

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CENTRO DE AQUICULTURA
Campus de Jaboticabal

**PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE SILAGENS DE
PEIXE NA NUTRIÇÃO DO PACU**
(Piaractus mesopotamicus)

Rose Meire Vidotti
Zootecnista

Jaboticabal
Março
2001

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CENTRO DE AQUICULTURA

**PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE SILAGENS DE PEIXE
NA NUTRIÇÃO DO PACU (*Piaractus mesopotamicus*)**

Rose Meire Vidotti

Orientador: *Prof. Dr. Dalton José Carneiro*

Co-Orientadora: *Profa. Dra. Elisabete Maria Macedo Viegas*

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Aquicultura – Área de Concentração em Aquicultura, como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor.

Jaboticabal
Março
2001

Vidotti, Rose Meire

V654p Produção e utilização de silagens de peixe na nutrição do pacu (*Piaractus mesopotamicus*) / Rose Meire Vidotti. - - Jaboticabal, 2001

iv, 64p. : il. ; 28cm

Tese (Doutor) – Universidade Estadual Paulista, Centro de Aqüicultura, 2001

Orientador : Dalton José Carneiro

Banca Examinadora : João Donato Scorvo Filho, Léa Silvia Sant'Ana, Nilva Kazue Sakomura, Maria Cristina Thomaz

1. Silagem de peixe. 2. Nutrição. 3. Pacu. I. Título. II. Jaboticabal –

Centro de Aqüicultura.

Ficha Catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

*Aos meus pais, irmãos e cunhados, por todo o incentivo, apoio e amizade,
com carinho,*

OFEREÇO.

*Ao meu filho e sobrinho que, por existirem, nos obrigam a conquistar o
sucesso em tudo aquilo que nos propomos a fazer,
com amor,*

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

A esta Universidade, por ter me dado todas as oportunidades profissionais.

À FAPESP, pela ajuda financeira, sem a qual nada teria sido realizado.

Ao Prof. Dr. Dalton José Carneiro, pela orientação, paciência e amizade durante a execução deste trabalho.

À Profa. Dra. Elisabete Maria Macedo Viegas, pela orientação e pela oportunidade de atuação na área de Tecnologia, na qual constatamos uma grande afinidade pessoal de trabalho.

Ao Dr. João Donato Scorvo Filho, pelas sugestões e correções como membro da Banca Examinadora.

Às Profas. Dras. Lea Silvia Sant'Anna, Nilva Kazue Sakomura e Maria Cristina Thomaz pela contribuição na melhora deste trabalho como membros da Banca Examinadora.

A todos os professores, que de alguma forma contribuíram em alguma etapa deste trabalho.

A todos os funcionários do CAUNESP, que ao longo desses anos sempre colaboraram na execução deste trabalho.

Aos funcionários da FCAV que, quando foram necessários, colaboraram com este trabalho.

Aos meus amigos, sem citar nomes, pois correria um sério risco de cometer injustiças, que ao longo desses anos dedicaram sua amizade, carinho, paciência e pelo simples fato de serem meus amigos.

INDICE

CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	1
INTRODUÇÃO.....	1
Produção do ensilado.....	2
O uso do ensilado na alimentação de peixes.....	5
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	11
CAPÍTULO 2 - ACID AND FERMENTED SILAGE CHARACTERIZATION AND DETERMINATION OF APPARENT DIGESTIBILITY COEFFICIENT OF CRUDE PROTEIN FOR PACU (<i>Piaractus mesopotamicus</i>).....	15
Abstract.....	16
Introduction.....	17
Materials and Methods.....	18
	Silage 18
Production.....
	Raw Material and Silage 18
Characterization.....	
	Experimental Diets for Digestibility 19
Experiment.....	
<u>Digestibility Experiment</u>	19

Experimental 20

Design.....	
Results and Discussion.....	20
Acknowledgments.....	22
Cited Literature.....	22
Table 1. Test diets used in the silage digestibility experiment.....	25
Table 2. pH values of fish silage stored during 31 days.....	26
Table 3. Composition of the raw material used in the acid fermented silage.....	27
Table 4. Values of F, variation coefficients, silage average composition, and respective apparent digestibility coefficient of crude and digestible protein, and dry mater.....	28
Figure 1. Flow chart of fermented and acid silage processing. FSW – fermented saltwater fish; FFW – fermented freshwater fish; FTR – fermnted tilapia residue; ASW – acid saltwater fish; AFW – acid freshwater fish; ATR – acid tilapia residue.....	29

**CAPÍTULO 3 - COMPOSIÇÃO EM
AMINOÁCIDOS DAS SILAGENS DE PEIXES
PROCESSADAS À PARTIR DE DIFERENTES
MATÉRIAS-PRIMAS.....**

31

Resumo.....	32
Introdução.....	33
Material e Métodos.....	34
<u>Produção das Silagens</u>	34

<u>Produção das Silagens Co-secas</u>	34
<u>Caracterização das Matérias-primas, das Silagens e das Silagens Co-secas</u>	35
Resultados e Discussão.....	35
Agradecimentos.....	38
Referências.....	39
Tabela 1: Composição em aminoácidos (g/100g de PB) e teores de proteína bruta dos descartes da comercialização de peixes marinhos e seus respectivos produtos.....	41
Tabela 2: Composição em aminoácidos (g/100g de PB) e teores de proteína bruta dos descartes da comercialização de peixes de água doce e seus respectivos produtos.....	42
Tabela 3: Composição em aminoácidos (g/100g de PB) e teores de proteína bruta dos resíduos da filetagem de tilápia e seus respectivos produtos.....	43
Tabela 4: Aminoácidos essenciais (g/100g de PB) das silagens ácidas e fermentadas comparados com o padrão da FAO/WHO (1985).....	44
Tabela 5: Aminoácidos essenciais (g/100g de PB) das silagens ácidas, fermentadas e co-secas com farelo de soja comparados com o padrão da FAO/WHO (1985).....	45
Tabela 6: Aminoácidos essenciais (g/100g de PB) das silagens ácidas, fermentadas e co-secas com quirera de arroz comparados com o padrão da FAO/WHO (1985).....	46
CAPÍTULO 4 - SUBSTITUIÇÃO DA FARINHA DE PEIXE POR SILAGENS CO-SECAS DE RESÍDUOS DE PESCADO EM DIETAS PARA O CRESCIMENTO DO PACU, <u>Piaractus mesopotamicus</u> (HOLMBERG, 1887).....	47
Resumo.....	48

Introdução.....	49
Materiais e Métodos.....	50
<u>Produção das silagens co-secas</u>	50
<u>Dietas experimentais</u>	51
<u>Ensaio de crescimento</u>	51
<u>Ensaio de digestibilidade protéica</u>	53
	54
Resultados e	
Discussão	
.....	
<u>Desempenho de produção dos peixes</u>	55
Agradecimentos.....	58
Referências.....	58
Tabela 1: Fórmulas e composição centesimal das dietas experimentais.....	61
Tabela 2: Aminoácidos essenciais (g/100gde PB) contidos nas dietas experimentais comparados com a exigência do pacu.....	62
Tabela 3: Valores médios de crescimento e utilização da proteína pelo pacu alimentado por 90 dias com as dietas experimentais.....	63
CAPÍTULO 5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	64

CAPÍTULO 1

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

INTRODUÇÃO

Recentes estudos sobre nutrição de peixes demonstraram que, a qualidade protéica das dietas apresenta importância predominante no seu desenvolvimento, sobretudo, para as espécies de clima tropical que têm menores problemas para regular a sua ingestão à complementação das necessidades diárias.

A farinha de peixe tem sido a principal fonte de proteína de origem animal utilizada pelos países em desenvolvimento, ainda que, invariavelmente apresente baixa qualidade nutricional, com produção sazonal e custo elevado, levando a um aumento do custo de produção, que na piscicultura os gastos com alimentação, podem chegar a 70% do custo total.

Na procura por alimentos alternativos, com alta qualidade nutricional, podem ser encontrados subprodutos na maioria dos entrepostos, na própria piscicultura e na

atividade pesqueira, em quantidades consideráveis, mas com grandes problemas para o seu processamento.

Segundo Hardy e Masumoto (1990) é esperado que aumente a demanda por produtos marinhos de alta qualidade na aqüicultura, devido ao aumento das preocupações econômicas e ambientais, e com a melhoria na eficiência da produção e conversão alimentar dos peixes.

Uma alternativa para o aproveitamento de resíduos da indústria pesqueira na a elaboração de dietas para organismos aquáticos, é o ensilado de pescado, produto que possui alto valor biológico e, praticamente, a mesma composição da matéria-prima que o origina (Windsor e Barlow, 1984; Kompang, 1981).

Existe uma grande produção de resíduos nos entrepostos de comercialização de pescado. Na Companhia de Entrepostos e Armazéns Gerais de São Paulo – CEAGESP (informação pessoal)¹ essa quantidade, alcança em média, uma tonelada por dia e gera um problema ambiental, pois esses resíduos são depositados nos lixões urbanos da Capital do Estado. Com o aumento do número de plantas beneficiadoras de tilápias, os resíduos dessa atividade tornou-se um problema para os produtores. Em muitos casos, o processo de ensilamento poderia ser uma solução, pois a obtenção da silagem, não envolve maquinários específicos como é o caso da farinha de peixe.

Produção do ensilado

Duas metodologias básicas podem ser utilizadas na obtenção de ensilado de pescado: através da adição de ácidos minerais ou orgânicos tais como, fórmico, sulfúrico, clorídrico, propiônico, etc. (Wignall e Tatterson, 1977; Disney e James, 1979;

¹ Vital Vaz Neto – Médico Veterinário do Serviço de Inspeção Federal de Pescado do Ministério da Agricultura no CEAGESP – SP.

Lupín, 1983; Windsor e Barlow, 1984; Rodriguez et al., 1989) ou com o emprego de microorganismos produtores de ácido láctico e ainda uma fonte de carboidratos. Este produto elaborado com diferentes resíduos de pescados, fontes de carboidratos e microorganismos produtores de ácido láctico (Lindgren e Pleje, 1983; Van Wyk e Heydenrych, 1985; Ottati e Bello, 1989; Lessi et al., 1989).

Segundo Lupín (1983) o processo de ensilagem de pescado, conhecido há muito tempo, consiste basicamente em acidificar o pH da massa de pescado triturada, deixando livre para a ação das enzimas próprias dos tecidos, que terminam liqüefazendo o mesmo.

O ensilado convencional apresenta pH entre 3,9 e 4,2, que em três dias, a uma temperatura ambiente de 27 a 30⁰ C, se liqüefaz suficientemente, restabelecendo a camada de lipídeos e conservando a atividade enzimática por muitos meses (Backhoff, 1976).

O uso do ácido fórmico em mistura com os ácidos sulfúrico e clorídrico, promove o abaixamento do pH a níveis entre 4,0 e 4,5, enquanto que a utilização de ácidos minerais sozinhos abaixam o pH em torno de 2,0, necessitando, de uma neutralização posterior à hidrólise, (Wignall e Tatterson, 1977). Porém, segundo Oetterer (1994), essa mistura com os ácidos clorídrico e sulfúrico tem a vantagem de apresentar baixo custo.

Na elaboração de seis fórmulas de ensilado com diferentes tipos de pescado Tatterson e Windsor (1974) utilizaram 3,0% de ácido fórmico a 98% e obtiveram valores de pH em torno de 4,0 em todos os produtos e teores de proteína próximos de 14%, de gordura variando de 0,5 a 16,3% e os de minerais ao redor de 2,5%.

Valério (1994) produziu silagens químicas a partir de resíduos do processamento da sardinha ou da comercialização e concluiu que esta é viável empregando ácidos fórmico e propiônico 1:1 na proporção de 3% em relação a massa residual.

Lo et al. (1993) utilizaram peixes mortos das criações de salmão para o ensilamento a base de ácido cítrico ou a combinação dele com outros ácidos e concluíram que, o conteúdo de nutrientes das silagens examinadas foi idêntico ao do salmão “in natura”. Isto reduziu os problemas de estocagem das fazendas britânicas de salmão e promoveu a utilização dos peixes mortos como fonte protéica.

As silagens fermentadas são produzidas pelo processo de fermentação anaeróbica, através da adição de um microorganismo e uma fonte de carboidrato para que de início ao processo.

De acordo com Van Wyk e Heydenryck (1985), a produção de ácido láctico é importante porque causa uma diminuição no pH, (em torno de 4,0), inibindo o crescimento de bactérias dos gêneros *Staphylococcus*, *Escherichia coli*, *Serratia*, *Enterobacter*, *Citrosactu*, *Achromobacter* e *Pseudomonas*.

Segundo Hercules e Heydenryck (1985), a qualidade do produto final de um ensilado fermentado, naturalmente está relacionada com a habilidade dos *Lactobacillus* na estabilidade, bem como a quantidade e o tempo de estocagem do material do pescado.

Bello et al. (1989) estudaram várias fontes de carboidratos, e os microorganismos usados em silagens de peixe para a produção do ácido láctico. Utilizando como fontes de carboidratos milho, arroz, mandioca, aveia e melação, e os microorganismos *Lactobacillus plantarum*, *Streptococcus lactis* e *Candida Lipolytica* os autores concluíram que a combinação de melação, aveia e *Lactobacillus plantarum* foi a mais eficiente na produção de um produto estável de silagem de peixe.

Foram produzidas por Morales-Ulloa (1994), silagens fermentadas a partir de resíduos do processamento de sardinhas acidificados e concluiu que é viável o preparo dessas silagens empregando como inóculos o *Lactobacillus plantarum* ou *Pediococcus acidilacti* e que o melão pode ser usado como substrato para esses microorganismos.

Lindgren e Pleje (1983) observaram que durante o armazenamento do ensilado de pescado, só se observa a presença de bactérias produtoras de ácido láctico, indicando que os microorganismos patogênicos tais como, *Staphylococcus aureus* e *Salmonella* ssp, encontram-se restritos pelo baixo pH do produto, pelas condições de anaerobiose nas quais o mesmo é armazenado, e a presença de certas substâncias antibacterianas produzidas pelas bactérias lácticas.

