, 1989; LINDGREN; PLEJE, 1983; OTTATI; BELLO, 1989; VAN WYK; HEYDENRYCH, 1985). A silagem química é produzida a partir da adição de ácidos minerais e/ou orgânicos, como ácido sulfúrico, clorídrico, fórmico, propiônico acético (DISNEY; JAMES, 1979; MAIA JR., 1998;

WIGNALL; TATTERSON, 1979; RODRIGUEZ *et al.*, 1989).

Outro método inocula microrganismos produtores de ácido láctico, utilizando-se uma fonte de carboidratos, resultando em silagem biológica ou microbiológica. Diz-se silagem enzimática quando a liquefação da massa é conduzida pela atividade de enzimas proteolíticas, naturalmente presentes nos peixes, ou adicionadas, com a finalidade de acelerar o processo.

1.3 Controle dos pontos críticos no processamento da silagem química

A silagem química de pescado é um produto líquido obtido a partir do pescado inteiro ou de partes residuais, ao qual é agregado um ácido, em que as próprias enzimas do pescado realizam a liquefação. Os ácidos aceleram o processo, criando condições mais favoráveis de hidrólise para as enzimas, ajudando na dissolução dos ossos, além de impedir o desenvolvimento de bactérias putrefativas, resultando em um alimento de origem animal de alta qualidade com tempo de estocagem relativo. Após a liquefação do material ensilado, pode-se proceder à remoção do óleo para dotar o produto de maior estabilidade para uso na alimentação animal (MARTIN; PATEL, 1991;

WIGNALL; TATTERSON, 1979).

Na preparação de silagem química, para seleção do agente de preservação, pode-se escolher entre o ácido mineral, mistura de ácidos, ácidos orgânicos ou à mistura de ácidos minerais e orgânicos; estes últimos, a exemplo do ácido fórmico, são geralmente mais caros que os ácidos minerais comuns, mas produzem silagens não muito ácidas (pH de 4,0 a 4,5), e têm excelente ação bacteriostática e bactericida e não necessitam de neutralização antes do uso. A ação bactericida do ácido deve ser considerada. A mistura dos ácidos fórmico e propiônico têm sido mais utilizada. Na proporção de (1:1) fórmico: propiônico, e adição de 3,0% (volume/peso) à biomassa, a silagem obtida é estável com aroma acidificado. Os ácidos minerais, como o ácido clorídrico e o ácido sulfúrico, podem ser utilizados, por apresentar baixo custo, com a desvantagem de necessitar de uma neutralização antes do alimento ser consumido (KOMPIANG, 1981; NUNES *et al.*, 1996).

A utilização de ácido inorgânico juntamente com ácido orgânico, visando reduzir mais facilmente o pH pelo fortalecimento da ação antimicrobiana, pode representar redução considerável

dos custos de produção (DISNEY; HOFFMAN, 1978; FATIMA; QADRI, 1987; OWENS; MENDOZA, 1985).

A quantidade de ácido inorgânico necessária para atingir um pH abaixo de 4,0 em pescado homogeneizado, depende do teor de proteínas e minerais da matéria-prima (RAA; GILDBERG, 1982).

O ácido propiônico inibe o crescimento de fungos a concentrações de 0,20% e a pH de até 5,5; Estes valores demonstram claramente a atividade fungicida do ácido propiônico e as vantagens do seu uso no preparo de silagem. Em silagens onde se adiciona glicose, o crescimento de *Aspergillus flavus* pode produzir aflatoxinas, representando assim uma redução da aplicação da silagem de peixes especialmente em áreas tropicais (KOMPIANG, 1981). Segundo BACKHOFF (1976), o termo mais apropriado para silagem de pescado seria pescado liquefeito ou proteína de pescado liquefeita, ou ainda, concentrado protéico de pescado.

A silagem (hidrolisado químico) se liquefaz, gradualmente, devido à atividade das enzimas proteolíticas, presentes naturalmente no pescado, principalmente nos órgãos digestivos, e continuam em atividade após a morte.

Como a proteína é o maior componente estrutural nos tecidos, geralmente é a enzima protease a responsável pela autólise (KOMPIANG et al., 1981). Para as miofibrilas isoladas, o pH ótimo, com maior atividade é da ordem de 5,5; e para a hemoglobina, pH abaixo de 4,0. A silagem apresenta, portanto, três fases: a líquida, a aquosa solúvel e o sedimento insolúvel (OHALL *et al.*, 1985a; RAA; GILDBERG, 1976). A silagem mantida na faixa de temperatura acima de 20°C leva em média dois dias para liquefazer; e a 10°C pode alcançar até dez dias. Portanto, nas estações mais frias do ano, recomenda-se o aquecimento prévio da mistura (STROM; EGGUM, 1981).

Dentro do conceito de industrialização, diversos autores têm mostrado que o sucesso na produção de silagem está relacionado com certos cuidados na preparação do material residual, que deve ser previamente picado, e bem misturado para evitar acúmulo de material sem tratamento. O ideal é que o material destinado à produção de silagem seja picado ou moído em partículas de 3,0 a 4,0 mm de diâmetro. O ácido atua no sentido de permitir a conservação da biomassa pastosa, e o revolvimento da mistura, além de proporcionar a uniformidade

desejada, evita que partes sem tratamento entrem em putrefação pela ação de bactérias deterioradoras.

Um ponto crítico é o controle diário do pH, que deve ser mantido próximo de 4,0 e, se não for efetuado diariamente, pode levar à deterioração da massa.

Recomenda-se manter a temperatura do processo acima de 20 °C pois abaixo deste nível a liquefação acontece lentamente. Outra importante recomendação é evitar expressamente o acúmulo do material residual, que representaria um ponto crítico, facilitando para a ação microbiana. A biomassa homogeneizada deve ser distribuída em unidades de volume conhecido, que receberão os ácidos (sulfúrico 3:1 fórmico).

A variedade de enzimas ativas não apenas hidrolisam as proteínas para pequenos peptídios e aminoácidos livres, como também degradam aminoácidos para amônia e outros produtos metabólicos, são a base tecnológica da silagem preparada por métodos convencionais (pH 4,0). As silagens estabilizadas quimicamente (pH 2,0) contêm apenas os peptídios liberados pelas pepsinas endógenas, com pouco acúmulo de aminoácidos livres e produtos de degradação. Por outro lado, o pescado autolisado pH

fisiológico (6,2 a 6,6) e em seguida pasteurizado por uma hora a 60,0 acidulado para pH 4,0 contém peptídios estáveis e de tamanho intermediário. Este procedimento permite ajustar o teor desejado de peptídios e aminoácidos livres para satisfazer as necessidades nutricionais dos animais (STONE; HARDY, 1986).

