

**Claucia Honorato**

Universidade Federal da  
Grande Dourados - UFGD  
clauciahonorato@yahoo.com.br

**Olavo Ganga Frizzas**

Centro Universitário Moura Lacerda  
olavofrizzas@yahoo.com.br

**Dalton José Carneiro**

Universidade Estadual Paulista "Júlio de  
Mesquita Filho" - UNESP Jaboticabal  
daltonjc@caunesp.unesp.br

## DIGESTIBILIDADE DA SILAGEM DE PEIXE COM DIFERENTES TEMPOS DE ARMAZENAMENTO PARA ALIMENTAÇÃO DO PACU (*PIARACTUS MESOPOTAMICUS*)

### RESUMO

A silagem de peixe é uma alternativa para o aproveitamento de resíduos dos frigoríficos. A técnica de produção consiste em acidificar o resíduo de peixe, resultando em hidrólise da proteína. O tempo de ensilamento deste resíduo altera as relações de proteína/aminoácidos livres. Este trabalho tem como objetivo determinar o coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca, proteína e energia bruta de silagem de peixe com diferentes tempos de ensilamento para o pacu (*Piaractus mesopotamicus*). As silagens com quatro dias de ensilamento apresentaram-se acidificadas com valores de pH de 4,43. Os CDMS não diferiram significativamente ( $P>0,05$ ) em função do tempo de ensilamento. As dietas testes DI, D7, D15 apresentaram as maiores médias para os CDPB e CDEB. A silagem de peixe demonstrou ser um alimento adequado para compor a dieta do pacu com até 15 dias de ensilamento.

**Palavras-Chave:** silagem de peixe; proteína digestível; aproveitamento de resíduo; digestibilidade; pacu.

### ABSTRACT

The fish silage is an alternative to the use of waste refrigerators. The production technique is to acidify the waste of fish, resulting in hydrolysis of the protein. The time of this residue ensiled change the relationship of protein/amino acids. This study aims to determine the apparent digestibility of dry matter, protein and gross energy of fish silage ensiled with different times for pacu (*Piaractus mesopotamicus*). Silages ensiled with four days were presented with acid pH of 4.43. The DMDC did not differ significantly ( $P> 0.05$ ) according to the time of ensiling. The test diets DI, D7, D15 had the highest mean for the CDCP and GEDC. The fish silage proved to be a suitable food for the diets of pacu with up to 15 days after ensiling.

**Keywords:** fish silage, protein digestibility, residues use, digestibility, pacu.

Anhanguera Educacional Ltda.

Correspondência/Contato  
Alameda Maria Tereza, 4266  
Valinhos, São Paulo  
CEP 13.278-181  
rc.ipade@anhanguera.com

Coordenação  
Instituto de Pesquisas Aplicadas e  
Desenvolvimento Educacional - IPADE

Artigo Original  
Recebido em: 05/12/2012  
Avaliado em: 07/12/2012

Publicação: 22 de dezembro de 2011

## 1. INTRODUÇÃO

Os resíduos da indústria processadora de peixe chegam a representar 66,5 % do peso da matéria-prima, sendo o seu descarte um grande problema de poluição ambiental (BOSCOLO et al., 2001), no entanto quando recuperados adequadamente, podem representar uma ótima fonte nutricional (VIDOTTI et al., 2002). Para isso, várias técnicas vêm sendo utilizadas na produção de concentrados protéicos (BORGHESI et al., 2007).

Uma alternativa econômica e socialmente aceitável sob o ponto de vista ambiental para o aproveitamento de resíduo do processamento de peixes é a produção da silagem, que pode ser utilizada como fonte protéica na alimentação animal (VIDOTTI et al., 2002). Dentre as diversas técnicas para obtenção da silagem de peixe a produção pelo método de fermentação é o que apresenta maior viabilidade econômica (MONTANER et al., 1995).