O produto da silagem em geral é estável mesmo sem um processo de secagem. No processamento há um baixo consumo de energia e as enzimas específicas melhoram a palatabilidade e a digestibilidade do produto, além de se evitar etapas de desodorização (Oetterer, 1993).

Montaner et al. (1995) afirmaram que a utilização de espécies de pescado sub-utilizadas comercialmente na produção de silagens, aumenta o aproveitamento da proteína de origem animal e minimiza os efeitos de contaminação ambiental, aumentando as vantagens nutricionais para os produtos que as incluem em sua formulação.

Foram preparadas por Morales-Ulloa e Oetterer (1997) silagens biológicas de pescado, silagens químicas e enzimáticas e concluíram que além de serem viáveis os processos mantêm a qualidade protéica dos produtos obtidos.

O uso do ensilado na alimentação de peixes

Segundo Lupín (1983) o ensilado de pescado pode ser utilizado na piscicultura de água doce como alimento de peixes, diminuindo os custos de produção.

A silagem de pescado vem sendo produzida na Polônia e na Dinamarca em escala comercial desde os anos 60, para produção de alimentos para aves e suínos, ou incorporada à rações como complemento protéico, compondo alimento para animais domésticos e peixes provenientes de aqüicultura. Na Indonésia, a silagem é produzida em escala experimental e incorporada às rações em substituição a farinha de peixe e o farelo de soja na alimentação de suínos, peixes e aves (Oetterer, 1994).

Silagens ácidas produzidas a partir de peixes inteiros ou resíduo do processamento de peixes foram testadas em dietas de trutas (Stone et al, 1989) concluindo que são fontes equivalentes de nitrogênio protéico, desde que o grau de hidrólise seja o mesmo e as dietas sejam balanceadas nutricionalmente.

Estudos feitos por Cisse et al. (1995) demonstraram que a boa aceitabilidade da silagem de peixe como um ingrediente em rações para bagre africano, constitui uma alternativa econômica ao uso da farinha de peixe, utilizando-se basicamente sobras de peixes marinhos ou peixes de baixo valor comercial.

Ximenes Carneiro (1991) alimentou alevinos de tambaqui, com ração à base de ensilado biológico e concluiu que, devido a sua ótima aceitabilidade pelos peixes, apresenta um grande potencial como substituto da farinha de carne e ossos ou da farinha de peixe. A composição corporal desses peixes alimentados com ração à base de ensilado apresentou maiores teores de cálcio e fósforo.

Experimentos mostraram que silagem de arenque foi bem digerida e que o crescimento do salmão do Atlântico não foi afetado significativamente quando alimentado por um longo período com este produto (Lall, 1991).

Estudos comparando silagem ácida de resíduos de “dog-fish” com a de arenque na produção de salmão, mostraram que esta foi aceitável desde que em condições próprias de estocagem. Isto tornaria possível a utilização eficiente de uma fonte protéica inadequada ao consumo humano, convertendo-a em um produto alimentar humano de alta qualidade e também uma solução para problemas ambientais (Heras et al. 1994).

Affandi (1986) concluiu que a incorporação da silagem de peixe na ração de enguias, proporcionou melhoria da palatabilidade, e aumento na ingestão levando conseqüentemente a um maior desempenho no crescimento. A produção de silagem com material apropriado e econômico, pode ser uma solução parcial para o uso de subprodutos e reduzir, desta forma, o custo de cultivo de enguia.

Alevinos de enguia alimentados com dietas isocalóricas e isoprotéicas contendo diferentes percentagens de inclusão de silagem de peixe (10, 15 e 20%) apresentaram melhores resultados de desempenho quando comparados com os submetidos à dieta controle na qual a farinha de carne e peixe eram as únicas fontes protéicas. Os autores atribuíram essa melhora ao aumento da ingestão devido a possível presença de atrativos alimentares (Gonçalves et al. 1989).

Fagbenro et al. (1994) alimentaram juvenis de bagre africano e tilápia com dietas contendo silagem de tilápia fermentada e co-seca e concluíram que foi adequada como suplemento protéico para dietas de peixes, representando um método alternativo barato e saudável do ponto de vista ambiental, pois utiliza sobras de peixe de muitas comunidades pesqueiras e de indústrias de processamento de peixes.

Ramos et al. (1994) relataram que o pescado fresco preservado em ácidos, pode ser uma boa fonte de proteína e que o seu valor nutricional quando incluído em dietas para tambaqui, em uma proporção de 13% em base úmida e misturado com cereais, foi comparável com a farinha de pescado.

Fagbenro e Bello-Olusoji (1997) consideraram que os coeficientes de digestibilidade aparente são parâmetros importantes a serem considerados na formulação de dietas e determinantes na utilização de um alimento, demonstrando que a silagem fermentada de cabeça de camarão, apresenta-se como uma boa alternativa de ingrediente protéico em dietas para o bagre africano.

Fagbenro e Juancey (1995a) estudando diferentes aglutinantes em dietas úmidas para tilápias contendo 50% de silagem de tilápia fermentada em sua formulação, encontraram coeficientes de digestibilidade aparente da proteína bruta variando de 78,3 a 88,1%. Os autores consideraram que o menor coeficiente de digestibilidade (78,3%) foi causado pela inclusão do aglutinante goma-guar. Concluíram também que os peletes úmidos de silagem de peixe foram similares na qualidade nutricional, na aceitação e na digestibilidade da proteína, mostrando que foram adequados para serem utilizados, como ingrediente protéico na produção de alimentos na propriedade. Em 1998, os mesmos autores estudaram a utilização de dietas úmidas para a tilápia, usando silagem fermentada de tilápia misturada com diferentes ingredientes protéicos (farinha de vísceras ou farelo de soja e farinha de penas hidrolizada ou farinha de peixe) e uma dieta de referência seca. Encontraram altos valores de coeficientes de digestibilidade aparente da proteína bruta (de 83,5 a 88,2%) e não apresentaram diferenças significativas.

Dietas contendo silagens de tilápia fermentada e co-secas com farelo de soja, farinhas de vísceras, de pena hidrolizada ou carne e ossos foram avaliados quanto ao seu valor nutricional para o bagre africano. Determinando os coeficientes de digestibilidade aparente da fração protéica, os resultados mostraram que, a dieta contendo a silagem co-seca com farinha de penas hidrolizada apresentou o menor valor (74.4%). Porém, os

autores concluíram que as dietas foram adequadas nutricionalmente, e altamente digeríveis (Fagbenro e Juancey 1995b).

Um estudo feito por Hossain et al. (1997), para determinar o coeficiente de digestibilidade aparente de várias fontes de proteína animal e vegetal para a carpa indiana, mostrou que as silagens ácida de peixe marinho (com ácido fórmico ou sulfúrico), co-secas ao sol com farelo de trigo, apresentaram os melhores coeficientes de digestibilidade aparente de 88,08 e 85,11%, com ácido fórmico e sulfúrico, respectivamente. Assim, concluíram que os ingredientes estudados, do ponto de vista de digestibilidade do nutriente, podem ser utilizados eficientemente como fonte de proteína dietária.

Na procura por alimentos de alta qualidade nutricional, uma alternativa seria o processamento dos subprodutos gerados pela própria atividade aquícola. A silagem de peixe é uma forma de seu aproveitamento, sendo um processo simples que não envolve maquinarias específicas ou grandes gastos com materiais de consumo.

Com esse propósito o Capítulo 2 denominado "ACID AND FERMENTED SILAGE CHARACTERIZATION AND DETERMINATION OF APPARENT DIGESTIBILITY COEFFICIENT OF CRUDE PROTEIN FOR PACU (Piaractus mesopotamicus)", teve como objetivo produzir e caracterizar quimicamente vários tipos de silagens elaboradas com três matérias-primas, oriundas do descarte da comercialização de peixes marinhos, de água doce, ou de resíduos da filetagem de tilápias, assim como determinar o coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta para juvenis de pacu. Esse foi elaborado conforme as normas, e enviado para publicação na *Journal of the World Aquaculture Society*, USA.

O capítulo 3, denominado "COMPOSIÇÃO EM AMINOÁCIDOS DAS SILAGENS DE PEIXES PROCESSADAS A PARTIR DE DIFERENTES MATÉRIAS-PRIMAS", teve como objetivo avaliar a composição em aminoácidos de vários tipos de silagem à partir de três matérias-primas, oriundas do descarte da comercialização de peixes marinhos e de água doce; e resíduos da filetagem de tilápias. Esse foi elaborado conforme as normas para publicação na *Journal of Applied Aquaculture*, USA.

O capítulo 4 denominado, "SUBSTITUIÇÃO DA FARINHA DE PEIXE POR SILAGENS CO-SECAS DE RESÍDUOS DE PESCADO EM DIETAS PARA O CRESCIMENTO DO PACU, Piaractus mesopotamicus (HOLMBERG, 1887)", teve como objetivo estudar a utilização de silagens co-secas com ingredientes protéico ou energético, para substituir a farinha de peixe em dietas balanceadas para o crescimento de alevinos de pacu (Piaractus mesopotamicus). Esse foi elaborado conforme as normas para publicação na *Journal of Aquatic Food Product Technology*, USA.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Affandi, R. Utilization of silage as food in eel culture. Vie Milieu. v. 36, n. 4, p. 317-8 (Resumo), 1986.
- Backhoff, H. P. Some chemical changes in fish silage. J. Fd. Technol. v. 11, p. 353-63, 1976.
- Bello, R. A.; Gutiérrez, M.; Ottati, M. e Martínez, A. Estudio sobre la elaboracion de ensilado de pescado por via microbiana en Venezuela. In: Consulta de expertos sobre tecnologia de productos pesqueros en America Latina. 2. Montevideo. Roma, FAO. 22 p. 1989.
- Cisse, A.; Luquet, P. e Etchian, A. Use of chemical or biological fish silage as feed for *Chrysichthys nigrodigitatus* (Bagridae). Aquat. Living Resour. v. 8, n. 4, p. 373-7, 1995.
- Disney, J. G. e James, D. Fish silage production and its use. FAO/WHO (1985). Fish. Rep., Roma, v. 230: 105p. 1979.
- Fagbenro, O.; Juancey, K. e Haylor, G. Nutritive value of diets containing dried lactic acid fermented fish silage and soybean meal for juvenile *Oreochromis niloticus* and *Clarias garipinus*. Aquat. Living Resour. v. 7, p. 79-85, 1994.
- Fagbenro, O. e Juancey, K. Water Stability, Nutrient leaching and nutritional properties of moist fermented fish silage diets. Aquacultural Engineering. 14:143-153. 1995a.
- Fagbenro, O. e Juancey, K. Growth and protein utilization by juvenile catfish (*Clarias gariepunis*) feed dry diets containing co-dried lactic-acid-fermented fish-silage and protein feedstuffs. Bioresource Technology. 51:29-35. 1995b.
- Fagbenro, O. A. e Juancey, K. Physical and nutritional properties of moist fermented fish silage pellets as a protein supplement for tilapia (*Oreochromis niloticus*). Animal Feed Science Technology. 71:11-18. 1998.

- Fagbenro, O. A. e Bello-Olusoji, O. A. Preparation, nutrient composition and digestibility of fermented shrimp head silage. Food Chemistry. 60:489-493. 1997.
- Gonçalves, J. F.; Santos, S.; Pereira, I. B. e Coimbra, J. The use of fish silage as an ingredient for eel fingerling nutrition. Aquaculture. v. 80, p. 135-46. 1989.
- Hardy, R. W. e Masumoto, T. Specifications for marine by-products for aquaculture. International By-Products Conference April 1990, Anchorage, Alaska. p. 109-120, 1990.
- Heras, H.; Mcleod, C. A. e Ackman, R. G. Atlantic dogfish silage vs. herring silage in diets for Atlantic salmon (*Salmo salar*): growth and sensory evaluation of fillets. Aquaculture. v. 125, p. 93-106, 1994.
- Hercules, J. V. W. e Heydenrych, C. M. S. The production of naturally fermented fish silage using various Lactobacilli and diferent carbohydrate sources. J. Sci. Food. Agric. v. 36, p. 1093-103, 1985.
- Hossain, M. A.; N. Nahar and M. Kamal. Nutrient digestibility coefficients of some plant and animal proteins for rohu (*Labeo rohita*). Aquaculture. 151:37-45, 1997.
- Kompiang, I. P. Fish silage - Its prospect and future in Indonésia. Indonésia Agricultural Research & Develop Journal. 3:1-12, 1981.
- Lall, S. P. Nutricional value of fish silage in salmonid diets. Bull. Aquacult. Assoc. Can. v.91, n.1, p. 63-74, 1991.
- Lessi, E.; Ximenes Carneiro, A. R. e Lupín, H. M. Obtencion de ensilado biológico de pescado. In: Consulta de expertos sobre tecnologia de productos pesqueros en America Latina. 2. Montevideo. Roma, FAO/WHO (1985). 8 p. 1989.
- Lindgren, S. e Pleje, M. Silage fermentation of fish or fish waste products with lactic acid bacteria. J. Sci. Fd. Agric. v. 34, p. 1057-67, 1983.