Na preparação de silagens ácidas tendo por base salmão descartado de criações intensivas, foram empregados, ácidos cítrico, fórmico e propiônico ou combinações destes por LO *et al.* (1993), estabilizando o pH 3,5 a 4,0 com ácido fórmico e a pH 4,5 com ácido propiônico. Estes ácidos são preferidos, pois mantêm as propriedades bacteriostáticas em pH mais altos, não requerem neutralização antes de serem usados na alimentação animal, e apresentam menos problemas de corrosão dos equipamentos. O ácido cítrico não apresentou resultados satisfatórios, e silagens preparadas com ácido fosfórico (até pH 4,0) e 0,10 % de sorbato de potássio podem sofrer hidrólise enzimática até liquefação após várias semanas a 20,0°C, sem crescimento de microrganismos.

A silagem ácida das aparas e de vísceras de bacalhau e de arenque preparadas de forma contínua de acordo as recomendações da Estação

Tecnológica de Halifax, (Nova Scotia/Canadá), tem como procedimento o uso de ácido sulfúrico grau comercial, com densidade 1,84 (95,0 a 96,0% de pureza) para acidificar e calcário para neutralizar. São necessários 5,0 kg de ácido para cada 100,0 kg de resíduos. O material homogeneizado permanece em repouso por dois a três dias, até o início da desintegração das vísceras.

Adiciona-se, então, mais 20,0 a 100,0 kg de vísceras, mantendo-se a proporção de 5,0 kg de ácido para cada 100,0 kg de vísceras frescas, devendo esta operação ser repetida até encher o barril. Agita-se a mistura diariamente com uma colher de madeira. O produto assim preparado estará pronto em aproximadamente duas semanas, se mantido à temperatura ambiente, ou entre três e quatro semanas, quando conservado a 10,0 °C, possuindo estabilidade de um ano, pelo menos. A composição apresenta 20,0 a 26,0 % de matéria seca, 13,0 a 15,0 % de proteína e pH em torno de 1,9 a 2,5. A neutralização pode ser feita pela adição de 2,5 kg de calcário para cada 100,0 kg de silagem.

Alguns pesquisadores têm avaliado as possibilidades de utilização de sucos de frutas, associados ou não ao emprego de ácidos, para o tratamento de

resíduos de origem animal, inclusive pescado. As propriedades bioquímicas e microbiológicas dos produtos resultantes foram consideradas adequadas por períodos de até seis meses, em experimentos com suco de tamarindo associado ao ácido acético. A carne hidrolisada de frango, vaca ou peixe pode ser produzida mediante utilização de suco de abacaxi para fracionar a proteína (BACHANAN *et al.*, 1992).

1.4 Composição química e vida de prateleira da silagem de pescado

A silagem convencional é acidificada a um pH entre 3,9 - 4,2, e em três dias, à temperatura ambiente de 27,0 a 30,0 °C, se liquêfaz suficientemente, restabelecendo a camada de lipídeos e conservando a atividade enzimática por muitos meses (BACKHOFF, 1976). A silagem comercial deve ficar estocada pelo menos até seis meses, pois assim poderá desenvolver melhor consistência e apresentar aroma agradável. Por outro lado, nem sempre os hidrolisados têm boa digestibilidade das proteínas. Isto pode ocorrer devido ao fato de que, quando as proteínas são hidrolisadas em peptídios e aminoácidos, a velocidade de absorção destes é superior à capacidade anabólica do animal, e mais

aminoácidos são catabolisados. Isto pode levar a uma menor utilização da proteína alimentar para síntese de proteínas. As silagens mais antigas tendem a apresentar maior nível de aminoácidos e peptídios, em relação às mais recentes. Os peixes alimentados com a silagem mais velha depositaram menos lipídeos na carcaça e no filé, resultando em um produto mais protéico (ESPE *et al.*, 1992).

Silagem ácida produzida com 2,5 % de ácido fórmico por um período de 180 dias mostrou um alto grau de hidrólise e de produção de amônia durante os primeiros 90 dias de estocagem. No estudo com ratos a digestibilidade e a utilização da proteína foram mais altas que a do material fresco e a das silagens mais velhas. Estocagem acima de 90 dias pode reduzir drasticamente a qualidade da silagem, devido, provavelmente a uma combinação de autólise e rancidez oxidativa dos óleos. O grau de hidrólise pode ser usado como um indicador da qualidade química da silagem.

O uso de formaldeído (0,25 a 0,39%), para deter a autólise das proteínas em silagens de vísceras de bacalhau, após completa liquefação do material, HAARD *et al.* (1985) também encontraram que o mesmo pode inibir a rancidez oxidativa do óleo, o

aparecimento de odores desagradáveis e a formação de bases voláteis totais.

Nas silagens de pescado, os lipídeos podem ser hidrolisados à Ácidos Graxos Livres (AGL) pelas lipases. O aumento dos Ácidos Graxos Livres (AGL) em silagens de *sprat* se deve, em parte, à liberação dos ácidos graxos dos seus sais hidrosolúveis durante a acidificação decorrente de certos ácidos orgânicos. A hidrólise ácida tem se mostrado um fator importante para a degradação deste óleos em pH ácidos, provavelmente devido à presença de um catalisador termolábil, com atividade a pH menor do que 7,0. Esta atividade pode ser inibida no uso de misturas de ácidos fórmico e sulfúrico para ensilar pescado (REECE, 1980).

Variações na composição de ácidos graxos, número de TBA e valor de peróxido mostram que durante o armazenamento de silagens de pescado ocorre oxidação dos óleos. Em alguns casos o número de TBA não aumenta consideravelmente, devido, provavelmente, à reação dos compostos carbonílicos provenientes da quebra dos hidroperóxidos, com os aminoácidos das proteínas hidrolisadas, o que diminuiria o valor nutricional da silagem. A extração dos lipídeos da matéria-prima antes de ensilar ou o uso

de antioxidante, pode minimizar o problema da autoxidação lipídica das silagens. A solubilidade do colágeno permaneceu inalterada, indicando a natureza não enzimática desta degradação (HALL; LEDWARD, 1986).

HARDY *et al.* 1983), concluíram que o tempo de ensilagem afetou adversamente o valor nutricional da silagem. A neutralização com hidróxido de cálcio pode ser feita sem reduzir o nível do zinco corporal das trutas.