O processo de ensilamento de pescado consiste basicamente em diminuir o pH da massa triturada através da produção de ácido láctico que inibe o crescimento de bactérias, proteolíticas e lipolíticas responsáveis por mudanças bioquímicas indesejáveis, como formação e acúmulo de substâncias de odor desagradável e tóxica, deixando livre a ação das enzimas dos próprios tecidos, que terminam liquefazendo os mesmos (OLIVEIRA et al., 2006).

Durante o processamento das silagens, a redução do pH favorece a ação das enzimas naturalmente presentes nos músculos e assim as proteínas são hidrolisadas durante o período de ensilamento tornando o nitrogênio mais solúvel (ESPE et al., 1989). Contudo, uma série de reações podem ocorrer durante o processo disponibilizando, no primeiro momento, aminoácidos livres e após algum tempo de ensilamento os tornando insolúveis (ARRUDA et al., 2006).

As mudanças químicas que ocorrem durante o armazenamento que alteram o grau de hidrólise podem ser utilizadas como critério químico para avaliar a silagem de peixe (MORAES-ULLOA; OETTERER, 1997). O valor nutricional da silagem de peixe pode ser significativamente aumentado limitando a hidrólise das proteínas, pois os peptídeos de cadeia curta (di e tripeptídeos) são melhores e mais absorvidos pelos peixes que os aminoácidos livres.

O potencial de utilização de um produto pode ser mensurado através do conhecimento sobre a digestibilidade (ABIMORAD; CARNEIRO, 2004). A digestibilidade do ingrediente de um alimento depende da composição química e da capacidade digestiva do animal. Contudo, ingredientes com composições químicas semelhantes

podem apresentar diferentes coeficientes de digestibilidade, que deve ser considerado na formulação das dietas de organismos aquáticos (GONSALVES; CARNEIRO, 2003). Atualmente os estudos de digestibilidade da silagem de peixe como fonte protéica não considera o tempo de ensilamento do resíduo, que altera a solubilidade da proteína.

O pacu (*Piaractus mesopotamicus*) é uma espécie alvo para o sistema de cultivo devido características organolépticas de sua carne, ao baixo custo de manutenção e alta adaptabilidade ao cultivo em tanque (JOMORI et al., 2005).

Portanto o trabalho tem como objetivo determinar o coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca, proteína e energia bruta de silagem de peixe com diferentes tempos de ensilamento para o pacu (*Piaractus mesopotamicus*).

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi conduzido no Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos, do Centro de Aqüicultura da UNESP, Campus de Jaboticabal.

Para este estudo foi confeccionado silagem fermentada de resíduo de tilápia. Estas foram produzidas a partir de resíduos constituídos de cabeça, carcaça e vísceras, resultantes da filetagem de tilápia proveniente de um frigorífico da região de Barretos - SP. Estes resíduos foram moídos em moedor de carne industrial modelo C.A.F, modelo 22S, motor 1 ¼ CV, com cilindro de 30mm diâmetro.

O microorganismo *Lactobacillus plantarum* foi adquirido no Laboratório da Fundação de Pesquisa e Tecnologia "André Tosello" e sua reativação foi realizada no meio de cultivo líquido MRS, no laboratório de microbiologia da FCAV - UNESP, Campus de Jaboticabal. Para produção da quantidade necessária do microorganismo foi realizada a semeadura em leite desnatado reconstituído a 10 % e mantido em refrigeração.

As silagens foram produzidas em baldes de plásticos com capacidade para 20 L, no quais foram adicionados ao resíduo 15 % (p/p) de melaço de cana-de-açúcar, 5 % de *Lactobacillus plantarum* (p/p) segundo Vidotti et al. (2002).