- Lo, K. V.; Liao, P. H. e Bullock, C. Silage production from salmon farm mortalities. Aquacultural Engineering, v. 12, p. 37-45. 1993.
- Lupín, H. M. Seminário sobre manipuelo, procesamiento, mercadeo y distribución de los productos de la pesca continental en America Latina: ensilado biológico de pescado una propuesta para la utilización de residuos de la pesca continental en America Latina. In: Comision de pesca continental para America Latina (COPESCAL). 3. Mexico, D. F., 12p. 1983.
- Montaner, M. I.; Parín, M. A. e Zugarramurdi, A. Comparacion Tecnico-Economica de Ensilados Quimicos y Biologicos de Pescado. Alimentaria. Argentina. p. 43-51. 1995.
- Morales-Ulloa, D. F. Bioconversão de Resíduos da Indústria Pesqueira. Dissertação de Mestrado. 95 p. 1994.
- Morales-Ulloa, D. F. e Oetterer, M. Composição em Aminoácidos de Silagens Químicas, Biológicas e Enzimáticas Preparadas com Resíduos de Sardinha. Ciência e Tecnologia de Alimentos. Campinas. v. 3, n. 17, p. 203-342. 1997.
- Oetterer, M. Produção de Silagem a Partir da Biomassa Residual de Pescado. Alim. Ntri. São Paulo. V.5, p.119-134. 1993/94.
- Ottati, M. G. e Bello, R. A. 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. Montevideo. Roma, FAO/WHO (1985). 22 p. 1989.
- Ramos, O. V.; Dorado, M. Del P. e Caro, E. O. Ensayo sobre la alimentacion de la cachama negra (*Colossoma macropomum*) con pescado en acidos organico e inorganico (Fish silage). Boletin Cientifico INPA, v. 2, p.46-61, 1994.

- Rodriguez, V. G.; Fedor, A. B.; Contreras, P. R.; Flores, G. R.; Navarro, G.G.; Ezquerro, M. A. e Pérez, C.L. Definición tecnológica para a elaboración de hidrolizado de proteína a partir de la fauna acompañante del camarón de la plataforma cubana. In: Consulta de expertos sobre tecnología de productos pesqueros en América Latina. 2. Montevideo. Roma, FAO/WHO (1985). 12 p. 1989.
- Stone, F. E.; Hardy, R. W.; Shearer, K. D. e Scott, T. M. Utilization of fish silage by Rainbow Trout (*Salmo gairdneri*). Aquaculture. v. 76, p. 109-18. 1989.
- Tatterson, I. N. e Windsor, M. L. Fish silage. J. Sci. Agric. V. 25, p. 369-379, 1974.
- Valério, A. C. R. Elaboração de Silagem Enzimática de Pescado como Alternativa ao Processo Tradicional. Dissertação de Mestrado. 87 p. 1994.
- Van Wyk, H. J. e Heyderych, C. M. S. The production of naturally fermented fish silage using various Lactobacilli and different carbohydrate sources. J. Sci. Fd. Agric. v. 36, p. 103-109, 1985.
- Ximenes Carneiro, A. R. Elaboração e uso de ensilado biológico de pescado na alimentação de alevinos de tambaqui, *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818). Dissertação de Mestrado. 81p. 1991.
- Wignall, J. e Tatterson, I. Fish silage. Process. Biochemistry, Jan/Fev: n. p. 1977.
- Windsor, M. e Barlow, S. Introducción a los Subproductos de Pesquería. Española, Acríbia. 204p., 1984.

CAPITULO 2

ACID AND FERMENTED SILAGE CHARACTERIZATION AND
DETERMINATION OF APPARENT DIGESTIBILITY COEFFICIENT OF CRUDE
PROTEIN FOR PACU (Piaractus mesopotamicus).

Abstract

Three types of raw materials (commercial waste from salt water (SW) and freshwater fish (FW); and tilapia filleting residue) were used to produce fish silage by acid digestion (2% formic acid and 2% sulfuric acid), and anaerobic fermentation, (5% of *Lactobacillus plantarum* and 15% sugar cane molasses). Six test diets were prepared for digestibility trials as follows: 70% reference diet and 30% silage. These diets were fed to juvenile pacu (146 g average weight) in triplicate. Fish were kept in 500-l tanks and feces collected by manual extrusion. It was observed for both processes that saltwater fish waste always presented the highest moisture content and lowest fat and ash. Highest crude protein levels were displayed in silages from commercial fish waste (SW and FW), made from whole fish unfit for human consumption. However, apparent digestibility coefficients did not vary among diets ($P>0.05$). Although values did not differ statistically, fermented silage consistently displayed higher digestibility coefficients compared to acid silage. The silages exhibited good protein digestibility (72,5 – 80,0%), thus suggesting the feasibility of using fish industry by-products in aquaculture feeds.

Introduction

Dietary protein level and quality are of fundamental importance in fish nutrition. Protein quality is determined by amino acid composition and availability, animal protein sources are normally used to balance essential amino acid supply in aquafeeds. The utilization of fish waste or residues from filleting of commercial species improves overall efficiency of animal protein use, minimizes environmental impact and may add nutritional advantages to diets prepared from such materials (Montaner et al. 1995).

Fish silage is a liquid product where wet fish is preserved by addition of acids (acid silage) or production of lactic acid through anaerobic fermentation of a carbohydrate substrate (fermented silage). It can be manufactured from whole fish or fish waste. Fish silage is generally a product of high biological value presenting practically the same composition as the original raw material. However, fish silage obtained by means of fermentation presents a higher nutritional value compared to the product obtained by addition of inorganic acids (Kompang 1981; Windsor and Barlow 1984; Ockerman and Hansen 1994).

The nutritive value of balanced diets depends on the digestibility of each ingredient. The success in formulating practical diets for fish is based on physico-chemical characteristics of the ingredients, as well as its relative digestibility for the fish (Tacon and Rodrigues, 1984).

The majority of papers found in the literature on silage digestibility by fish, did not use silage as the only animal protein source, as in the present work. Silage was biologically evaluated by means of a digestibility trial in juvenile pacu. It should be observed that the different silages were used without processing.

Materials and Methods

Silage Production

Initially, an experiment to produce acid and fermented silage was carried out using three types of raw materials: commercial waste (fish not adequate for human consumption, but not yet decomposing) of saltwater (SW) and freshwater fish (FW), as well as residue from the tilapia filleting industry (TR). To obtain fermented silage (F), the following mixture was added to the raw material: 15% sugar cane molasses (weight/weight), 5% *Lactobacillus plantarum* (weight/weight) and 0.25% sorbic acid (weight/weight), as fungicide. To obtain acid silage (A), the following mixture was added to the raw material: 2% formic acid (weight/volume) and 2% sulfuric acid (weight/volume). Silage processing is shown in Figure 1. Each silage was prepared with three replicates, stored at room temperature, 30C (± 2) in 3-L plastic buckets closed with lids. pH was measured every other day, for the first ten days and thereafter on the 17th, 24th and 31st days.

Raw Material and Silage Characterization

The analysis to determine the composition of the three raw materials and eighteen silages was performed in replicate, according to AOAC (1990). Dry matter was determined by oven drying the samples at 105C for 16 hours. Crude protein content was determined according to the micro-Kjedahl method, using dried samples. Fat content was determined using petroleum ether in a Soxhlet extractor for 5 hours. Ash content was determined by combusting the samples for 3 hours at 550C.

Experimental Diets for Digestibility Experiment

A reference diet containing 89,6% moisture, 26,85% crude protein, 5,41% fat, 5,15% gross fiber, 5,22% ashes and 46,97% non-nitrogen extractive and six test diets made up of 70% of the reference diet were prepared. The diets contained 0,5% chromium oxide which was used as inert marker and 30% of the studied silage. Since the silage had different moisture contents, the quantities were calculated in order to obtain 30% dry matter (Table 1). Acidity was controlled by the addition of 1,5% and 2,5% of calcium carbonate to the fermented and acid silage, respectively. The reference diet and the silage were mixed in a grinding machine, and after that the granules were dried in a forced air circulation oven at 60°C, for 12 hours.

Digestibility Experiment

In the digestibility experiment, 360 pacu juveniles (average weight 146 g) were kept in 18 500-L asbestos boxes. Test diets were supplied freely twice a day for 5 days, before collecting feces by manual extrusion. Juveniles were anesthetized with benzocaine (1 g per 20 L). Crude protein contents of both, feces and diets were analyzed by micro-Kjedahl method. Chromium oxide content was determined by the acid digestion method (Furukawa and Tsukahara, 1966). Apparent protein digestibility coefficient was determined according to Nose (1960), using the following equation:

$$ADC_{CP}(\%) = 100 - 100 \times \left[\frac{\% \text{chromium oxide in the diet}}{\% \text{chromium oxide in the feces}} \times \frac{\% \text{CP in the feces}}{\% \text{CP in the diet}} \right]$$

Apparent digestibility coefficient in the protein fraction of the silage was calculated using the equation:

$$ADC_{CP}(\%) = \frac{100}{30} \times \left[ADC_{CP} \text{ test diet} - \frac{70}{100} \times ADC_{CP} \text{ reference diet} \right]$$

The digestible protein values (DP) for each silage were then calculated using the following equation:

$$DP_{\text{silage}} = \frac{\text{CP silage (\%)} \times \text{ADC}_{\text{CP silage}}}{100}$$

Experimental Design

A completely randomized experimental design in factorial 3x2 was used to determine silage composition and apparent protein digestibility of three raw materials and two processing methods, which resulted in six different treatments. Statistical analysis was done using an F test and average comparison by Tukey's test, at 5% confidence level (Snedecor and Cochran 1978).

Results and Discussion

Stabilization of silage pH occurred on the 9th day after processing. It can be observed in Table 2, that pH reduction is faster and higher in the acid silage (2,5 to 2,82) when compared to fermented silage (4,06 to 4,48). The decreasing pH values of the acid silage might have occurred due to direct addition of acids in the raw material, while in fermented silage, inoculated microorganisms and a carbohydrate source are added to the raw material to promote lactic acid production.

In acid silage prepared with different mixtures of organic and inorganic acids, pH varied from 3,79 to 4,18 on the 30th day, according to Vianna et al. (1993). Fagbenro and Jauncey (1993) using raw material “in natura”, cooked or with salt addition found on the 30th day of fermentation, pH values of 3,9, 4,2 and 4,3, respectively. These values varied within the expected range (4,0 to 4,5) and autolysis rate was influenced by cooking and salt addition, which inhibited the activity of endogenous autolytic enzymes. In the present study, the raw material utilized in the silage contained all the fish viscera.

Therefore, endogenous digestive enzymes might have caused a higher decrease in the pH, in the presence of sulfuric and formic acids. Ahmed and Mahendrakar (1995) reported that salt addition delays initial acid production. However, large quantities of acid were produced later on, lowering the pH to 4,0. Thus making salt addition disadvantageous during ensiling of fish viscera. Ockerman and Hansen (1994) reported that for production of silage with inorganic acids, it is necessary to reduce the pH to a value lower than 2,0 and that organic acids are more effective, but more expensive. Therefore, in order to reduce the production cost, a mixture of organic and inorganic acids is recommended.

The pH values observed in this study for fermented and acid silage were satisfactory for the conservation of the products, using different raw materials “in natura”.

Silage composition was similar to the originating raw material (Tables 3 and 4). It can be seen in Table 4 that the raw material used to obtain the silages influenced significantly the silage composition. There were significant differences with respect to moisture, crude protein, fat and ash contents. The best results were observed for whole saltwater fish. The type of processing influenced significantly only fat content. However, organoleptic characteristics such as color and odor presented differences with respect to raw material (SW, FW and TR) as well as processing method. Fermented silage had a sweet aroma, due to the presence of molasses. Saltwater fish silage had a characteristic odor and dark color, freshwater fish silage besides the characteristic odor had a yellowish color and filleting residue silage had a gray color.

Apparent digestibility coefficient of crude protein did not show statistically significant differences, however higher values were found for fermented silage from whole fish. As for digestible protein content, the values displayed significant differences

with respect to raw material. Silage obtained from whole fish (SW and FW) presented higher average values when compared to tilapia filleting residue (TR). The high values found for protein digestibility (between 74,71% and 83,43%) in the silages, can be compared to ADC values obtained in experiments with tilapias niloticas fed with fish silage (Fagbenro and Jauncey 1995a and Fagbenro and Jauncey 1998).

Based on the results presented in this study, all the residues were adequate to produce silage, using both processing methods, anaerobic fermentation and acid digestion. Pacu juveniles efficiently used the protein fraction supplied by “in natura” ration. The studied raw materials did not need any previous treatment to produce the silage, thus showing the feasibility of using by-products generated by aquaculture activity.

Acknowledgments

The author thanks FAPESP (Fundacao de Amparo a Pesquisa do Estado de Sao Paulo) for financial support, which made this work possible. Further thanks are extended to CAUNESP, Centro de Aquicultura da Universidade Estadual Paulista, where the experiments took place.

Cited Literature

- A.O.A.C. 1984. Official methods of analysis. Washington D. C., Association of Official Agricultural Chemists.
- Ahmed, J. and N. S. Mahendrakar. 1995. Effect of different levels of molasses and salt on acid Production and volume of fermenting mass during ensiling of tropical Freshwater fish viscera. *Journal Food Science Technology* 32:115-118.

- Fagbenro, O. and K. Juancey. 1993. Chemical and nutritional quality of raw, cooked and salted fish silages. *Food Chemistry* 48:331-335.
- Fagbenro, O. and K. Juancey. 1995. Water Stability, Nutrient leaching and nutritional properties of moist fermented fish silage diets. *Aquacultural Engineering* 14:143-153.
- Fagbenro, O. A. and K. Juancey. 1998. Physical and nutritional properties of moist fermented fish silage pellets as a protein supplement for tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Animal Feed Science Technology*. 71:11-18.
- Furukawa, A. E. and H. Tsukahara. 1966. On the acid digestion method for the determination of chromic oxide as an index substance in the study of digestibility of fish feed. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries* 32:502-506.
- Kompiang, I. P. 1981. Fish silage - Its prospect and future in Indonesia. *Indonesia Agricultural Research & Develop Journal*. 3:1-12.
- Montaner, M. I.; M. A. Parín and A. Zugarramurdi. 1995. Comparacion Tecnico-Economica de Ensilados Quimicos y Biologicos de Pescado. *Alimentaria*. 43-51.
- Nose, T. 1960. On the digestion of food protein by gold-fish (*Carassius auratus* L.) and rainbow trout (*Salmo irideus* G.). *Bulletin of Freshwater Fisheries Research Laboratory*. 10:11-22.
- Ockerman, H. W. and C. L. Hansen. 1994. Subproductos pesqueros. Pages 291-321 in F. L. Crespo, tradutor. *Industrialización de subproductos de origen animal*. Editorial Acribia, S. A., Zaragoza, España.
- Snedecor, G. W. and Cochran, W. G. 1978. *Metodos Estadisticos*. Compañía Editorial Continental, S. A., México.