A silagem perde parte do seu valor nutricional após 90 dias de estocagem, devido à hidrólise de proteínas a pequenos peptídeos e aminoácidos livres, sendo que a saponificação também pode contribuir para a diminuição da qualidade. A adição de formaldeído após completada a liquefação pode prevenir a hidrólise contínua e a rancificação, e também diminui o desenvolvimento de odores estranhos e a formação de bases voláteis. Outros aditivos são recomendados no preparo da silagem, como o sorbato de potássio, capaz de evitar o desenvolvimento de fungos e leveduras e também a oxidação da gordura. (ESPE *et al.*, 1992; HAARD *et al.*, 1985; LEVIN; WITKOWSKI, 1991; RAA; NJAA, 1989).

No Brasil, em trabalhos com silagens de resíduos de peixe, camarão e pescado rejeitado, foram evidenciadas pela curva de digestão que, já nas primeiras horas, e uma semana após o início do processo de autólise, o grau de digestão atingiu cerca de 60,0% e 80,0 %, respectivamente, e em 30 dias o processo autolítico cessou (BERAQUET; GALACHO, 1983; MANDELLI, 1972). Dada esta diversidade, o grau de degradação do músculo não é determinado simplesmente pelo nível de enzimas proteolíticas no peixe, mas pela ação conjunta de inibidores enzimáticos na faixa de pH alcalino e de enzimas específicas solubilizantes, mais ativas em pH mais baixo (GILDBERG; RAA, 1977).

Após a morte do pescado, as enzimas proteolíticas das vísceras continuam ativas, sendo responsáveis, juntamente com as enzimas bacterianas, pela deterioração do pescado. Este processo é lento, mas a ação proteolítica pode ser acelerada se o crescimento de microrganismos for contido, por exemplo, pela mudança de pH, sendo que estas enzimas podem continuar ativas, produzindo alterações no flavour e na consistência (SIEBERT, 1961).

Segundo OETTERER (1991), as enzimas proteolíticas envolvidas na

digestão de peixes podem ser classificadas em quatro grupos: a) enzimas das vísceras e do trato digestivo, compreendendo a tripsina, quimiotripsina e pepsina; b) enzimas do tecido muscular, as catepsinas; c) enzimas das plantas, principalmente a papaína (mamão), bromelina (abacaxi) e ficcina d) enzimas dos microrganismos.

A presença de frações de alto e de baixo peso molecular indicam que tanto endopeptidases como exopeptidases podem estar presentes. A pepsina é a única endopeptidase digestiva ativa nas silagens ácidas, já que as exopeptidases digestivas apresentam máxima atividade em pH alcalino. Já as catepsinas musculares também podem estar ativas. Estas enzimas podem produzir, inicialmente, peptídios solúveis os quais podem ser quebrados, subsequentemente, pelas exopeptidases (HALL *et al.*, 1985b).

Com relação aos microrganismos, LINDGREN; PLEJE (1983) verificaram que, durante o armazenamento da silagem de pescado, só se observa a presença de bactérias ácido-láticas, indicando que os microrganismos patogênicos como coliformes, *Staphylococcus aureus* e *Salmonella* sp. encontram-se restringidos pelo baixo pH, pelas condições de anaerobiose, e pela

presença de certas substâncias antibacterianas produzidas pelas bactérias lácticas, que também são responsáveis pela produção do odor (MACKIE *et al.*, 1971 a, b).

A formação de aminas biogênicas pode ser um problema em silagens preparadas com matéria-prima em incipiente estado de decomposição (ESPE *et al.*, 1992).

De acordo com DISNEY & HOFFMAN (1978), a silagem de pescado desidratado apresenta um teor de proteína bruta (N x 6,25) da ordem de 10,2 a 19,8 % ao se utilizar dois ácidos e diferentes pH.

A composição centesimal da silagem de peixe utilizando as vísceras de peixe de músculo branco, com finalidade de uso para alimentação animal processada com adição de aproximadamente 3,0 % de ácido fórmico apresentou para umidade 78,9 %, proteína 15,0 %, lipídeos 0,5 % e cinzas 4,2 %. Para as vísceras de arenque, os resultados foram: umidade 75,4 %, proteína 13,5 %, lipídeos 8,7 % e cinzas 2,6 %. Para as vísceras de arenque sem óleo a 2,0 % de ácido fórmico os dados foram: umidade 80,0 %, proteína 14,5 %, lipídeos 2,0 % e cinzas 2,8 %. Com arenques novos e pequenos: umidade 69,4 %, proteína 15,4 %, lipídeos 13,0 % e cinzas 2,2 %.

(MARCH *et al.*,1963). Os resultados encontrados por SIMNHUBER; LAW (1974), para o pescado inteiro, em média, foram 74,8 % para umidade, 19,0 % para proteína, 5,0 % para lipídeos e 1,2 % para cinzas.

Utilizando 3,0 % de ácido fórmico a 98,0 %, TATTERSON & WINDSOR (1974), obtiveram seis fórmulas de silagem com diferentes tipos de pescado, e observaram que o pH mantinha-se próximo de 4,0 para todas estas formulações, que o teor de proteína foi de 14,9 %, o teor de gordura variou de 0,5 a 16,3 % e os minerais, em torno de 2,5 %.

Observando a composição da silagem de uma semana, após a retirada do óleo MARTIN & PATEL (1991), constataram que a mesma apresentava, aproximadamente 80,0 % de água, 15,0 % de proteína e 4,5 % de cinzas, com estabilidade de dois anos à temperatura ambiente.

Trabalhando com silagem preparada a partir de resíduos do filetagem de tilápia (peixe com vísceras, pele e escamas), com adição de ácido acético em substituição ao ácido fórmico geralmente recomendado na literatura, no que se refere à adequabilidade do processamento e caracterização química e funcional da fração seca em pó e lipídeos, MAIA,