O material foi homogeneizado diariamente e monitorados os valores da temperatura e o pH. Foi fabricado um balde de 20L de silagem para cada tratamento. Estas foram neutralizadas com (1,5% de bicarbonato de cálcio), no dia da confecção (silagem inicial) e posteriormente com sete, quinze e trinta dias de ensilamento. Sendo assim constituindo os tratamentos Silagem inicial, silagem 7 dias, silagem 15 dias e silagem 30 dias

No ensaio biológico foram utilizados 240 juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus*) com peso médio de  $40,07 \pm 17,9$ g, distribuídos em 16 aquários com capacidade de 150L de água. O regime de iluminação foi de 12:12 (12 horas com luz e 12 horas sem luz). Os aquários eram abastecidos continuamente por água proveniente de poço artesiano e aeração contínua. Os parâmetros físico-químicos da água foram mensurados semanalmente sendo observado os valores médios de temperatura, condutividade, oxigênio dissolvido e pH foram de  $28 \pm 0,2$  °C,  $190,5 \pm 1,5$   $\mu$ S.cm<sup>-1</sup>,  $6,4 \pm 0,1$  mg.l<sup>-1</sup> e  $7,5 \pm 0,1$ .

A dieta-teste utilizada para a determinação dos coeficientes de digestibilidade foi composta por 69,5% pela dieta de referência (Tabela 1), por 0,5% de óxido crômico, utilizado como marcador inerte, e em 30,0%, do ingrediente teste (silagem). As dietas foram peletizadas e armazenadas em freezer a -20°C.

Tabela 1. Formulação e composição da dieta referência.

<b>Ingredientes</b>	<b>% da dieta</b>
Farelo de soja	29,00
Farinha de peixe	11,00
Milho	25,00
Farelo de trigo	20,00
Farelo de arroz	8,50
Óleo de soja	5,00
Calcário	0,50
Premix *	1,00
<b>Composição analisada</b>	
Matéria seca (%)	88,66
Proteína bruta (%)	26,49
Fibra bruta (%)	4,54
Extrato etéreo (%)	8,83
Matéria mineral (%)	6,32
Extrato não nitrogenado (%)	42,48
Energia Bruta (kcal/kg)	4318,19

Suplemento mineral e vitamínico, níveis de garantia por kg do produto: Vitamina A 500.000 UI; Vitamina D3 200.000 UI; Vitamina E 5000 UI; Vitamina K3 15000 mg; Vitamina B1 1500 mg; Vitamina B2 4000 mg; Vitamina B6 1500 mg; Vitamina C 1500 mg; Ácido Fólico 500 mg; Ácido Pantotênico 4000 mg; Ácido Nicotínico 7000 mg; Biotina 50000 mcg; Inositol 1000 mg; Colina 40000 mg; Cobalto 10 mg; Cobre 500 mg; Ferro 5000 mg; Iodo 50 mg; Manganês 1500 mg; Selênio 10 mg; Zinco 5000 mg e Antioxidante 12500 mg.

As coletas de excretas foram realizadas após quinze dias de alimentação com as dietas experimentais. Posteriormente os peixes foram conduzidos para aquários cilíndricos de fundo cônico, capacidade de 200 L, com renovação constante e baixa quantidade de água. Utilizou-se para a coleta um tubo acoplado no fundo dos aquários,

onde as excretas se sedimentavam seguindo o método de Guelph modificado, de acordo com Abimorad; Carneiro (2004). As coletas foram realizadas no período da manhã, em intervalos de 30 minutos (para evitar perdas por lixiviação) e armazenadas em refrigerador.

As dietas-teste, as silagens, e as excretas foram analisadas quanto à sua composição bromatológica, conforme metodologia descrita pela AOAC (2000). As análises de energia bruta foram determinadas por intermédio da queima das amostras em bomba calorimétrica. O teor de óxido crômico foi determinado pelo método de digestão com ácido nítrico e perclórico, com leitura em espectrofotômetro, segundo Furukawa; Tsukahara (1976). Foram determinados os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDMS), da proteína bruta (CDPB), da energia (CDEB).