- Tacon, A. G. J. and A. M. P. Rodrigues. 1984. Comparison of chromic oxide, crude fibre, polyethylene and acid insoluble ash as dietary markers for the estimation of apparent digestibility coefficients in rainbow trout. *Aquaculture*. 43:391-399.
- Viana, M. T.; C. Nava-López and R. Solana-Sansores. 1993. Acid fish silages. Effect of preheating and addition of phosphoric and citric acids on the biochemical quality. *Ciencias Marinas*. 19:415-433.
- Windsor, M. E and S. Barlow. 1984. *Introducción a los Subproductos de Pesquería*. Acríbia, España.

Table 1. Test diets used in the silage digestibility experiment.

Test Diets	Reference Diet (g) ^{a/} (Dry weight)	Test Ingredient (g) (Wet weight)
RD-FSW ^{b/}	700,00	947,87
RD-ASW ^{c/}	700,00	972,45
RD-FFW ^{d/}	700,00	740,74
RD-AFW ^{e/}	700,00	792,60
RD-FTR ^{f/}	700,00	899,55
RD-ATR ^{g/}	700,00	906,62

^{a/} 34,2% ground corn; 17,2% wheat meal; 4,3% rice meal; 29,3% soybean meal; 2,0% soybean oil; 12,0% fish meal; 0,5% vitamin and mineral supplement and 0,5% chromium oxide.

^{b/} Fermented saltwater fish silage

^{c/} Acid saltwater fish silage

^{d/} Fermented freshwater fish silage

^{e/} Acid freshwater fish silage

^{f/} Fermented tilapia residue silage

^{g/} Acid tilapia residue silage

Table 2. pH values of fish silage stored during 31 days.

Days	ASW ^{b/}	FSW ^{c/}	AFW ^{d/}	FFW ^{e/}	ATR ^{f/}	FTR ^{g/}
Initial ^{a/}	6,06	6,06	6,53	6,53	6,69	6,69
1	3,18	5,46	2,43	5,44	2,98	4,48
3	2,84	4,76	2,52	4,43	2,96	4,25
5	2,68	4,52	2,56	4,26	2,97	4,21
7	2,79	4,58	2,75	4,31	2,98	4,13
9	2,78	4,48	2,58	4,30	2,89	4,07
11	2,79	4,45	2,63	4,27	2,84	4,10
17	2,79	4,41	2,60	4,24	2,83	4,09
24	2,80	4,48	2,56	4,28	2,82	4,09
31	2,78	4,48	2,50	4,26	2,82	4,06

^{a/} - pH values of the raw materials used in the silage processing

^{b/} Acid saltwater fish silage

^{c/} Fermented saltwater fish silage

^{d/} Acid freshwater fish silage

^{e/} Fermented freshwater fish silage

^{f/} Acid tilapia residue silage

^{g/} Fermented tilapia residue silage

Table 3. Composition of the raw material used in the acid and fermented silage.

Residue type	Moisture (%)	Crude Protein (%)	Fat (%)	Ash (%)
SW ^{a/}	72,65	21,24	1,02	2,75
FW ^{b/}	62,97	18,37	12,55	4,18
TR ^{c/}	68,62	13,49	10,85	5,13

^{a/} Saltwater fish

^{b/} Freshwater fish

^{c/} Tilapia residue

Table 4. Values of F, variation coefficients, silage average composition, and respective apparent digestibility coefficient of crude and digestible protein, and dry matter.

Statistics	Parameters						
	Moisture (%)	CP (%)	Fat (%)	Ash (%)	ADC _{CP} (%)	ADC _{DM} (%)	DP (%)
Raw Material (RM)	101,05**	26,20**	703,71**	65,07**	0,35 ^{NS}	2,77 ^{NS}	15,10**
Processing (P)	0,42 ^{NS}	1,52 ^{NS}	26,41**	3,84 ^{NS}	3,71 ^{NS}	1,06 ^{NS}	1,20 ^{NS}
Interaction RM x P	2,79 ^{NS}	0,64 ^{NS}	3,71 ^{NS}	1,63 ^{NS}	0,59 ^{NS}	0,02 ^{NS}	1,24 ^{NS}
VC (%)	1,73	9,35	6,53	9,61	12,13	7,86	12,62
Raw Material	Average						
Saltwater (SW) ^{a/}	66,97 ^a	19,03 ^a	2,02 ^a	3,06 ^a	80,30 ^a	77,31 ^a	15,28 ^a
Freshwater (FW) ^{b/}	62,42 ^b	17,31 ^a	15,83 ^c	4,38 ^b	80,51 ^a	71,73 ^a	13,93 ^a
Tilapia residue (TR) ^{c/}	58,07 ^c	12,82 ^b	13,61 ^b	5,86 ^c	76,41 ^a	69,81 ^a	9,79 ^b
Processing							
Anaerobic fermentation	62,54 ^a	16,83 ^a	11,32 ^a	4,63 ^a	83,43 ^a	74,34 ^a	14,04 ^a
Acid digestion	62,43 ^a	15,94 ^a	9,66 ^b	4,23 ^a	74,71 ^a	71,56 ^a	11,91 ^a

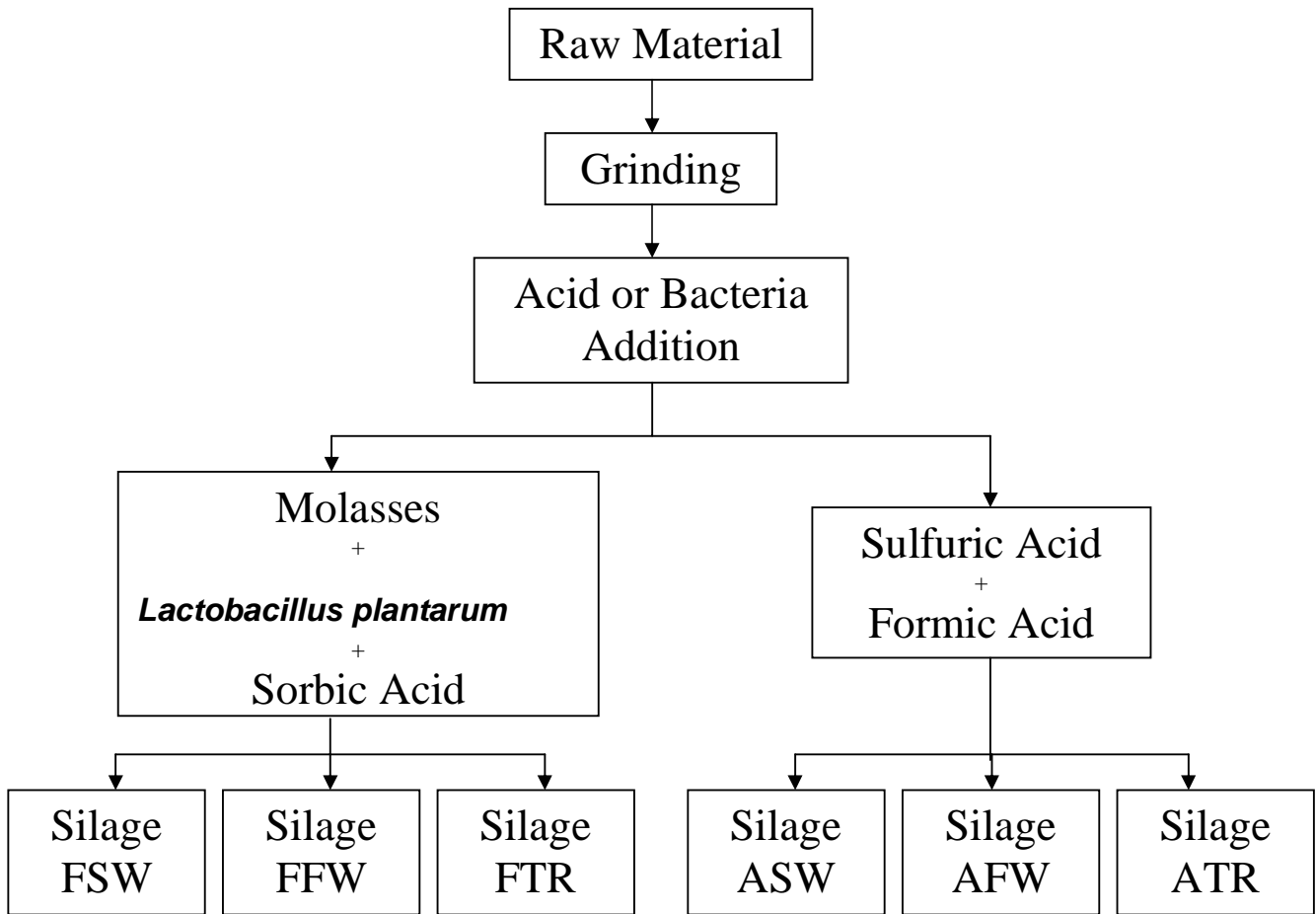
NS – Non significant. * (P<0.05); ** (P<0.01)

^{a/} - Commercial waste of saltwater fish

^{b/} - Commercial waste of freshwater fish

^{c/} - Tilapia filleting residue

Figure 1. Flow chart of fermented and acid silage processing. FSW - fermented saltwater fish; FFW - fermented freshwater fish; FTR - fermented tilapia residue; ASW - acid saltwater fish; AFW - acid freshwater fish; ATR - acid tilapia residue



CAPÍTULO 3

COMPOSIÇÃO EM AMINOÁCIDOS DAS SILAGENS DE PEIXES
PROCESSADAS A PARTIR DE DIFERENTES MATÉRIAS-PRIMAS

Resumo

Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a composição em aminoácidos de vários tipos de silagens produzidas a partir de três matérias-primas, oriundas do descarte da comercialização de peixes marinhos, de água doce; e resíduos da filetagem de tilápias. As silagens foram produzidas por dois processos: por digestão ácida (com 2% de ácido fórmico e 2% de ácido sulfúrico) e por fermentação anaeróbica (com 5% de Lactobacillus plantarum e 15% de melão de cana). Após um período de estocagem, de 30 a 45 dias, as silagens foram secas conjuntamente com dois subprodutos agrícolas, farelo de soja (protéico) ou quirera de arroz (energético), originando, dessa forma, 12 produtos secos. Foram realizadas análises do teor protéico e do perfil de aminoácidos das matérias primas, das silagens e das silagens co-secas. Observou-se que os descartes da comercialização de peixes marinhos apresentaram maiores teores de proteína bruta (77,67%) que os de água doce (49,62%) e os resíduos da filetagem de tilápia (42,99%). Quanto aos aminoácidos essenciais, em relação ao padrão da FAO, observou-se que todos os produtos de silagens e silagens co-secas apresentaram deficiência em, no máximo três aminoácidos para cada produto. No entanto, considerando-se como aminoácidos limitantes apenas os que estiverem 30% abaixo das exigências mínimas dos peixes em geral, esses produtos não foram deficientes em aminoácidos essenciais, mostrando que todos foram potencialmente viáveis para a utilização em dietas balanceadas para peixes.

Introdução

Em países tropicais, grande quantidade da produção de pescado é perdida durante os processos de captura, comercialização e industrialização. Tecnologias de utilização desses resíduos são necessárias e urgentes, como uma maneira de aproveitar estas fontes protéicas, principalmente para alimentação humana. Pesquisas têm sido conduzidas com esse objetivo, mas o caminho mais efetivo para o aproveitamento de resíduos é a sua transformação em produtos para alimentação animal. Os resíduos de peixe, são mais utilizados para a produção de farinha de peixe, e o processamento como a silagem de pescado pode representar uma alternativa viável de utilização desses resíduos para alimentação animal (Disney et al, 1977).

É grande o potencial de utilização de subprodutos pesqueiros como suplemento protéico na aqüicultura. O valor nutritivo de uma dieta balanceada é determinado, principalmente pela sua composição adequada em aminoácidos essenciais. Quando as fontes protéicas são provenientes de vegetais, freqüentemente apresentam deficiências em alguns aminoácidos essenciais. A composição destes ingredientes pode ser melhorada, na formulação de dietas, pela adição de produtos protéicos de pescado, como farinha de peixe, silagens de peixe ou hidrolisados de peixe.

A silagem de peixe é um produto protéico nobre e de alto valor biológico na alimentação animal, que pode ser produzida a partir de peixes mortos, espécies sub-utilizadas na piscicultura, fauna acompanhante de pesca marítima, descartes da comercialização de pescado e resíduos de indústrias de processamentos. Estes são considerados matérias-primas de baixa qualidade e quando não utilizados, causam problemas ao meio ambiente, trazendo prejuízos ecológicos, sanitários e econômicos.

Durante o processamento das silagens, as proteínas são hidrolisadas pelas enzimas naturalmente presentes nos músculos, e o nitrogênio torna-se mais solúvel. A

hidrólise das proteínas em aminoácidos livres torna a silagem uma fonte de aminoácidos mais disponíveis para a biossíntese protéica (Espe et al. 1989).

Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a composição em aminoácidos de seis tipos de silagens úmidas originadas de dois tipos de processamento (ácida e fermentada) e de três matérias-primas, oriundas do descarte da comercialização de peixes marinhos e de água doce; e resíduos da filetagem de tilápias; e dessas silagens co-secas com farelo de soja ou quirera de arroz.