JR. (1998), apresentou as seguintes conclusões: a) o método de obtenção da silagem é bastante simples e versátil, constituindo-se uma fonte de proteínas de alta qualidade e baixo custo, dificilmente obtida por outros processos tecnológicos; b) a proximidade dos resultados obtidos com a silagem em relação à matéria-prima original torna satisfatória a substituição do ácido fórmico comumente utilizado no preparo da silagem por ácido acético, de menor preço e maior disponibilidade; c) a silagem produzida utilizando ácido acético na proporção de 17% (v/p) apresentou coloração marrom-escuro, aroma agradável, levemente ácido, consistência pastosa, mantendo pH estável e após 60 dias de armazenagem, apresentava parâmetros compatíveis com a literatura para silagem produzida com outros ácidos, e em vista da relação benefício/custo, pode ser recomendada para a alimentação de suínos, aves e peixes; d) durante o processo de secagem, a variação no teor de umidade nas primeiras horas foi mais acentuada para a silagem pura do que para a silagem adicionada ao farelo de trigo; e) a atividade de água (A_a) das amostras, silagem pura e adicionada de farelo de trigo, secas ao sol, apresentaram valores correspondentes a 0,66 e 0,61, respectivamente, e de 0,59 para a

silagem com farelo de trigo seca em secador mecânico; f) houve aumento do Nitrogênio Não Protéico (NNP) durante os primeiros 20 dias de armazenamento da silagem, sendo bastante acelerado entre o 20^o e o 40^o dia; g) os teores de aminoácidos para a silagem adicionada de farelo de trigo, com exceção dos aminoácidos glicina e cistina, foram menores do que para a silagem pura, e o teor de prolina permaneceu praticamente inalterado; h) a contagem de bactérias mesófilas e de bolores e leveduras demonstrou boas condições gerais do produto armazenado, suficiente para assegurar a estabilidade do produto final durante 60 dias. à temperatura ambiente, mesmo sem a adição de conservantes; i) o óleo removido da silagem apresentou Índice de Saponificação igual a 127% e Ácidos Graxos Livres (AGL) em torno de 56%, compatíveis com os dados da literatura; j) a maior contribuição na composição de ácidos graxos da silagem foi do ácido palmítico (16:0), seguido do ácido oléico (18:1) e do docosahexaenóico (22:6 ω 3), sendo que os ácidos graxos insaturados representaram 53% do total de ácidos graxos; l) ocorreu uma redução de 23,7% no grau de solubilidade da silagem pura, comparativamente à silagem elaborada com farelo de trigo; m) a capacidade

emulsificante também decaiu, registrando-se um discreto aumento na capacidade de absorção de água, para a amostra de silagem adicionada de farelo de trigo, que demonstrou também maior estabilidade emulsificante.

1.5 Qualidade nutricional e utilização da silagem de pescado na alimentação animal

Diversos autores constataram que o uso da silagem de pescado na alimentação de aves e suínos não altera o sabor da carne, as características da carcaça e nem o desempenho final destes animais (ganho de peso e conversão alimentar).

Em países de clima tropical e subtropical, nos quais a qualidade e quantidade de pastagens e forragens tende a diminuir durante o inverno e conseqüentemente, a produção de leite tende a cair, o fornecimento da silagem na alimentação de ruminantes pode assumir grande importância.

Como alimento de origem animal, a silagem de tilápia é considerada uma boa fonte de vários minerais, incluindo cálcio, fósforo, magnésio, ferro, manganês, potássio, zinco e cobre (TIBBETTS *et al.*, 1981).

Os minerais estão menos biodisponíveis nas fontes vegetais do que nas fontes animais. Fatores que

afetam a utilização biológica dos minerais provenientes dos alimentos incluem a digestibilidade do alimento que contém o mineral, as formas químicas do mineral, os níveis dietéticos de outros nutrientes, a presença de quelatos para os animais, o tamanho da partícula, e as condições de processamento do alimento. Muitas operações no processamento de alimentos podem alterar, direta ou indiretamente, o nível ou a forma química de minerais ou a associação de minerais com outros componentes do alimento (SATHE *et al.*, 1984).

O cálcio é requerido por muitas enzimas, sendo necessário, também, para o funcionamento das membranas, sendo essencial na coagulação sanguínea e para transmissão nervosa e contração muscular. Deficiências severas de cálcio resultam em atraso do crescimento, incremento na taxa do metabolismo basal, osteoporose, paralisia e hemorragias (CHANNEY, 1986). O fósforo é o constituinte dos ácidos nucleicos, proteínas, lipídeos, carboidratos e compostos de alta energia.

O peixe inteiro apresenta um teor muito mais alto de cálcio do que na carne ou vísceras, porque a presença de cálcio está associada ao esqueleto e às escamas, os quais contêm fosfato

tricálcico e carbonato de cálcio (KOMPIANG, 1981). A importância das escamas como fonte de cálcio, foi constatada por KOMPIANG *et al.* (1981), para a sardinha, onde o teor de cálcio no peixe inteiro é de 4,6 %, e de apenas, 2,5 % quando as escamas eram removidas.

No que diz respeito à quantidade de fósforo no pescado fresco, STONE & HARDY (1986), referem-se a variações de aproximadamente 1,1 a 2,5 % na carne de cavala e de 0,8 a 1,4 % na carne de linguado fresco. De acordo com SMITH (1977), tal flutuação está associada a fatores como idade e sexo do peixe, e também ao teor de cálcio na água. O autor relata, ainda neste trabalho, que as vísceras do pescado contém entre 0,2 e 0,3 % de fósforo na matéria seca, sendo que no peixe inteiro contém mais fósforo do que na carne ou nas vísceras, em função da presença de ossos, ricos neste elemento.

No peixe integral ou nas sobras de peixe (cabeça, cauda e vísceras), o teor da maioria dos minerais é superior ao da carne ou das vísceras, devido à alta concentração destes minerais nos ossos, embora alguns elementos também se concentrem, em parte, nas vísceras, como por exemplo as ovas de badejo, que são ricas em ferro e cobre (MEDINA *et al.*, 1956) e zinco

(KOMPIANG *et al.*, 1981; AKANDE, 1989).

Utilizando o método de Friel para análise de minerais em ensilados secos de resíduos de pescado da família *Lutjanidae*, LUSTOSA NETO (1994), encontrou valores médios de 4,6 e 2,6 g/100g, respectivamente, para cálcio e fósforo. Trabalhando com silagem de tilápia do Nilo, SALES (1995) obteve 1,4 g/100g para cálcio e 0,92 g/100g para fósforo.

Desde que o ensilado seja ácido e a maior parte do substrato esteja liquefeito, uma grande porção de minerais deverá prontamente estar disponível para os animais (WINTER & FELTHAM, 1983).

Elaborando silagem de tilápia (*Oreochromis niloticus*) com a utilização de ácido fórmico a 3,0%, SALES (1995), concluiu que decorridos dez dias o processo de autólise à temperatura ambiente, a transformação de nitrogênio total a nitrogênio não protéico foi de 75,0 %.

Observa-se que, durante o processo de silagem, as proteínas são hidrolisadas pelas enzimas e o nitrogênio se torna mais solúvel, e a proteólise na pele e vísceras é maior durante as primeiras 24 horas. O teor de nitrogênio solúvel aumenta de 10,0 a

20,0 % nos primeiros dias de armazenagem a 23°C, por exemplo. Após 10 dias, o aumento é de 75,0 %, alcançando 85,0 % decorridos os 30 dias. Depois de três dias de silagem, 50,0 % do total de nitrogênio está sob a forma não protéica e o teor de aminoácidos livres aumenta rapidamente durante os primeiros cinco dias (BACKHOFF, 1976; STONE; HARDY, 1986).