Os coeficientes de digestibilidade aparente (CD) tanto da dieta referência quanto para as dietas-teste foram estimados por meio da equação proposta por Nose (1966):

$$CD = 100 - 100 * \left[ \frac{\% \text{ Cr}_2\text{O}_3 \text{ na dieta}}{\% \text{ Cr}_2\text{O}_3 \text{ nas fezes}} * \frac{\% \text{ nutrientes das fezes}}{\% \text{ nutrientes da dieta}} \right]$$

Para o cálculo da digestibilidade dos nutrientes dos alimentos estudados foi utilizada a equação, descrita por Reight et al. (1990):

$$DAN (\%) = (100/30) \times [\text{teste} - (70/100 \times \text{referência})]$$

Sendo: DAN = Digestibilidade Aparente do Nutriente; Teste = Digestibilidade aparente da proteína e energia presente na dieta teste; Referência = Digestibilidade aparente da proteína e energia presente na dieta referência.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC) com quatro tratamentos (Silagem inicial, silagem 7 dias, silagem 15 dias e silagem 30dias) e quatro repetições. Para o estudo de tempo de ensilamento foi utilizado o DIC, em um esquema de parcela subdividida, tendo como tratamento principal a proteína e energia digestível e como tratamento secundário as avaliações ao longo do tempo (inicial, 7, 15 e 30 dias). As análises estatísticas foram realizadas por meio do Statistical Analysis System (SAS, 9.0, 1996). As médias foram submetidas à análise de variância e comparadas pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após as respectivas aberturas dos baldes contendo silagem de peixe, foi observado que o material apresentava um odor ácido e agradável a partir do sétimo dia de fermentação,

evidenciando a produção de ácidos favoráveis, principalmente o ácido lático. Segundo Van Wyk; Heydenryck (1985), a produção de ácido lático é responsável pela diminuição do pH, inibindo o crescimento de bactérias patogênicas como *Stafilococcus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas* entre outras.

A temperatura estável de  $28,08 \pm 3,75$  °C para silagens de sete dias,  $29,42 \pm 3,37$  °C para silagens 15 dias e  $30,30 \pm 2,79$  °C para silagens 30 dias (Figura 1). Um dos fatores que influencia o grau de liquefação da silagem de pescado é a temperatura em torno de 30°C para o crescimento dos *Lactobacillus*. Lindgren e Pleje (1983) ressaltam que a degradação de proteína para formação de aminoácidos das silagens fermentadas está associada à quantidade de ácido lático produzida pelo microorganismo tendo uma correlação direta com a temperatura que a massa está exposta.

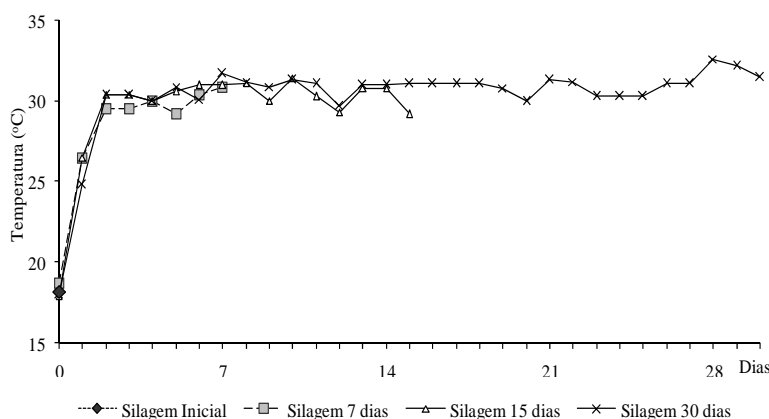


Figura 1. Temperatura das silagens de peixe submetidas a diferentes tempos de ensilamento.

As silagens foram monitoradas diariamente quanto ao pH e temperatura o que permitiu evidenciar que no quarto dia do processo de ensilamento a massa de apresentaram-se acidificada com valores de pH de 4,43 (Figura 2). De acordo com Kompang e Arifudin (2001), pH ácido diminui ou impede o crescimento de bactérias indesejáveis que causam a decomposição anaeróbica de proteínas e a putrefação.