Material e Métodos

Produção das Silagens

Inicialmente, foi conduzido um ensaio para a produção de silagens ácidas e fermentadas, utilizando três tipos de matéria-prima que ainda não haviam entrado em estado de deterioração: (peixes inteiros não aptos ao consumo humano) descartes de peixes marinhos inteiros (AS), de peixes de água doce inteiros (AD), e também resíduos da filetagem de tilápia (RT). Para a produção das silagens fermentadas (F) foi adicionado à matéria prima: 15% de melaço de cana (p/p), 5% de Lactobacillus plantarum (p/p) e 0,25% de ácido sórbico (p/p), usado como antifúngico. Para a produção das silagens ácidas (A), foi adicionado à matéria-prima: 2% de ácido fórmico (p/v) e 2% de ácido sulfúrico (p/v). Essas silagens foram armazenadas, durante 31 dias em temperatura ambiente ($30^{\circ}\text{C} \pm 2$) em baldes de plástico tampados, com capacidade de vinte litros.

Produção das Silagens Co-secas

Para o processo de secagem foi adicionado nas silagens ácidas, 2,5% de carbonato de cálcio, e nas fermentadas, 1,5% do mesmo produto, para aumentar os valores de pH. A essas silagens, adicionou-se quirera de arroz (Ar) ou farelo de soja (Sj)

na proporção de 1:1 (silagem : subproduto agrícola). A secagem conjunta das silagens com os subprodutos agrícolas ocorreu em estufa com circulação de ar forçado, a 60° C, por 24 horas.

Caracterização das Matérias-primas, das Silagens e das Silagens Co-secas

Para as análises da proteína bruta e perfil de aminoácidos, as amostras das matérias-primas e das silagens foram liofilizadas. O teor de proteína bruta das matérias primas das silagens e das silagens co-secas, com as amostras secas, foi determinado pelo método micro-Kjeldahl, segundo metodologia da AOAC (1990).

Amostras do material a ser ensilado, das silagens e das silagens co-secas, foram analisadas quanto ao seu perfil de aminoácidos por cromatografia líquida, em colunas de resina de troca catiónica e derivação pós-coluna com ninidrina, em auto-analisador. Estas análises foram realizadas no Laboratório de Química de Proteínas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto/USP. Para a quantificação dos aminoácidos, as amostras foram hidrolisadas com HCl 6N, por 22 horas a 110°C, de acordo com o método descrito por Moore e Stein (1963). Como o triptofano é destruído na hidrólise ácida, as amostras foram hidrolisadas com hidróxido de lítio 4N, conforme metodologia descrita por Lucas e Sotelo (1980). Todas as análises foram realizadas em duplicata.

Resultados e Discussão

Os resultados observados para os teores protéicos encontrados nas silagens foram menores que os das matérias-primas que os originou (Tabelas 1, 2 e 3) da mesma forma que foi relatado por Morales-Ulloa e Oetterer (1997), que trabalharam com silagens biológicas e silagens químicas enzimáticas. Os teores protéicos das silagens ácidas produzidas a partir de peixes inteiros (69,91 e 44,38%), foram valores maiores que os encontrados nas fermentadas (59,61 e 42,09%), respectivamente (Tabelas 1 e 2).

Nas silagens co-secas com farelo de soja observou-se uma redução do teor protéico em relação a matéria-prima, somente para aquelas produzidas a partir de peixes marinhos. Para as silagens co-secas com quirera de arroz, ocorreu uma redução do teor protéico para todos os produtos (Tabelas 1, 2 e 3), como consequência dos menores teores de proteína bruta deste subproduto agrícola.

A análise do perfil de aminoácidos das silagens, não revelou uma tendência homogênea de aumento ou diminuição dos níveis de aminoácidos em relação a composição das matérias-primas que lhes deram origem. Isto também foi observado nos resultados apresentados por Arason (1994) e Morales-Ulloa e Oetterer (1997).

Comparando-se a composição em aminoácidos das silagens com as matérias-primas (Tabelas 1, 2 e 3) observou-se que houve um aumento nos teores dos aminoácidos histidina, treonina e serina, nos dois tipos de processamento e as três matérias-primas utilizadas. Ocorreu também uma diminuição nos teores dos aminoácidos valina, isoleucina e leucina para todos esses produtos. Essa redução pode ter ocorrido, provavelmente devido à reações entre grupos α aminos e grupos aldeídos dos aminoácidos durante o processo de ensilagem (Johnson et al. 1985). O ácido glutâmico é o aminoácido encontrado em maior concentração para todas as silagens e as silagens co-secas, assim como os encontrados por James et al. (1977) e Morales-Ulloa e Oetterer (1997).

É interessante observar que a secagem das silagens com o farelo de soja e a quirera de arroz, alterou a composição em aminoácidos das mesmas quando comparadas às silagens originais. Os alimentos de origem vegetal são carentes em um ou mais aminoácidos essenciais sendo que as leguminosas em geral são deficientes em metionina e os cereais em lisina (Vieira e Jokl, 1979). Neste estudo as silagens co-secas com farelo de soja, que é deficiente em metionina, tiveram uma diminuição deste

aminoácido (Tabelas 1, 2 e 3) e as silagens co-secas com quirera de arroz, deficiente em lisina, apresentaram os menores teores deste aminoácido. Embora a secagem das silagens com a quirera de arroz tenha reduzido os teores da lisina nos produtos co-secos, ainda assim estes níveis permaneceram próximos aos do padrão da FAO e satisfazem as exigências mínimas para peixes em geral (De Silva e Anderson 1995).

A adição de subprodutos agrícolas para secagem conjunta das silagens promoveu aumento dos teores dos aminoácidos arginina, treonina, serina e tirosina em relação as respectivas matérias-primas. Por outro lado, observou-se uma redução nos aminoácidos lisina, alanina, isoleucina e leucina (Tabelas 1, 2 e 3).

Tomando-se como base o perfil de aminoácidos essenciais de todas as silagens, pode ser observado, que a lisina, histidina, treonina, metionina e fenilalanina + tirosina apresentaram-se em maiores teores, quando comparados ao padrão da FAO/WHO (1985) (Tabela 4). Os aminoácidos essenciais valina e isoleucina estão em deficiência nas silagens ácidas, e o aminoácido arginina, nas silagens fermentadas, tomando-se como referência o padrão da FAO/WHO (1985). Entretanto, o triptofano só não foi deficiente para a silagem ácida produzida com peixes inteiros de água doce.

Para avaliar o valor nutritivo da proteína de um ingrediente tem sido utilizado um parâmetro denominado “escore químico” o qual estabelece uma comparação entre o teor de cada aminoácido essencial da proteína teste com o teor do aminoácido correspondente de uma proteína padrão (Sgarbieri, 1987). Neste estudo, o escore químico de cada produto foi calculado tomando-se como referência o padrão da FAO/WHO (1985). Observou-se que as silagens úmidas fermentadas apresentaram como aminoácido mais limitante (menor escore químico), a arginina. Para as silagens ácidas, com exceção da elaborada com peixes inteiros de água doce, o aminoácido mais limitante foi o triptofano.

A análise do escore químico das silagens co-secas mostrou que para as co-secas com quirera de arroz, o aminoácido triptofano é limitante na maioria dos produtos. Existem indicações de que o triptofano seja instável em condições ácidas, e desta forma, é aparentemente o primeiro aminoácido limitante na silagem de peixe (Arason 1994). Por outro lado, as silagens co-secas com farelo de soja tiveram, como aminoácido limitante, a metionina.

Segundo Stron e Eggum (1981) os níveis de lisina, cistina e metionina são os mais importantes, do ponto de vista nutricional, para os peixes. Dentre esses aminoácidos, neste trabalho somente a metionina apresentou-se deficiente, em relação ao padrão da FAO/WHO (1985), para um maior número de produtos co-secos. No entanto, considerando-se como aminoácidos limitantes apenas os que estiverem 30% abaixo das exigências mínimas dos peixes, conforme Tacon (1994), as silagens não apresentaram deficiência em nenhum dos aminoácidos essenciais.

Os resultados deste estudo indicaram que, as silagens úmidas e as silagens co-secas apresentaram pequenas deficiências de alguns aminoácidos essenciais, que no entanto, não comprometem o valor nutricional das mesmas, principalmente se as considerarmos como ingredientes para a elaboração de dietas balanceadas.

Agradecimentos

A FAPESP, Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo, pelo apoio financeiro concedido, viabilizando a execução deste trabalho. Ao CAUNESP, Centro de Aqüicultura da Universidade Estadual Paulista, onde foram executados os ensaios.

Referências

- A.O.A.C. 1990. Official methods of analysis. Washington D. C., Association of Official Agricultural Chemists.
- Arason, S. 1994. Production of fish silage. Páginas 245-245. In: Martin, A. M. Fisheries Processing. Ed. Chapman and Hall. London, UK.
- De Silva, S. S. e Anderson T. A. 1995. Fish Nutrition in Aquaculture. 317 páginas. Ed. Chapman and Hall. London, UK.
- Disney, G. J., I. N. Tatterson e J. Ollen. 1977. Recent development in fish silage. In: Conference on the Handling Processing and Marketing of Tropical Fish, London , 1976. Proceedings. London Tropical Products Institute. 321-340.
- Espe, M., J. Raa and L. R. Njaa. 1989. Nutritional value of stored fish silage as a protein source for young rats. Journal of Science Food and Agriculture. 49::259-270.
- FAO/WHO/UNU. 1985. Energy and protein requirements. Report of Joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation Technical Report. Geneve: FAO/WHO and the United Nations University. (Series, 724).
- Johnson, R. J., N. Brown, P. Eason e J. Sumner. 1985. The nutritional quality of two types of fish silage fro broiler Chickens. Journal of the Science of food and Agriculture. 36(11):9-12.
- James, M. A., K. M. Iyer e M. R. Nair. 1977. Comparative study of fish silage prepared by microbial fermentation and formic acid ensilage. In: Conference on the Handling Processing and Marketing of Tropical Fish, London. Proceedings. London Tropical Products Institute. 273-275.
- Lucas, B. e A. Sotelo. 1980. Effect of different Alkalies, temperature, and hydrolysis and of food. Analytical Biochemistry. Orlando. 109:193-197.

- Moore, I. e W. H. Stein. 1963. Chromatographic determination of amino acids by use of automatic recording equipment. *Methods in Enzymology*, N. Y.: Academic Press. 6:819-831.
- Morales-Ulloa, D. F. and M. Oetterer. 1997. Composição em aminoácidos de silagens químicas, biológicas e enzimáticas preparadas com resíduos de sardinha. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. Campinas. 17(3):252-258.
- Vieira, E. C. e L. Jokl. 1979. Nutrição. Pages 191-242 in E. C. Vieira, G. Gazzinelli and M. Mares-Guia, eds. *Química Fisiológica*. São Paulo, Brazil.
- Sgarbieri, V. C. 1987. Alimentação e Nutrição: fator de saúde e desenvolvimento. 387 p. Ed. UNICAMP, Campinas, São Paulo, Brazil.
- Strom, T. e B. O. Eggum. 1986. Nutritional value of fish viscera silage. *Journal of the Science of food and Agriculture*. 32:115-120.
- Tacon, G. J. 1994. Feed ingredients for carnivorous fish species alternatives to fishmeal and other fishery resources. *FAO Fisheries Circular*. Roma. 881: 35 p.

Tabela 1: Composição em aminoácidos (g/100g de PB) e teores de proteína bruta dos descartes da comercialização de peixes marinhos e seus respectivos produtos.

Aminoácidos	AS ^{1/}	ASF ^{2/}	ASA ^{3/}	ASF-Sj ^{4/}	ASF-Ar ^{5/}	ASA-Sj ^{6/}	ASA-Ar ^{7/}
Triptofano	0,79	0,65	0,66	1,62	0,68	1,40	0,93
Lisina	10,12	9,16	7,90	6,68	5,85	5,42	6,27
Histidina	5,24	5,85	5,70	3,17	2693	1,80	3,97
Arginina	3,03	2,19	6,11	6,14	3,92	6,76	6,36
Ac. Aspártico	9,05	10,79	7,83	11,59	10,61	11,72	10,88
Treonina	2,85	4,97	4,58	4,19	4,27	4,06	4,29
Serina	2,71	3,23	4,49	5,26	4,36	5,45	4,77
Ac. Glutâmico	13,57	14,45	14,04	17,66	16,62	18,68	16,48
Prolina	3,19	3,66	5,74	4,94	4,65	5,22	4,94
Glicina	6,49	5,87	8,17	5,03	6,67	5,17	6,42
Alanina	8,60	7,41	7,39	4,81	6,90	5,19	6,09
^{1/2} Cistina	0,81	0,69	1,54	1,17	1,52	1,37	1,44
Valina	6,42	5,77	4,16	4,08	6,27	4,37	5,03
Metionina	6,88	6,03	3,75	3,19	5,41	2,77	4,82
Isoleucina	5,31	5,05	3,10	3,82	4,30	3,56	2,88
Leucina	9,16	8,00	7,33	8,17	7,55	7,95	6,63
Tirosina	1,78	1,90	3,45	3,82	3,32	4,08	3,43
Fenilalanina	3,99	4,32	4,08	4,66	4,18	5,03	4,36
PB (%)	77,67	59,61	69,91	54,62	23,24	56,83	23,23

^{1/} Descarte da comercialização de peixe marinho

^{2/} Silagem de peixe marinho fermentada

^{3/} Silagem de peixe marinho ácida

^{4/} Silagem de peixe marinho fermentada e co-seca com farelo de soja

^{5/} Silagem de peixe marinho fermentada e co-seca com quirera de arroz

^{6/} Silagem de peixe marinho ácida e co-seca com farelo de soja

^{7/} Silagem de peixe marinho ácida e co-seca com quirera de arroz

Tabela 2: Composição em aminoácidos (g/100g de PB) e teores de proteína bruta dos descartes da comercialização de peixes de água doce e seus respectivos produtos.