Os peixes tendem a acumular mercúrio nos seus tecidos e este resíduo permanece nas silagens próximo a 0,24 ppm. O máximo nível de Hg em ingredientes e alimentos animais no Mercado Comum Europeu é de 0,50 ppm. Na Austrália o máximo permitido no pescado para consumo humano é de 0,50 ppm e 0,03 ppm para os outros alimentos (BATTERHAM; GORMAN, 1981). O óleo com boa qualidade é um subproduto valioso que tem sido extraído da silagem de arenque (cerca de 3,0 % após 1,5 a 5,5 dias de produção), desde que o processo ocorra rapidamente (TATTERSON & WINDSOR, 1974). Limitar a formação de produtos de oxidação de lipídeos pode ser vantajoso, para evitar que os aminoácidos reajam com esses produtos, diminuindo o valor nutricional da silagem (HALL &

LEDWARD, 1986).

SALES (1995) observou uma diferença não significativa da porcentagem dos ácidos graxos no início do processo, e concluiu pela estabilidade da ação das lipases lisossômicas e das lipases de origem microbiana, que foram muito baixas nas condições em que se deu o processo de armazenamento da silagem, por 180 dias à temperatura ambiente. Este fato também foi observado por outros autores (GJEFSEN & LYSO, 1979), os quais informam que altos índices de ácidos graxos são impróprios para o crescimento animal.

As análises dos aminoácidos nos produtos fermentados à base de pescado indicam que os aminoácidos essenciais estão preservados, mas, pela natureza do próprio processo, a amônia e outras bases voláteis. Muitas vezes, se observa que este tipo de degradação pode ser indispensável para conferir a certos produtos sabores característicos (MACKIE *et al.*, 1971a, b; SAISITHI *et al.*, 1966).

Após cerca de duas semanas, 85,0% da proteína da silagem está em solução. A fenilalanina e particularmente a tirosina são levemente solúveis em solução aquosa. Em estocagem longa estes aminoácidos precipitam devido ao fato de terem sido

liberados na hidrólise protéica. Os teores da metionina e de lisina são altos após uma semana. Um aumento do NPU (utilização líquida de proteína) se deve ao aumento do nível da lisina (TATTERSON; WINDSOR, 1974).

O nitrogênio volátil total (NVT), constituído basicamente de trimetilamina (TMA) e amônia (NH₃), é usado como critério de qualidade para farinhas ou para materiais a serem transformados em farinhas. No entanto, HAALAND & NJAA (1989) observaram que a medição do NVT, enquanto indicador, se apresenta com valor limitado para determinar a qualidade das silagens. Os autores fazem as seguintes considerações: nas silagens ácidas preparadas adequadamente, o aumento do NVT e N-NH₃, durante o período de estocagem, é discreto, e o nitrogênio-amida (N-amida), proveniente da glutamina e asparagina, diminui com a mesma velocidade; O N-amida pode ser calculado pela diferença entre N-NH₃ antes e após a hidrólise fraca; Adição insuficiente de ácido pode levar a um aumento do pH durante a estocagem; O N-amida proveniente dos aminoácidos glutamina e/ou asparagina é a principal fonte de NH₃ formada durante a estocagem de silagens ácidas, e, sendo dispensáveis ou de menor valor

biológico, estas perdas não representam uma diminuição significativa do valor nutricional da silagem.

Durante o processo de silagem, as proteínas são hidrolisadas pelas enzimas e o nitrogênio se torna mais solúvel. A proteólise na pele e vísceras é maior durante as primeiras 24h. O teor de solúveis aumenta de 10,0 a 20,0% nos primeiros dias de estocagem a, por exemplo, 23°C. Após dez dias, o aumento é de 75,0% e após um mês, de 85,0%. Após três dias de silagem 50,0% do total de nitrogênio está sob a forma não protéica e o teor de aminoácidos livres aumenta rapidamente durante os cinco primeiros dias (STONE; HARDY, 1986).

Os aminoácidos são relativamente estáveis na silagem de pescado, mas na hidrólise ácida, observa-se uma diminuição do triptofano e uma elevada estabilidade da histidina. A tirosina se separa progressivamente da fase aquosa por cristalização e a metionina é estável em meio ácido (JACKSON *et al.*, 1984).

Alguns autores relatam que o triptofano tende a se decompor nas silagens ácidas, mas a metionina e histidina são mais estáveis. Também foi observado que, em silagem de vísceras de bacalhau armazenadas por 220 dias a 27°C, somente 8,0% de nitrogênio

amino se transformou em amônia, o que é muito importante. Entretanto, se a amônia se forma a partir dos aminoácidos essenciais, aumenta a possibilidade de manutenção do valor nutricional. (BACKHOFF, 1976; HALL *et al.*, 1985b; RAA; GILDBERG, 1982).

É possível utilizar a silagem de peixe na formulação de rações, pois além de fornecer os nutrientes e calorias indispensáveis aos animais e uma taxa de conversão alimentar aceitável, dispõem de uma composição adequada em aminoácidos. Alguns autores referenciam a silagem de peixe, quando adicionada às rações, como nutricionalmente adequada (GILDBERG; RAA, 1977; RAA; GILDBERG, 1976; STROM; EGGUM, 1981). Os efeitos negativos de altos níveis de silagem na ração sobre o desempenho de suínos em crescimento têm sido demonstrados por vários pesquisadores (TIBBETTS *et al.*, 1981). Estes efeitos são variáveis em função da fonte protéica utilizada na ração (GREEN *et al.*, 1988) e do período de fornecimento desta ração, pois os suínos, tanto quanto as aves, apresentam certa dificuldade de adaptação a rações com elevado teor de proteína e conseqüentemente com menor densidade, devido à hipertrofia de seu

aparelho digestivo e ao aumento da própria capacidade de digestão da proteína (CASTER *et al.*, 1962; ITOH *et al.*, 1973).

BACKER *et al.* (1975) observaram que o total de lisina disponível na silagem de bacalhau era similar ao encontrado no peixe integral, e que, durante oito dias de armazenagem os teores de metionina, cistina e lisina aumentaram, decrescendo para mais de 60 dias de armazenagem, e que há possibilidade de substituição do milho e farelo de soja pela silagem de peixe nas rações de suínos nas fases de crescimento e terminação, possibilitando aumento no ganho de peso, significativamente maior do que o obtido com rações contendo somente milho e farelo de soja. Observa-se que os porcos alimentados com ração à base de silagens de pescado, quando abatidos, tendem a apresentar odores desagradáveis devido ao óleo contido nas silagens. (REECE, 1980).