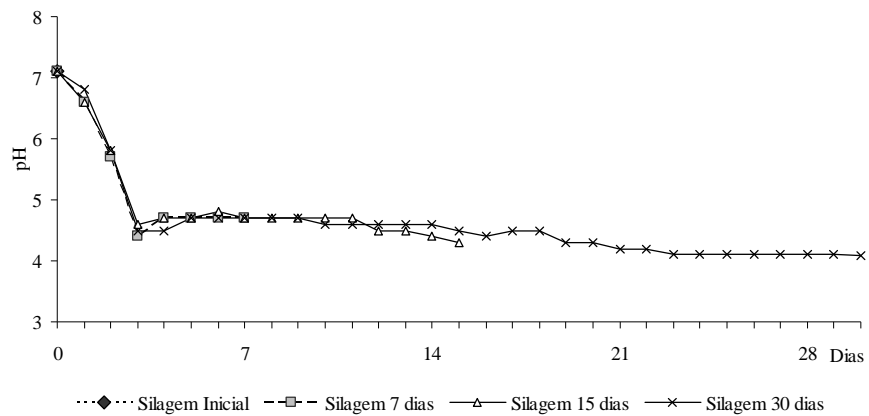


Figura 2. Potencial hidrogênico (pH) das silagens de peixe submetidas a diferentes tempos de ensilamento.

O processo de liquefação também foi observado com o passar do tempo, tal como relatado por Vidotti et al. (2002). No início do processo a silagem de peixe apresentava-se pastosa e aos 30 dias de ensilamento apresentava-se mais líquida e com coloração clara. A exposição da massa de resíduo de peixe a pH ácido provoca liquefação da massa pela hidrólise da fonte protéica resultando em produto mais líquido e conseqüentemente com grande quantidade de aminoácidos livres (HASSAN; HEATH, 1987).

A composição bromatológica das silagens foram muito semelhantes tendo média de 33,05±9,0%MS, 33,62±1,9%PB, 25,61±4,7%EE, 13,58±2,7%MM, 22,08±6,8%ENN e 4853,89±152,2 Kcal.kg<sup>-1</sup> EB. A silagem de peixe é um produto que sua composição é muito semelhante a matéria prima (VIDOTTI et al., 2003). Durante o processo de esilamento não ocorre perdas de nutrientes, mas transformações bioquímicas que aumenta a quantidade de aminoácidos livres (VIANA et al., 1999), e complexação das proteínas (OETTERER, 1994).

Os resultados observados para os coeficientes de digestibilidade aparente dos alimentos estudados estão apresentados na Tabela 2. Os CDMS não diferiram significativamente ( $P>0,05$ ) em função do tempo de ensilamento.

Tabela 2. Valores médios dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (MS), proteína bruta (PB), energia bruta (EB).

Silagens	Coeficiente de digestibilidade aparente (%)		
	MS	PB	EB
Inicial	75,51±2,61	90,13±0,30 a	80,20±0,98 a
7 Dias	69,88±2,67	83,82±0,76 b	82,49±0,67 a
15 Dias	78,36±1,65	89,28±1,67 a	83,49±1,07 a
30 Dias	59,02±6,13	79,95±0,98 c	72,41±2,96 b

Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey ( $P<0,05$ ).

Não foi observada diferença estatística para o CDPB entre a silagem inicial e silagem 15 dias, apresentando os maiores valores. A silagem com 30 dias apresentou o menor valor para este parâmetro. Os alevinos de pacu apresentaram coeficiente de digestibilidade da fração protéica, próximos dos encontrados para pacu por Abimorad; Carneiro (2004) para alimentos protéicos de origem animal como a farinha de peixe (88,40 %), farinha de vísceras (83,40 %), farinha de pena (75,73 %).

Vidotti et al. (2002) verificaram a digestibilidade de silagem ácida e biológica, preparado a partir de diferentes matérias-primas (resíduos comerciais de peixes marinhos, peixes de água doce e resíduos da filetagem da tilápia do Nilo) para o pacu e verificou que o CDAPB variou entre 72,5 a 88,11%.

A diminuição do CDPB da silagem de peixe com maior tempo de ensilamento também foi observado para trutas arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) que apresentaram valores superiores de CDPB quando alimentadas com silagens ácidas em que a hidrólise durou sete dias em comparação com silagens ácidas obtidas após autólise de 42 dias (STONE et al., 1989).