Aminoácidos	AD ^{1/}	ADF ^{2/}	ADA ^{3/}	ADF-Sj ^{4/}	ADF-Ar ^{5/}	ADA-Sj ^{6/}	ADA-Ar ^{7/}
Triptofano	0,97	0,87	1,34	1,60	0,68	0,95	0,71
Lisina	7,48	9,92	9,09	6,84	7,30	5,84	7,35
Histidina	2,65	3,08	2,75	2,31	3,33	2,13	1,73
Arginina	3,62	1,80	7,72	7,20	6,26	6,57	7,44
Ac. Aspártico	10,17	9,62	6,20	10,91	9,14	12,06	9,74
Treonina	3,18	5,12	5,28	4,22	3,92	4,28	4,32
Serina	3,39	3,52	5,53	4,66	3,97	5,54	5,03
Ac. Glutâmico	16,18	13,83	9,26	17,22	14,06	19,66	15,61
Prolina	4,37	5,57	7,78	6,10	7,76	5,11	4,95
Glicina	6,20	6,32	11,55	4,30	7,36	5,41	7,89
Alanina	9,27	8,12	6,00	4,66	7,03	4,81	6,40
^{1/2} Cistina	0,97	1,03	0,63	1,28	2,17	1,27	1,44
Valina	5,95	5,83	3,92	4,69	5,96	4,10	4,96
Metionina	3,19	4,97	5,31	1,45	2,16	2,64	4,98
Isoleucina	5,38	5,00	3,10	4,98	3,72	3,95	3,50
Leucina	9,61	9,31	7,57	8,11	7,49	7,40	6,78
Tirosina	2,40	2,02	2,73	4,35	3,12	3,49	3,15
Fenilalanina	5,02	4,07	4,26	5,11	4,56	4,78	4,02
PB (%)	49,62	42,09	44,38	54,62	23,24	46,01	20,31

^{1/} Descarte da comercialização de peixe de água doce

^{2/} Silagem de peixe de água doce fermentada

^{3/} Silagem de peixe de água doce ácida

^{4/} Silagem de peixe de água doce fermentada e co-seca com farelo de soja

^{5/} Silagem de peixe de água doce fermentada e co-seca com quirera de arroz

^{6/} Silagem de peixe de água doce ácida e co-seca com farelo de soja

^{7/} Silagem de peixe de água doce ácida e co-seca com quirera de arroz

Tabela 3: Composição em aminoácidos (g/100g de PB) e teores de proteína bruta dos resíduos da filetagem de tilápia e seus respectivos produtos.

Aminoácidos	RT ^{1/}	RTF ^{2/}	RTA ^{3/}	RTF-Sj ^{4/}	RTF-Ar ^{5/}	RTA-Sj ^{6/}	RTA-Ar ^{7/}
Triptofano	0,52	0,61	0,43	0,81	0,87	1,59	0,84
Lisina	9,75	5,94	6,77	5,96	4,88	6,53	6,36
Histidina	2,02	2,52	2,20	2,98	2,06	2,27	1,98
Arginina	2,46	2,49	7,27	6,86	6,41	7,60	6,97
Ac. Aspártico	10,16	11,79	8,98	10,89	9,85	12,00	10,35
Treonina	2,76	4,68	4,72	4,65	3,95	4,28	4,64
Serina	2,04	3,72	5,11	5,11	4,64	5,55	4,99
Ac. Glutâmico	13,88	14,76	13,10	17,07	15,25	18,54	15,74
Prolina	7,75	7,22	5,94	4,98	6,84	5,27	5,73
Glicina	7,50	9,22	12,32	4,86	8,19	6,05	9,79
Alanina	8,81	8,92	7,63	484	7,24	4,91	6,91
^{1/2} Cistina	1,40	0,86	1,34	1,63	1,22	0,97	1,00
Valina	6,62	5,06	4,31	4,75	4,74	3,53	4,27
Metionina	2,80	5,54	5,37	1,77	3,90	2,95	3,95
Isoleucina	6,24	4,63	2,51	4,15	4,27	3,04	3,03
Leucina	10,32	6,72	6,23	8,18	7,71	6,92	6,73
Tirosina	1,22	1,70	2,43	4,59	3,39	3,29	2,82
Fenilalanina	3,76	3,63	3,35	5,91	4,58	4,70	3,92
PB (%)	42,99	35,84	39,59	42,17	16,92	46,55	17,77

^{1/} Resíduo da filetagem de tilápia

^{2/} Silagem de resíduo de tilápia fermentada

^{3/} Silagem de resíduo de tilápia ácida

^{4/} Silagem de resíduo de tilápia fermentada e co-seca com farelo de soja

^{5/} Silagem de resíduo de tilápia fermentada e co-seca com quirera de arroz

^{6/} Silagem de resíduo de tilápia ácida e co-seca com farelo de soja

^{7/} Silagem de resíduo de tilápia ácida e co-seca com quirera de arroz

Tabela 4: Aminoácidos essenciais (g/100g de PB) das silagens ácidas e fermentadas comparados e com o padrão da FAO/WHO (1985).

Aminoácidos	ASF	ASA	ADF	ADA	RTF	RTA	FAO ^{1/}
Triptofano	0,65 (0,65) ^{2/}	0,66 (0,66)	0,87 (0,87)	1,34 (1,34)	0,61 (0,61)	0,43 (0,43)	1,00
Lisina	9,16 (1,66)	7,90 (1,44)	9,92 (1,80)	9,09 (1,65)	5,94 (1,08)	6,77 (1,28)	5,50
Histidina	5,85 (2,92)	5,70 (2,85)	3,08 (1,54)	2,75 (1,37)	2,52 (1,26)	2,20 (1,10)	2,00
Arginina	2,19 (0,44)	6,11 (1,22)	1,80 (0,36)	7,72 (1,54)	2,49 (0,50)	7,27 (1,45)	5,00
Treonina	4,97 (1,24)	4,58 (1,14)	5,12 (1,28)	5,28 (1,32)	4,68 (1,17)	4,72 (1,18)	4,00
Valina	5,77 (1,15)	4,16 (0,83)	5,83 (1,17)	3,92 (0,78)	5,06 (1,01)	4,31 (0,86)	5,00
Metionina	6,03 (1,72)	3,75 (1,07)	4,97 (1,42)	5,31 (1,52)	5,54 (1,58)	5,37 (1,53)	3,50
Isoleucina	5,05 (1,26)	3,10 (0,78)	5,00 (1,25)	3,10 (0,77)	4,63 (1,16)	2,51 (0,63)	4,00
Leucina	8,00 (1,14)	7,33 (1,05)	9,31 (1,33)	7,57 (1,08)	6,72 (0,96)	6,23 (0,89)	7,00
Fenilalanina + Tirosina	6,22 (1,45)	7,53 (1,76)	6,09 (1,42)	6,99 (1,63)	5,33 (1,24)	5,78 (1,35)	4,29

^{1/} Padrões da FAO/WHO (1985)

^{2/} Escore químico = (g de aminoácido /100g proteína teste)/ (g de aminoácido /100g proteína padrão)

Tabela 5: Aminoácidos essenciais (g/100g de PB) das silagens ácidas, fermentadas e co-secas com farelo de soja comparados com o padrão da FAO/WHO (1985).

Aminoácidos	ASF - Sj	ASA - Sj	ADF - Sj	ADA - Sj	RTF - Sj	RTA - Sj	FAO ^{1/}
Triptofano	1,62 (1,62) ^{2/}	1,40 (1,40)	1,60 (1,60)	0,95 (0,95)	0,81 (0,81)	1,59 (1,59)	1,00
Lisina	6,68 (1,21)	5,42 (0,98)	6,84 (1,24)	5,84 (1,06)	5,96 (1,08)	6,53 (1,19)	5,50
Histidina	3,17 (1,59)	1,80 (0,90)	2,31 (1,16)	2,13 (1,07)	2,98 (1,49)	2,27 (1,14)	2,00
Arginina	6,14 (1,23)	6,76 (1,35)	7,20 (1,44)	6,57 (1,31)	6,86 (1,37)	7,60 (1,52)	5,00
Treonina	4,19 (1,05)	4,06 (1,01)	4,22 (1,06)	4,28 (1,07)	4,65 (1,16)	4,28 (1,07)	4,00
Valina	4,08 (0,82)	4,37 (0,87)	4,69 (0,94)	4,10 (0,82)	4,75 (0,95)	3,53 (0,71)	5,00
Metionina	3,19 (0,91)	2,77 (0,79)	1,45 (0,41)	2,64 (0,75)	1,77 (0,51)	2,95 (0,84)	3,50
Isoleucina	3,82 (0,96)	3,56 (0,89)	4,98 (1,25)	3,95 (0,99)	4,15 (1,04)	3,04 (0,76)	4,00
Leucina	8,17 (1,17)	7,95 (1,13)	8,11 (1,16)	7,40 (1,06)	8,18 (1,17)	6,92 (0,99)	7,00
Fenilalanina + Tirosina	8,48 (1,98)	9,11 (2,12)	9,46 (2,21)	8,27 (1,93)	10,50 (2,45)	7,99 (1,86)	4,29

^{1/} Padrões da FAO/WHO (1985)

^{2/} Escore químico = (g de aminoácido /100g proteína teste)/ (g de aminoácido /100g proteína padrão)

Tabela 6: Aminoácidos essenciais (g/100g de PB) das silagens ácidas, fermentadas e co-secas com quirera de arroz e comparados com o padrão da FAO/WHO (1985).

Aminoácidos	ASF - Ar	ASA - Ar	ADF - Ar	ADA - Ar	RTF - Ar	RTA - Ar	FAO ^{1/}
Triptofano	0,68 (0,68) ^{2/}	0,93 (0,93)	0,68 (0,68)	0,71 (0,71)	0,87 (0,87)	0,84 (0,84)	1,00
Lisina	5,85 (1,06)	6,27 (1,14)	7,30 (1,33)	7,35 (1,34)	4,88 (0,89)	6,36 (1,16)	5,50
Histidina	2,93 (1,47)	3,97 (1,99)	3,33 (1,67)	1,73 (0,87)	2,06 (1,03)	1,98 (0,99)	2,00
Arginina	3,92 (0,78)	6,36 (1,27)	6,26 (1,25)	7,44 (1,49)	6,41 (1,28)	6,97 (1,39)	5,00
Treonina	4,27 (1,07)	4,29 (1,07)	3,92 (1,07)	4,32 (1,08)	3,96 (0,99)	4,64 (1,16)	4,00
Valina	6,27 (1,25)	5,03 (1,01)	5,96 (0,82)	4,96 (0,82)	4,74 (0,95)	4,27 (0,95)	5,00
Metionina	5,41 (1,55)	4,82 (1,38)	2,16 (0,75)	4,98 (1,42)	3,90 (1,11)	3,95 (1,13)	3,50
Isoleucina	4,30 (1,08)	2,88 (0,72)	3,72 (0,99)	3,50 (0,88)	4,27 (1,07)	3,03 (0,76)	4,00
Leucina	7,55 (1,08)	6,63 (0,95)	7,49 (1,06)	6,78 (0,97)	7,71 (1,10)	6,73 (0,96)	7,00
Fenilalanina.+ Tirosina	7,50 (1,75)	7,79 (1,82)	7,68 (1,93)	7,17 (1,67)	7,97 (1,86)	6,74 (1,57)	4,29

^{1/} Padrões da FAO/WHO (1985)

^{2/} Escore químico = (g de aminoácido /100g proteína teste)/ (g de aminoácido /100g proteína padrão).

CAPÍTULO 4

SUBSTITUIÇÃO DA FARINHA DE PEIXE POR SILAGENS CO-SECAS DE
RESÍDUOS DE PEIXE NA DIETA DO PACU, Piaractus mesopotamicus
(HOLMBERG, 1887)

Resumo

A farinha de peixe tem sido a fonte de proteína de origem animal mais utilizada na alimentação de peixes, mesmo sendo de produção sazonal e de alto custo. Este trabalho teve como objetivo, estudar a utilização de silagens de peixe co-secas, como fontes alternativas de proteína de origem animal, aproveitando resíduos gerados na produção aquícola. As dietas não apresentaram diferenças significativas ($P>0.05$), sobre os valores médios de ganho em peso, consumo de ração, conversão alimentar aparente, taxa de eficiência protéica e taxa de crescimento específico. No entanto, os coeficientes de digestibilidade aparente da fração protéica e a eficiência de retenção de proteína apresentados pelas dietas contendo silagens de peixe co-secas com subprodutos agrícolas (farelo de soja ou quirera de arroz) apresentaram-se melhores que os observados no controle, contendo farinha de peixe como única fonte protéica de origem animal. Os resultados indicaram que todos os produtos de silagens foram eficientes para substituir a farinha de peixe na formulação de dietas práticas para o pacu.

Palavras chave: Piaractus mesopotamicus, silagens, resíduos de pescado

Introdução

A farinha de peixe é a fonte de proteína de origem animal comumente utilizada em dietas balanceadas para peixes porém, no Brasil, tem produção sazonal e apresentam uma grande variabilidade na sua composição, além do alto custo. Na busca de fontes alternativas para substituir a farinha de peixe encontra-se a silagem de peixe, que é um produto liqüefeito obtido a partir de peixe inteiro, impróprio para o consumo humano ou de resíduos do beneficiamento do pescado.

A silagem de pescado apresenta inúmeras vantagens em relação à farinha de peixe. É obtida a partir de um processo simples e acessível à produção em pequena escala; não exige mão de obra especializada; não envolve altos custos com energia e nem com equipamentos, pois necessita apenas de um triturador, agitador e recipientes plásticos. O produto não atrai insetos, como moscas, em função dos odores ácidos exalados e nem apresenta problemas em relação a alguns patógenos, como Salmonellas (Nunes, 1999)

Como a silagem de peixe é um produto líquido, para facilitar a sua inclusão nas dietas de peixes, promove-se uma secagem conjunta com alguns subprodutos agrícolas que normalmente são empregados na alimentação animal.