O conhecimento das exigências nutricionais e maiores informações da pesquisa sobre a utilização de alimentos alternativos, como substitutos do milho e farelo de soja podem contribuir para a redução dos custos de produção das rações, que representam o maior

dispêndio na exploração de suínos (GREEN, 1984).

As dietas para peixes podem ser classificadas como úmidas, quando contém aproximadamente 30,0 % de matéria seca (MS), e semi-secas, quando contém perto de 60,0 % de matéria seca (MS). Uma dieta semi-seca baseada em silagem de pescado mostrou-se tão eficiente quanto as dietas peletizadas para promover o crescimento de salmões (LIE *et al.*, 1988). Há evidências de que a qualidade nutricional das silagens pode ser melhorada limitando a hidrólise das proteínas a peptídios e aminoácidos. Ao se deter o processo de ensilagem após três a sete dias houve melhor ganho de peso SOUZA *et al.*, (2009), PER (coeficiente de eficiência protéica), BV (valor biológico da proteína alimentar) e NPU (utilização líquida de proteína) em cordeiros, trutas, *mink* e ratos, em relação a silagens mais velhas (STONE; HARDY, 1986).

A composição em aminoácidos da silagem pura apresenta muita semelhança com a das farinhas de peixe, o que demonstra que as silagens proporcionam uma resposta ótima em termos da taxa de crescimento e eficiência alimentar (GREEN, 1984).

Embora o preço da farinha de

pescado no mercado mundial atualmente seja fixado em função do seu conteúdo bruto em proteínas, este indicador não reflete o real valor da farinha. O valor nutritivo real das proteínas reside na capacidade de fornecer os aminoácidos essenciais nas quantidades necessárias para atendimento dos requisitos metabólicos, em termos de ração animal. No que diz respeito à estabilidade, de acordo com ARECHE *et al.* (1989), a silagem pode ser armazenada à temperatura ambiente em recipientes fechados durante um ano ou mais, sem apresentar mudanças que impliquem em alteração ou modificação de suas características físicas-organolépticas.

Conclusões

Somente através da escolha correta de um estilo de criação com alto grau de sustentabilidade sócio-ambiental, e da sustentabilidade advinda das técnicas de produção, será possível conservar os recursos naturais renováveis que servem de suporte às criações. Conservando-se o patrimônio natural, conserva-se também a possibilidade de manter viável a atividade por um horizonte temporal muito longo, condição absolutamente necessária para dinamizar a economia das mais diversas regiões.

Referências Bibliográficas

- AKANDE, G. R. Technical note: Improved utilisation of stunted *tilapia* spp. **J. Food Sci. and Technol. Internat.**, v. 24, p.20-26, 1989.
- ALMAS, K.A. Utilisation of marine biomass for production of microbial growth and biochemical. In ATLANTIC FISHERY TECHNOLOGY AND SEAFOOD BIOTECHNOLOGY WORKSHOP, v. 34., St. Jones, **Papers...** Lancaster, Technomic, p 361-366, 1989.
- ARECHE, T.N.; BERENZ, V.Z.; LEON, O. G. **Desarrollo de ensilado de residuos de pescado utilizando bacterias lacticas del yogurt.** In: CONSULTA DE EXPERTOS SOBRE TECNOLOGIA DE PRODUCTOS PESQUEROS EN AMERICA LATINA, 2. Montevideo, Uruguay, 11-15 de Diciembre de 1989. FAO, FII 819/RLAC/6.1989
- BACHANAN, L.; MATHEWS, S.; SVDHARMA, D.; MUKUNDAN, M. K.; MALIKA, V. Effect of fruit juices with acetic on the quality of pickled fish. **Fish. Technol.**, Cochín, v. 29, p. 40-44, 1992.
- BACKHOFF, H.P. Some chemical changes in fish silage. **J. Food. Technol.**, v. 11, p. 353-368, 1976..
- BATTERHAM, E.S.; GORMAN, T.B. S. Fish silage for growing pigs. In FARREL, D.J. (ed.). **Recent advanced and animal nutrition.** Armidale, University of New England, 1980.
- BATTERHAM, E.S.; GORMAN, T.B. S. Fish silage holds promise for fishermen and farmers. **Austr. Fish.**, Sidney, Dec., p. 12-15, 1981.
- 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. **Col. ITAL.** v. 13, p.149-223, 1983.