A silagem com 30 dias apresentou menor CDEB sendo o maior valor numérico obtido pela silagem 15 dias. Verifica-se que o tempo de ensilamento adequado para o aproveitamento da fração energética da silagem de peixe é de no máximo de 15 dias de ensilamento.

Estes valores de CDEB foram superiores aos observados por Boscolo et al. (2004) ao testar para tilápia do Nilo farinha de corvina (54,45 %), farinha de tilápia (48,52 %). Todavia, estes foram inferiores aos encontrados por Oliveira *et al.* (2006) testando silagem ácida de peixe (95,44 %) para o pacu.

Constatou-se através da análise de regressão, efeito quadrático ( $P < 0,05$ ) do tempo de ensilamento sobre o índice de proteína digestível (Figura 3). As maiores médias para estas variáveis foram para a silagem inicial e silagem com 15 dias. O ponto de máximo corresponde a dois dias de ensilamento.



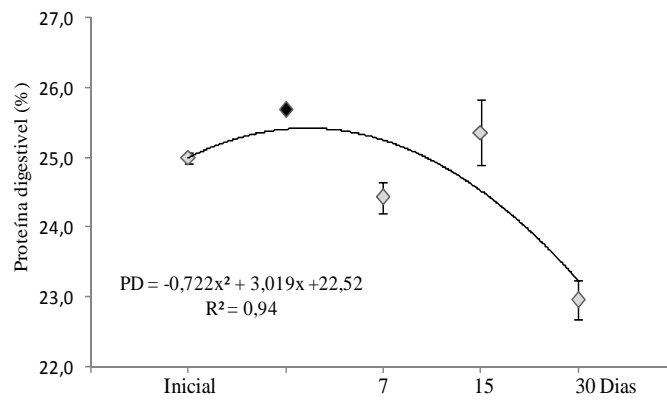


Figura 3. Percentual de proteína digestível (PD) das silagens de peixe com diferentes tempos de ensilamento para o pacu.

Os valores de proteína digestível deste trabalho foram superiores aos observados para silagem de resíduo de tilápia pelo pacu (VIDOTTI et al., 2002). Todavia, observa-se diminuição desta variável com o aumento do tempo de ensilamento. Estes resultados podem ser atribuídos ao elevado conteúdo de aminoácidos livres, com baixo aproveitamento pelos peixes (MORALES-ULLOA; OETTERER, 1997).

Segundo Oetterer (1999), o valor nutricional da silagem de peixe está na alta digestibilidade protéica que deve ser preservada, evitando-se armazenamento prolongado e, portanto, hidrólise excessiva. Goddard e Al-Yahyai (2001) relatam que ao se controlar a hidrólise protéica, o valor nutricional do produto final do processo de ensilagem é superior ao excessivamente hidrolisado.

Os resultados de energia digestível (Figura 4) das distintas silagens de peixe apresentaram o mesmo comportamento dos valores de proteína digestível. Constatou-se através da análise de regressão, efeito quadrático ( $P < 0,05$ ) do tempo de ensilamento sobre o índice de energia digestível.

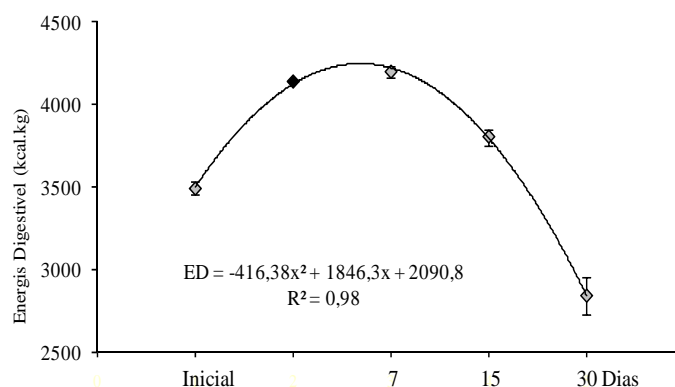


Figura 4. Percentual de energia digestível (ED) das silagens de peixe com diferentes tempos de ensilamento para o pacu.