Existem na literatura vários estudos com silagens fermentadas de peixe ou resíduos de camarão, co-secas com ingredientes protéicos de origem vegetal ou animal. Essas silagens co-secas foram utilizadas em dietas secas balanceadas para o bagre africano (Clarias gariepinus) e para a tilápia do Nilo (Oreochromis niloticus), com diferentes níveis de inclusão ou como única fonte protéica. De acordo com resultados obtidos, estes produtos mostraram ser viáveis tanto para crescimento das espécies estudadas, como economicamente (Fagbenro, 1994; Fagbenro et al, 1994, 1995, 1997).

Este trabalho teve como objetivo estudar a utilização de silagens co-secas com ingredientes protéico ou energético, para substituir a farinha de peixe em dietas balanceadas para o crescimento de alevinos de pacu (Piaractus mesopotamicus).

Materiais e Métodos

O presente trabalho foi realizado no Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos do Centro de Aqüicultura da UNESP, "Campus" de Jaboticabal – SP, através de ensaios de digestibilidade protéica e de crescimento de alevinos de pacu alimentados com dietas balanceadas contendo silagens de peixes co-secas com alimentos protéico ou energético, em comparação com uma dieta controle, contendo farinha de peixe como fonte de proteína de origem animal.

Produção das silagens co-secas

As silagens foram produzidas à partir de três tipos de resíduos: 1) descartes da comercialização de peixes marinhos inteiros (AS); 2) descartes da comercialização de peixes de água doce inteiros (AD) e 3) resíduos da filetagem de tilápias (RT). Para a produção das silagens ácidas (A) foram adicionados aos resíduos moídos, 2% de ácido fórmico e 2% de ácido sulfúrico. Para a obtenção das silagens fermentadas (F) adicionou-se de 5% de Lactobacillus plantarum, 15% de melaço de cana de açúcar e 0,25% de ácido sórbico. Essas silagens foram misturadas e armazenadas em baldes de plástico com capacidade para 20 L. Após 30 dias de armazenamento, as silagens foram co-secas com farelo de soja (Sj) ou com quireira de arroz (Ar) na proporção de 1:1 em estufa com circulação de ar forçado por 20 horas a 60° C, resultando assim em 12 produtos.

Dietas experimentais

Foram elaboradas 12 dietas experimentais, nas quais a única fonte de proteína de origem animal foi a silagem de peixe co-seca, e uma dieta controle contendo farinha de peixe (Tabela 1). As dietas foram formuladas contendo 26% de PB e 4200 Kcal/Kg de ração e ainda, metade desse teor protéico originário dos produtos de origem animal (farinha de peixe) ou das silagens co-secas com farelo de soja. As dietas elaboradas com os produtos co-secos com quirera de arroz, pelo seu teor protéico mais baixo participaram com $\frac{1}{4}$ do total protéico das dietas.

Ensaio de crescimento

Foram utilizados 234 alevinos de pacu com peso médio inicial de $7,96g \pm 0.70$ gramas, provenientes de uma reprodução induzida realizada em uma piscicultura comercial. Os peixes passaram por um período pré-experimental de 30 dias para adaptação aos aquários e à alimentação artificial, recebendo uma ração extrusada comercial.

O arraçoamento foi realizado à vontade, duas vezes ao dia, no final da manhã e no final da tarde. A distribuição de ração foi realizada repetidamente, de forma que cada uma das parcelas recebesse uma pequena quantia observando-se o consumo, de maneira que não houvesse sobras. O consumo de ração foi determinado pela diferença entre a quantidade inicial e a final de ração estocada para cada parcela, durante o período experimental.

Os peixes foram mantidos por um período de 90 dias, em 39 caixas de polietileno com capacidade para 120L, com abastecimento individual e contínuo com água proveniente de poço artesiano (taxa de renovação de aproximadamente 10 vezes ao dia).

Todos os aquários tiveram a temperatura da água aferida diariamente, no final da tarde. Durante o período experimental, amostras de água foram coletadas a cada quinze dias, entre 8:00 e 9:00 horas, para análises de pH usando um peagômetro, da concentração de oxigênio dissolvido (mg/L), utilizando-se um oxímetro, da condutividade elétrica ($\mu\text{s}/\text{cm}$), com um condutivímetro, e da alcalinidade total (mg/L), por titulação potenciométrica, como recomendado por Golterman et al. (1978).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com treze tratamentos (dietas experimentais), três repetições e seis alevinos por parcela. As avaliações estatísticas dos resultados deste experimento foram realizadas através das análises de variância pelo teste F e a comparação de médias pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade (Banzatto e Kronka 1995).

Para as avaliações de ganho em peso (GP), os peixes foram anestesiados com benzocaína (1g/20L de água) e pesados, individualmente, em balança eletrônica digital, no início do período experimental, e depois com 30, 60 e 90 dias (final do período experimental).

A conversão alimentar aparente (CAA) foi calculada pela relação entre as médias de consumo de ração e de ganho em peso de cada parcela, durante o período experimental.

A taxa de eficiência protéica (TEP) foi calculada pela relação entre as médias de ganho em peso e o consumo de proteína bruta da dieta em cada parcela, durante o período experimental.

A taxa de crescimento específico foi determinada pela fórmula:

$$\text{TCE} = \frac{\ln(\text{peso total final}) - \ln(\text{peso total inicial})}{\text{tempo de experimento (dias)}} \times 100$$

Com o intuito de verificar a eficiência de utilização dos fatores nutricionais dos alimentos, foram sacrificados 15 alevinos de uma amostra tomada no início do ensaio de crescimento e quatro peixes de cada parcela, no final do período experimental. Antes dos peixes serem sacrificados, permaneceram em jejum por dois dias para o esvaziamento gástrico. Após este período foram anestesiados, sacrificados e congelados para análises posteriores.

As amostras de peixes de cada parcela foram moídas e secas a 105° C, por 16 horas, para serem usadas nas análises de matéria seca, proteína bruta, lipídios e cinzas (AOAC, 1990). Esses dados foram utilizados para a determinação do valor produtivo protéico (VPP) usando a seguinte fórmula:

$$\text{VPP (\%)} = \frac{\text{PB}_{\text{corporal final}} - \text{PB}_{\text{corporal inicial}}}{\text{PB}_{\text{ingerida}}} \times 100$$

Ensaio de digestibilidade protéica

Para o ensaio de digestibilidade protéica das dietas experimentais, foram utilizados 360 juvenis de pacu com peso médio de 146g, mantidos em 18 caixas de cimento amianto com capacidade de 500L. Foram elaboradas 13 dietas-teste de mesma formulação que as dietas experimentais, a não ser pela concentração de suplemento mineral e vitamínico (0,5%) e a inclusão de óxido de cromo (0,5%), usado como marcador inerte. Seis dietas-teste foram fornecidas à vontade, duas vezes ao dia, por um período de cinco dias, antes de iniciar-se a coleta das fezes, realizada por extrusão manual, e repetida por três vezes em dias alternados. Esse procedimento foi repetido duas vezes com outras dietas-teste, e uma vez mais com uma última, utilizando três caixas para cada tratamento, de forma que as 13 dietas fossem avaliadas. Para a coleta de fezes, os alevinos foram anestesiados com benzocaína, na proporção de 1g para cada 20L de água.

O níveis de proteína bruta e de óxido de cromo das fezes e das dietas experimentais foram analisados pelos métodos de micro-Kjeldahl, e de digestão ácida segundo Furukawa et al. (1966), respectivamente. Os coeficientes de digestibilidade aparente da fração protéica das dietas foram estimados, segundo Nose (1960), pela seguinte equação:

$$CDA_{PB} = 100 - 100 \times \left(\frac{\% \text{ oxido de cromo dieta}}{\% \text{ oxido de cromo fezes}} \times \frac{\% \text{ PB nas fezes}}{\% \text{ PB na dieta}} \right)$$

Resultados e Discussão

A temperatura média da água dos aquários durante o período experimental variou de 26 a 30° C. Estes valores estão dentro da faixa de conforto térmico para o crescimento de alevinos de pacu conforme relatado por Torloni et al. (1984) e Carneiro (1990).

Os valores médios dos parâmetros químicos da água não apresentaram grandes variações durante o período experimental, indicando que os cuidados com abastecimento e escoamento da água, realmente evitaram alterações na sua qualidade. Concentrações de oxigênio dissolvido consideradas ideais para a criação de peixes (acima de 4 mg/L) foram observadas na água dos tanques experimentais variando de 5,9 a 6,5 mg de O₂D/L.

A condutividade elétrica apresentou grandes variações, sendo o menor valor obtido de 188 µs/cm e o maior de 209 µs/cm. Essas variações provavelmente estão relacionadas com a quantidade de sal adicionada à água (para diminuir o stress e prevenir a manifestação de parasitas) durante o manejo experimental, uma vez que quanto maior a salinidade, maior a condutividade (Boyd, 1997). Os valores de pH e alcalinidade, apresentaram variações mínimas (7,93 a 8,33 e 84,66 a 93,96 mg/L;

respectivamente), permanecendo dentro da faixa recomendada para o bom desenvolvimento dos peixes.

A Tabela 2 apresenta o perfil de aminoácidos essenciais das treze dietas experimentais comparados aos valores estimados para a exigência de aminoácidos do pacu segundo Padua (1996). Pode-se observar que todas as dietas apresentaram teores de aminoácidos essenciais maiores que os exigidos pelo pacu, a não ser do triptofano, para o qual não foi realizada a estimativa de exigência. Observou-se que, nem mesmo a utilização de um produto energético na co-secagem de algumas silagens (quirera de arroz) ou a conseqüente diminuição da proporção da proteína de origem animal nessas rações (para $\frac{1}{4}$ do total protéico) conseguiram decrescer substancialmente os teores desses aminoácidos.

Desempenho de produção dos peixes

Os resultados do desempenho de produção dos alevinos de pacu, foi avaliado através da determinação de ganho de peso (GP), consumo de ração (CR), conversão alimentar (CAA), taxa de eficiência protéica (TEP) e taxa de crescimento específico (TCE), são apresentados na Tabela 3. O valor biológico das dietas experimentais também tem os seus resultados apresentados nesta tabela, através dos coeficientes de digestibilidade aparente da proteína das dietas (CDA_{PB}) e do valor produtivo protéico (VPP).

Os tratamentos não tiveram efeito ($P>0,05$) para as variáveis de GP, CR, CAA, TEP e TCE. Notou-se também que as fontes protéicas estudadas não interferiram no consumo de ração. Ressalta-se o cuidado das rações terem sido formuladas para conter o mesmo nível de energia que segundo Carneiro (1990), é um dos fatores que podem limitar o consumo alimentar dessa espécie.

Embora os valores para ganho em peso dos alevinos de pacu não tenham apresentado diferenças ($P>0,05$), esses podem ser considerados satisfatórios para o crescimento da espécie em laboratório, variando de 30,33 a 37,20g para um período de 90 dias. Esses resultados foram maiores que os valores encontrados para alevinos de pacu relatados por Fernandes et al. (2000), os quais variaram de 29,02 a 36,57g em 100 dias, no estudo em que foram utilizadas diferentes fontes protéicas e níveis de proteína bruta.

Os resultados de conversão alimentar aparente (1,24 a 1,60) foram ligeiramente superiores aqueles encontrados por Fernandes et al. (2000) (1,23 a 1,44) para a mesma espécie. Fagbenro et al. (1995) também observaram níveis semelhantes para desempenho de alevinos de bagre africano, alimentados com dietas contendo silagens de peixe co-secas com diferentes fontes protéicas (animal ou vegetal). Entretanto, esses valores foram menores que os resultados obtidos por Fagbenro (1994) para o crescimento da tilápia nilótica alimentada com dietas contendo silagens co-secas com fontes protéicas animal (1,70 a 1,77).

As taxas de crescimento específico (1,29 a 1,47%) e as de eficiência protéica (1,99 a 2,61%) foram menores que aquelas encontradas por Fernandes et al. (2000) para a espécie estudada. Por outro lado, os resultados da TEP foram mais altos quando comparados com trutas arco-íris, alimentadas com dietas contendo diferentes silagens de peixe (1,28 a 1,73%) (Stone et al., 1989). Com relação aos resultados encontrados para o bagre africano por Fagbenro et al. (1995), os valores aqui relatados foram superiores para a TEP (1,06 a 1,71%) e semelhantes para a TCE (2,28 a 2,59).

Os coeficientes de digestibilidade aparente da fração protéica (CDA_{PB}) somente apresentaram diferenças significativas entre as médias da dieta D_{RTA-Ar} (91,63%) e as dietas D_{ASF-Sj} e D_{ADA-Sj} , que tiveram os menores valores 75,80 e 75,35%,

respectivamente. Porém, todas as dietas apresentaram um coeficiente de digestibilidade aparente satisfatório (acima de 75%) e semelhante aos encontrados por Fagbenro et al. (1995) para o bagre africano, que variaram de 79,4 à 87,2%. Fagebenro et al. (1997) encontraram valores muito semelhantes para os coeficientes de digestibilidade aparente da proteína (de 76,2 a 90,8%), para alevinos de bagre africano alimentados com dietas contendo silagens de resíduos de camarão co-secas com produtos de origem animal.

O maior valor produtivo protéico (34,51%), obtido com a dieta D_{RTA-Ar} , somente diferiu, estatisticamente das dietas D_{FP} , D_{ASF-Sj} , D_{ASA-SJ} , D_{ADF-Ar} , D_{ADA-Sj} , D_{RTF-Sj} e D_{RTF-Sj} foram ainda menores que as médias encontradas por Fagbenro (1994), para alevinos de tilápia do Nilo, alimentadas com dietas contendo silagens de peixe co-secas (fontes protéicas de origem animal) e também, são inferiores aos valores obtidos com o bagre africano alimentados com dietas contendo silagens de peixe co-secas (fontes de origem vegetal e animal) relatados por Fagbenro et al. (1995).

Com base nos resultados deste estudo podemos concluir que todas as silagens de peixe co-secas apresentaram grande potencial para a substituição da farinha de peixe em dietas práticas sem prejuízo para o crescimento do pacu (*Piaractus mesopotamicus*). Principalmente considerando que essas silagens são produtos de fácil processamento e disponibilizam uma fonte de proteína de origem animal, pois aproveitam os resíduos gerados na produção aquícola, que são poluentes quando depositados em lixões urbanos ou enterrados na propriedade. Além disso, podem trazer um benefício econômico adicional aumentando o valor nutricional e diminuindo o custo de produção dessas dietas.