- BERTULLO, E. **Ensilado de pescado en la pesqueria artesanal.**In: CONSULTA DE EXPERTOS SOBRE TECNOLOGIA DE PRODUCTOS PESQUEROS EN AMERICA LATINA, 2.. Montevideo, Uruguay, 11-15 de Diciembre de 1989. FAO. FII 819/RLAC/2., 1989b.
- CASTER, W.O. *et al.*. Determination of linoleate requirement. **J. Nutr.**, v. 78, p.147-152, 1962.
- CHANNEY, S.G. Principles of nutrition. II: Micronutrients. In: DELVIN, T. (ed.) **Textbook of biochemistry with clinical correlation.** New York, Hobart. p. 964-978, 1986.
- DISNEY, J.G.; HOFFMAN, A. Development of a fish silage/carbohydrate animal feed for use in the tropics. **Trop Sci.** London. v. 20, p.129-135, 1978.
- DISNEY, J.G.; JAMES, D. Fish silage production and its use. **FAO. Fish. Rep.**, Rome, v. 230,1979. 105p.
- ESPE, M.; RAA, J. & NJAA, L.R. Nutritional value of stored fish silage as protein source for young rats. **J. Sci. Food Agric.**, London v. 49, p. 259-270, 1989.
- ESPE, M.; HAALAND, H.; NJAA, L.R. Autolysed fish silage as a feed ingredient for Atlantic salmon (*Salmo salar*). **Biochem. Physiol.**, v. 103A, p. 36-372, 1992.
- ESPÍNDOLA FILHO, A. **Aproveitamento de resíduos sólidos de pescado como fertilizante marinho.** São Paulo. 1997, 98f. Dissertação (Mestrado), Universidade Mackenzie.São Paulo, 1997.
- FATIMA, R.; QADRI, R. B. Studies on the preparation of fish silage. **Trop. Sci.**, London. V.27, p. 1-8, 1987.
- FREEMAN, H. C., HOOGLAND, P. L. Processing of cod and haddock viscera. I Laboratory experiments. **J. Fish. Res. Bd. Can.**, v. 13, p. 869 - 877, 1956.
- FREITAS, J.V.F.; GURGEL, J.J.S. Sobre o aproveitamento de resíduos de pescado dos açudes do Nordeste, na elaboração de subprodutos. **Bol. Tecn. DNOCS**, v. 32, p. 139 - 147, jul-dez., 1976.
- GILDBERG, A.; RAA, J. Properties of a propionic acid/formic acid preserved silage of food viscera. **J. Sci. Food Agric** , p. 647-653, 1977.
- GJEFSEN, T.; LYSO, A. Hydrogenate marine fat with high content of free fatty acids in feed mixtures for growing-finishing pigs. **Acta. Agric. Scand.**, v. 29, p. 65-73, 1979.
- GREEN, S. **The use of fish silage in pig nutrition.** 1984, 230s. Thesis (PhD). 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. **Anim. Feed Sci. Tech.**, v. 21, p. 43-56, 1988.
- GREEN, J.H.; MATTICK, J.F. Possible methods for the utilisation or disposal of fishery solid wastes. **J. Food Quality**, v. 1, p. 229-251, 1977..
- HAALAND, H.; NJAA, L.R. Total volatile nitrogen - a quality criterion for fish silage. **Aquac.**, Amsterdam, v. 79, p. 311-316, 1989.
- HALL, G.M.; LEDWARD, D.A.; LAWRIE, R.A. Silage from tropical fish 2. Undigested fraction. **J. Food Technol.**, London, v. 20, p. 573-580, 1985a.
- HALL, G.M.; KEEBLE, D.; LEDWARD, D.A. & LAWRIE, R.A. Silage from tropical fish 1. Proteolysis. **J. Food Technol.**, London, v. 20, p. 561-572, 1985b.
- HALL, G.M.; LEDWARD, D.A. Silage from tropical fish 3. Lipid behaviour. **J. Food Technol.**, London, v. 21, p. 45-54, 1986.

- HAARD, N.F.; KARIEL, N.; HERZBERG, G.; FELTHAM, L.A.W. & WINTER, K. Stabilisation of protein and oil in fish silage for use as a ruminant feed supplement. **J. Sci. Food Agric.**, London, v. 36, p. 229-241, 1985.
- HARDY, R.W.; SHEARER, K.D.; STONE, F.E. & WIEG, D.H. Fish silage in aquaculture diets. **J. World Maricul. Soc.**, v. 14, p. 695-703, 1983.
- ITOH ET AL 1973 ITOH, H.; KISHI, T.; CHIBATA, I. Comparative effects of casein and amino acid mixture simulating casein of growth and food intake in rats. **J. Nutr.**, v. 103, p. 1709-1715, 1973.
- JACKSON, A.J.; KERR, A.K. & COWEY, C.B. Fish silage as a dietary ingredient for salmon. I nutritional and storage characteristics. **Aquac.**, Amsterdam. v. 38, p. 211-220, 1984.
- KOMPIANG, I.P. Fish silage – It's prospect and future in Indonesia. **Ind. Agric. Res. Dev. J.**, v. 3, p. 1-12, 1981.
- KOMPIANG, I.P.; ARIFUDIN, R.; RAA, J. Nutritional value of ensilaged by-catch fish from Indonesian skrimp trawlers. In: CONNELL, J.J. ed. **Advances in fish Science and technology** Farnham, Fishing News Books, 1981. p. 52-9.
- JAYAWARDENA, K.M.; GUNERAIN, Q.; VILLADSEN, A.; POULTER, R.G. Studies on the preparation of fish silage. III. Dried silage products. **Bull. Fish. Res. Stn. Sri Lanka**. v. 30, p. 33-6, 1980.
- LESSI, E.; LUPIN, H.M.; CARNEIRO, A.R.X. **Obtencion de ensilado biológico**. In: CONSULTA DE EXPERTOS SOBRE TECNOLOGIA DE PRODUCTOS PESQUEROS EN AMÉRICA LATINA, 2. Montevideo, Uruguay, 11-15 de Diciembre de 1989. FAO. FII 819/RLAC/2, 1989.
- LINDGREN, S.; PLEJE, M. Silage fermentation of fish waste products with lactic acid bacteria. **J. Sci. Food Agric.**, v. 34, p. 1057-1067, 1983.
- LUSTOSA NETO, A.D. **Elaboração e caracterização química funcional e nutricional de ensilados de resíduos de pescado da família Lutjanidae**. 1994. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1984.
- MACKIE, I.M.; HARDY, R.; HOBBS, G. Poisson Fermenté et Produits Derivés. **Rapports de La FAO Sur les peches**. FIIP/100 Rome. 62 p. 1971a.
- MACKIE, I. M.; HARDY, R.; HOBBS, G. **Fermented fish products**. Rome, FAO, 54p. (FAO Fish Rep., 100). 1971b.
- MAIA, JR., W.M. **Adequação do processamento de silagens de resíduos de tilápia (*Oreochromis niloticus* (Linnaeus))**: caracterização química e funcional da fração seca em pó e lipídeos. 1998. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos). Centro de tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, João pessoa, 1998.
- MANDELLI, M.Q. A preservação ácida no aproveitamento econômico do pescado e dos resíduos de sua industrialização. **J. Equip.**, v. 44, p. 47-52, 1972.
- MARTIN, A.M.; PATEL T.R. Bioconversion of wastes from marine organisms. In: MARTIN, A.M., (ed.) **Bioconversion of waste materials to industrial products**. London: Elsevier Applied Science, p. 417-440, 1991.
- MEDINA, S.; BLANCO, M.; NIND, A.; LARRU, F.; LOBILLO, E. Determination espectrofotométrica de hierro, manganes, cobre, molibdeno, cobalto y fosforo total em la hueva de la merluza (*Merluccius merluccius* L.) **Anales bromatol.**, v. 8, p. 313-315, 1956.
- SOUZA, J.M.L.; SALES, R.O.; AZEVEDO, A.R. Avaliação do ganho de biomassa de alevinos de tilápia (*Oreochromis niloticus*) alimentados com silagem biológica de resíduos de pescado. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**. v.3, n. 1, p. 01 – 14, 2009. 19p.

- NUNES, M.L.; SILVA, E.V.; ALENCAR, J.S.S.; MAIA, Jr., W.M. Silagem de resíduos de pescado: estudo comparativo dos produtos obtidos por processo químico e por bioconversão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 15, Poços de Caldas/MG, Resumos...p 127, 1996
- OETTERER, M. **O processo de fermentação do Anchovamento:** Curso de Especialização em Tecnologia de Produtos Pesqueiros, Fortaleza – UFC / LABOMAR/ Depto. de Eng. de Pesca. 1991. 35p.
- OTTATI, M.G., BELLO, R. **Ensilado microbiano de pescado en America Latina.** I. Valor nutritivo del producto en dietas para cerdos. In: CONSULTA DE EXPERTOS SOBRE TECNOLOGIA DE PRODUCTOS PESQUEROS EN AMERICA LATINA, 2 Monteideo,Uruguay, 11-15 de Diciembre de 1989. FAO, FII 819/RLAC/6.1989.
- OWENS, J.D.; MENDOZA, L.S. Enzymically hydrolysed and bacterially fermented fishery products. **J. Food Technol.**, v. 20, p. 273-293, 1985.
- PETERSEN, H. Acid preserved of fish and fish offal. **FAO Fish. Bull.** v. 6, p. 18-22, 1953.
- POULTER, R.G.; JAYAWARDENA, K.M.; GANEGODA, P.; RANAWEERA, K N.P. Studies on fish silage in Sri Lanka - A summary. In GILDBERG, A. (ed.) **Fish silage production and its use.** Sri Lanka, (FAO Fisheries Report, n. 230). p. 64-66, 1980.
- RAA, J.; GILDBERG, A. Autolysis and proteolytic activity of cod viscera. **J. Food Technol.** v. 11, p. 619-628, 1976.
- RAA, J.; GILDBERG, A. Fish silage: A Review. **CRC. Crit. Rev. Food Sci. and Nutrit.**, v. 16, p. 383-419, 1982.
- RAA, M.E.J.; NJAA, L.R. Nutritional value of stored fish silage as a protein source for young rats. **J. Sci. Food Agric.**, v. 49, p. 259-270, 1989.
- REECE, P. Control and reduction of free fatty acid concentration in oil recovered from fish silage prepared from sprat. **J. Sci. Food Agric.**, London, v. 31, p. 147-155, 1980.
- RODRIGUEZ, V.G. *et al.* **Definicion tecnologica para a elaboracion de hidrolizado de proteína a partir de la fauna acompañante del camaron de la plataforma cubana.** In: CONSULTA DE EXPERTOS SOBRE TECNOLOGIA DE PRODUCTOS PESQUEROS EN AMERICA LATINA, 2. Montevideo,Uruguay, 11-15 de Diciembre de 1989. FAO, FII 819/RLAC/6.1989.
- SAISITHI, P.; KASEMSARN, B.O.; LISTON, J. & DOLLAR, A.M. Microbiology and Chemistry of Fermented Fish. **J. Food Sci.**, v.31, p.105-110, 1966.
- SALES, R. O. **Caracterização química e avaliação nutricional da silagem da despesca da tilápia do Nilo (*Oreochromis (Oreochromis) niloticus* (Linnaeus) em dietas experimentais com ratos.** 1995.,Tese de Doutorado (Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1995.
- SATHE, S.K.; DESHPANDEER, S.S.; SALUNKHE, D.K. Dry beans of *Phaseolus*. Part 2. Chemical composition: carbohydrates, fiber, minerals, vitamins and lipids. **CRC Crit. Rev. Food Sci. and Nutr.** v.21, p.41-93, 1984.
- SEAL, K.J. Animal wastes as source of biomass production. **Outlook on Agriculture**, Bracknell,. v. 21, p. 91-97, 1992.
- SETTI, A.A. **A necessidade do uso sustentável dos recursos hídricos.** Brasília/DF: IBAMA, 1966. 585p
- SIEBERT, G. Enzymes of marine fish muscle and their role in fish spoilage. In: HEEN, E.; KREUZER, R. ed. **Fish in nutrition.** London, Fishing News Books, p. 80-87, 1961.

- SIMNHUBER, R.O.; LAW, D.K. Vitamin A and oil content of fish and viscera. **Ind. Eng. Chem.**, v. 39, p.309-311, 1974.
- SMITH, K.J. Soybean meal: production, composition and utilisation. **Feestuffs**, Jan. 17th, p. 22. 1977.
- STONE, F.E.; HARDY, R.W. Nutrition value of acid stabilised silage and liquefied fish protein. **J. Sci. Food. Agric.** v. 37, p. 797-803, 1986.
- STROM, T.; EGGUM, B.O. Nutritional value of fish viscera silage. **J. Sci. Food Agric.** v. 32, p. 115-20, 1981.
- TATTERSON, I.N. & WINDSOR, M.L. Fish silage. **J. Sci. Food Agric.** v. 25, p. 369-379, 1974.
- TATTERSON, I.N. The preparation and storage of fish silage. In: TORRY RESEARCH STATION SYMPOSIUM ON FISH SILAGE, Aberdeen. **Proceeding.** v. I, p. 1-14, 1976.
- TIBBETS, G.W.; SEERLEY, R.W.; Mc.CAMPBELL, H. C.; VEZEY, S. A. An evaluation of a ensiled waste fish product in swine diets. **J. Anim. Sci.**, v. 52, p. 93-100, 1981.
- VAN WYK, H. J.; HEYDENRYCH, C. M. S. The production of naturally fermented fish silage using various *Lactobacilli* and different carbohydrate sources. **J. Sci. Food. Agric.**, v. 36, p. 1093-1103, 1985.
- VIEIRA, R.H.S.F.; VIEIRA, G.H.F.; ROCHA, C.A. S; SAKER-SAMPAIO, S. & SAMPAIO, A.H.. Estudo organoléptico e bacteriológico de caldas de lagostas estocadas em gelo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 13, São Paulo, **Resumos ...** p 130, 1992.
- WAINBERG, A.A.; CAMARA, M.R. Carcinicultura no litoral oriental do Estado do Rio Grande do Norte, Brasil: interações ambientais e alternativas mitigadoras. In: AQUICULTURA BRASIL'98, 1998, Recife. **Anais/Proceedings...** Recife: FINEP/ABRAq/ WORLD AQUACULTURE SOCIETY/ABCC, Recife, 1998, p. 527-544.
- WIGNALL, J.; TATTERSON, I. N. Fish silage. **Process. Biochem.**, jan/fev. 1977.
- WINDSOR, M. L. Production of liquid fish silage for animal feed. In: KREUZER, R. **Fishery products.** London, FAO/Fishing News, p. 140-144. 1979.
- WINTER, K.A.; FELTHAM, L.A.W. Fish silage: The protein solution. **Res. Branch Agric., Canada**, St. Johns. 1983. 16 p.