Agradecimentos

À FAPESP, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, pelo apoio financeiro concedido, viabilizando a execução deste trabalho. Ao CAUNESP, Centro de Aqüicultura da Universidade Estadual Paulista, onde foram executados os ensaios deste trabalho.

Referências

- A.O.A.C. 1990. Official methods of analysis. Washington D. C., Association of Official Agricultural Chemists.
- Banzato, D. A., e Kronka S.N. 1995. Experimentação agrícola. FUNEP Press. Inc., Jaboticabal. São Paulo, Brasil.
- Boyd, C. T. 1997. 55 paginas. Manejo do solo e da qualidade da água em viveiros para aqüicultura. Auburn University, Alabama.
- Carneiro, D. J. 1990. Efeito da temperatura na exigência de proteína e energia em dietas para alevinos de pacu, Piaractus mesopotamicus (Holmberg, 1887). Tese de Doutorado, Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, Brazil.
- Fagbenro, O. A. 1994. Dried fermented fish silage in diets for Oreochromis niloticus. The Israeli Journal of Aquaculture - Bamidgheh. 46(3):140-147.
- Fagbenro, O. K. Juancey, and G. Haylor. 1994. Nutritive value of diets containing dried lactic acid fermented fish silage and soybean meal for juvenile Oreochromis niloticus and Clarias gariepinus. Aquatic Living Resource. 7:79-85.
- Fagbenro, O. e K. Juancey. 1995. Growth and protein utilization by juvenile catfish (Clarias gariepinus) feed dry diets containing co-dried lactic-acid-fermented fish-silage and protein feedstuffs. Bioresource Technology. 51:29-35.
- Fagbenro, O. A., e O. A. Bello-Olusoji 1997. Preparation, nutrient composition and digestibility of fermented shrimp head silage. Food Chemistry. 60(4):489-493.

- Fernandes, J. B. K., D. J. Carneiro, e N. K. Sakomura. 2000. Fontes e níveis de proteína bruta em dietas para alevinos de pacu (Piaractus mesopotamicus). Revista Brasileira de Zootecnia. 29(3):646-653.
- Furukawa, A. E. e H. Tsukahara. 1966. On the acid digestion method for the determination of chromic oxide as an index substance in the study of digestibility of fish feed. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries 32:502-506.
- Golterman, H. L., R. S. Clymo e M. A. M. 1978. 213 paginas. Methods for physical and chemical analysis of freshwater: Blackwell Science publications, eds. London.
- Maia, E. L. 1992. Otimização da metodologia para caracterização de constituintes lipídicos e determinação da composição em aminoácidos de peixes de água doce. Tese de doutorado, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade de Campinas, São Paulo, Brazil.
- Nose, T. 1960. On the digestion of food protein by gold-fish (Carassius auratus L.) and rainbow trout (Salmo irideus G.). Bulletin of Freshwater Fisheries Research Laboratory. 10:11-22.
- Nunes, L. M. 1999. Silagem de pescado. paginas 371-379. In M. Ogawa e E. L. Maia, eds. Manual de Pesca Ciência e Tecnologia do Pescado. São Paulo, Brasil.
- Padua, D. M. C. 1996. Utilização da levedura alcoólica (Sacharomyces cerevisiae) como fonte protéica na alimentação de juvenis de pacu (Piaractus mesopotamicus, Pices, Teleostei): aspectos metabólicos e de desempenho produtivo. Tese de doutorado, Centro de Aqüicultura, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, São Paulo, Brasil.
- Stone, F. E., R. W. Hardy, K. D. Shearer e T. M. Scott. 1989. Utilization of fish silage by rainbow trout (Salmo gairdneri). Aquaculture. 76:109-118.

Tacon, A. G. J. 1987. The nutrition and feeding of farmed fish and shrimp - a training manual. 1. The essential nutrients. 117 Pages, ed FAO, Brasília, Brasil.

Torloni, C. E. C., J. A. Silva Filho, e J. R. Verani. 1984. Estudos experimentais sobre o cultivo intensivo do pacu, Colossoma mitrei, no sudeste do Brasil. pagina 559 in Simpósio Brasileiro de Aqüicultura, 3. São Carlos, São Paulo, Brasil.

Tabela 1: Fórmulas e composição centesimal das dietas experimentais.

Ingredientes (%)	Dietas												
	D _{FP}	D _{ASF-Sj}	D _{ASF-Ar}	D _{ASA-Sj}	D _{ASA-Ar}	D _{ADF-Sj}	D _{ADF-Ar}	D _{7_{ADA-Sj}}	D _{ADA-Ar}	D _{RTF-Sj}	D _{RTF-Ar}	D _{RTA-Sj}	D _{RTA-Ar}
Milho	25,0	24,5	18,5	43,9	22,0	18,9	9,1	22,5	14,5	30,0	9,8	31,0	14,5
F. Trigo	16,5	24,1	18,0	5,0	13,6	15,0	24,7	13,0	19,4	18,1	15,0	15,0	11,9
Q. Arroz	14,5	12,5	-	9,0	-	20,5	-	20,0	-	5,0	-	10,0	-
F. Soja	16,0	12	33,0	16,6	33,9	15,0	32,0	15,1	33,0	15,0	35,7	15,0	36,0
Óleo de Soja	2,5	2	1,5	1,5	1,5	-	-	-	-	-	-	-	-
F. Peixe (53.93% PB)	24,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ASF-Sj (54.62% PB)	-	23,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ASF-Ar (23.24% PB)	-	-	28,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ASA-Sj (56.83% PB)	-	-	-	23,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ASA-Ar (23.23% PB)	-	-	-	-	28,0	-	-	-	-	-	-	-	-
ADF-Sj (43.96% PB)	-	-	-	-	-	29,6	-	-	-	-	-	-	-
ADF-Ar (19.60% PB)	-	-	-	-	-	-	33,2	-	-	-	-	-	-
ADA-Sj (46.01% PB)	-	-	-	-	-	-	-	28,4	-	-	-	-	-
ADA-Ar (20.31% PB)	-	-	-	-	-	-	-	-	32,1	-	-	-	-
RTF-Sj (42.17% PB)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30,9	-	-	-
RTF-Ar (16.92% PB)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	38,5	-	-
RTA-Sj (46.55% PB)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28,0	-
RTA-Ar (17.77% PB)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	36,6
Suplemento mineral e vitamínico ^{1/}	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Composição calculada:													
Matéria seca (%)	85.60	85.95	87.22	86.79	86.86	88.88	89.03	88.70	89.59	89.03	89.35	89.12	89.21
Proteína bruta (%)	26.05	26.03	26.09	26.08	26.01	26.02	26.01	26.03	26.00	26.04	26.02	26.07	26.00
Extrato etéreo (%)	5.41	4.43	3.81	4.13	3.96	4.62	4.94	4.80	5.08	4.64	4.68	4.37	4.83
Fibra bruta (%)	3.98	3.17	3.74	2.30	3.51	2.48	4.02	2.40	3.76	2.97	3.45	2.74	3.32
Cinzas (%)	5.96	3.87	3.65	3.91	4.22	3.56	4.35	4.42	4.70	4.71	4.66	4.97	5.28
Extrato não nitrogenado (%)	46.14	50.42	51.43	51.87	50.64	52.19	49.70	51.05	49.59	50.66	50.52	50.96	49.75
Energia bruta (Kcal/ Kg)	4147.3	4168.4	4174.5	4138.8	4139.2	4204.1	4213.7	4171.4	4207.8	4179.6	4187.4	4154.9	4163.4

^{1/}Ferro- 15000mg, Cobre 5000mg, Iodo 500mg, Manganês 17000mg, Selênio 70mg, vitam. A 12000UI, vitam. D₃ 1500UI, vitam. E 50mg, Vitam. K₃ 4mg, Vitam. B₁₂ 40mg e Vitam. B₂ 7mg.

Tabela 2: Aminoácidos essenciais (g/100g PB) contidos nas dietas experimentais comparados com a exigência do pacu

Aminoácidos essenciais	Estimativa das exigências do pacu ^{1/}	Dietas experimentais													
		D _{FP}	D _{ASF-Sj}	D _{ASF-Ar}	D _{ASA-Sj}	D _{ASA-Ar}	D _{ADF-Sj}	D _{ADF-Ar}	D _{ADA-Sj}	D _{ADA-Ar}	D _{RTF-Sj}	D _{RTF-Ar}	D _{RTA-Sj}	D _{RTA-Ar}	
Triptofano	-	0,76	0,54	0,47	0,66	0,86	0,75	0,82	0,68	0,89	0,75	0,62	0,49	0,75	
Lisina	4,38	7,64	6,85	6,99	5,61	6,26	6,70	6,28	5,77	6,04	5,98	6,03	5,75	5,67	
Treonina	2,04	4,53	4,65	4,02	4,54	4,33	4,50	4,09	4,44	4,15	4,62	4,31	4,58	4,25	
Valina	2,46	5,07	5,76	4,98	5,02	4,22	4,76	4,71	4,46	4,80	4,55	5,73	5,00	4,08	
Metionina	0,69	2,55	2,43	2,22	2,32	2,15	2,18	2,22	2,27	2,24	1,74	2,45	2,16	1,97	
Isoleucina	2,15	4,55	4,47	4,66	4,64	5,42	4,94	5,53	4,09	4,58	4,88	4,97	4,49	3,91	
Arginina	2,88	8,39	5,78	6,57	4,72	5,53	6,25	5,83	6,66	6,40	5,17	7,38	6,45	6,50	
Histidina	1,27	3,39	3,41	3,31	3,01	3,49	3,23	3,01	2,68	2,91	2,98	3,00	2,76	2,69	
Leucina	3,96	8,60	9,41	8,77	8,71	8,40	8,73	8,81	8,74	8,32	8,77	8,35	8,79	9,08	
Fenil+Tirosin	3,77	8,67	9,44	8,77	8,97	8,34	9,08	8,58	9,41	8,70	8,28	10,32	9,83	9,12	

^{1/} Valores de exigência em aminoácidos essenciais estimados para o pacu de acordo com Tacon (1987), com base na composição do músculo (Maia 1992).

Tabela 3: Valores médios de crescimento e utilização da proteína pelo pacu alimentado por 90 dias com as dietas experimentais.

Estatística	Variáveis						
	GP (g)	CR (g)	CAA	TEP (%)	TCE (%)	CDA _{PB} (%)	VPP (%)
Valores de F	0,66 ^{NS}	1,05 ^{NS}	0,57 ^{NS}	0,62 ^{NS}	0,70 ^{NS}	3,39**	3,40**
CV (%)	14,13	8,32	9,79	16,39	9,27	7,34	17,82
Dietas							
<i>D_{FP}</i>	37,20	55,67	1,24	2,49	1,46	89,28 ^{ab^{I/}}	22,41 ^b
D _{ASF-Sj}	31,54	55,72	1,41	2,24	1,33	75,80 ^b	22,12 ^b
D _{ASF-Ar}	33,31	58,86	1,43	2,19	1,37	86,65 ^{ab}	22,99 ^{ab}
D _{ASA-Sj}	30,33	55,46	1,46	2,15	1,29	77,83 ^{ab}	21,86 ^b
D _{ASA-Ar}	34,53	59,40	1,42	2,22	1,41	81,47 ^{ab}	23,36 ^{ab}
D _{ADF-Sj}	35,77	61,19	1,60	2,11	1,44	80,64 ^{ab}	23,17 ^{ab}
D _{ADF-Ar}	37,18	60,68	1,34	2,39	1,47	83,95 ^{ab}	17,35 ^b
D _{ADA-Sj}	33,40	56,01	1,37	2,28	1,36	75,35 ^b	18,41 ^b
D _{ADA-Ar}	34,40	51,69	1,38	2,61	1,40	78,23 ^{ab}	24,33 ^{ab}
D _{RTF-Sj}	33,68	60,53	1,47	2,11	1,38	76,37 ^{ab}	20,99 ^b
D _{RTF-Ar}	35,77	59,17	1,37	2,30	1,43	88,92 ^{ab}	17,77 ^b
D _{RTA-Sj}	30,76	55,53	1,44	2,17	1,31	86,54 ^{ab}	24,13 ^{ab}
D _{RTA-Ar}	31,90	55,44	1,39	1,99	1,30	91,63 ^a	34,51 ^a

^{I/} Médias seguidas de mesma letra na coluna , não diferiram entre si, pelo Teste de Tukey (P>0,05).

CAPÍTULO 5

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A elaboração de rações para a aqüicultura depende, atualmente, de grande aporte de farinha de peixe. Face à progressiva escassez desse insumo no mercado mundial e nacional, a produção de ração comercial de qualidade dependerá em futuro breve, da elaboração de soluções regionais para a substituição adequada da farinha de peixe, tanto no aspecto nutricional como do econômico.

A silagem de peixe apresenta-se como uma forte alternativa para essa substituição, além de ser uma forma simples e econômica do aproveitamento de resíduos, pois a tecnologia de obtenção deste produto é simples e não implica na utilização de maquinários específicos.

Os resultados obtidos neste estudo mostraram que a composição de nutrientes das silagens de peixe produzidas pelos processos de fermentação anaeróbica ou de digestão ácida, com as diferentes matérias-primas estudadas, bem como a sua avaliação biológica em dietas para o crescimento inicial do pacu, levam à recomendação de seu uso como fonte protéica. Para viabilizar o processamento econômico desses produtos nas propriedades ou nos entrepostos de pescado, devem ser realizados estudos que visem a produção contínua de silagens de resíduos ou descartes de peixes, onde diariamente sejam incorporados em tanques de resíduos até atingir o máximo de sua capacidade, com o mínimo de adição de ácidos ou bactérias e carboidratos.