Em um estudo realizado por Borghesi et al. (2007) há uma descrição a qual o aumento no tempo de armazenamento baixa a eficiência de conversão alimentar. Atribuindo este fator a deterioração da qualidade das silagens armazenadas por longos períodos a oxidação lipídica.

Alguns autores destacam que silagem de peixe ensilada por longos períodos está passível a deterioração através do processo de oxidação lipídica, resultando em alterações de sabor e valor nutricional, além da produção de componentes tóxicos (KOMPIANG, 1981). Este produto quando as proteínas são expostas a lipídios peroxidados, porção considerável complexa-se mediante associações e/ou ligações de hidrogênio causando perda do valor nutritivo (NELSON; COX, 2000). O que justifica os baixos CDPB e CDEB da silagem armazenadas por 30 dias.

O conhecimento da energia e proteína digestível dos nutrientes da silagem de peixe permite adequar o tempo de ensilamento para torná-la um produto apropriado para produção de dietas para peixes. Pelos resultados obtidos, a silagem de peixe pode ser utilizada como alimento protéico na dieta do pacu.

A silagem de peixe com até 15 dias de ensilamento apresentam-se mais eficiente em disponibilização de nutrientes e energia.

## REFERÊNCIAS

- ABIMORAD, E.G.; CARNEIRO, D.J. Métodos de Coleta de Fezes e Determinação dos Coeficientes de Digestibilidade da Fração Protéica e da Energia de Alimentos para o pacu (*Piaractus mesopotamicus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 5, p. 1101-1109, 2004.
- ARRUDA, L.F.; BORGHESI, R.; BRUM, A.; D'ARCE, M.R.; OETTERER, M. Nutritional aspects of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) silage. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 4, p. 749-753, 2006.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 17th ed. AOAC Inc., Gaithersburg, MD, USA. 2000.
- BORGHESI, R.; ARRUDA, L.F.; OETTERER, M. A Silagem De Pescado Na Alimentação De Organismos Aquáticos. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, v. 25, n. 2, p. 329-339, 2007.
- BOSCOLO, W.R.; HAYASHI, C.; SOARES, C.M. Desempenho e características de carcaça de machos revertidos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), linhagens tailandesa e comum, nas fases iniciais e de crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.5, p. 1391-1396, 2001.
- ESPE, M.; RAA, J.; NJAA, L.R. Nutritional value of stored fish silage as a protein source for young rats. **Journal of Science Food and Agriculture**, v.49, p.259-70, 1989.
- FURUKAWA, A.; TSUKAHARA, H. On the acid digestion method for the determination of Chromic Oxyde as an index substance in the study of digestibility of fish feed. **Bulletin of the Japanese Society Scientific Fisheries**, v.32, n.6, p.502-506, 1976.
- GODDARD, J.S.; AL-YAHYAI, D.S.S. Chemical and nutritional characteristics of dried sardine silage. **Journal of Aquatic Food Product Technology**, v.10, n.4, p. 39-50, 2001.

GONÇALVES, E. G.; CARNEIRO, D. J. Coeficientes de digestibilidade aparente da proteína e energia de alguns ingredientes utilizados em dietas para o pintado (*Pseudoplatystoma coruscans*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.4, p.779-786, 2003.

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

JOMORI, R.K.; CARNEIRO, D.J.; MARTINS, M.I.E.G.; PORTELLA, M.C. Economic evaluation of *Piaractus mesopotamicus* juvenile production in different rearing systems. **Aquaculture**, v. 243, p. 175-183, 2005.

KOMPIANG, I.P.; ARIFUDIN, R. **Nutritional value of ensilaged by catch fish from Indonesian shrimp trawlers**. In: CONNELL J.J. (Ed.) *Advances in fish science and technology*. Papers Farnham: Fishing News Books, 349-352. (2001).

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

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

MONTANER, M. I.; PARÍN, M. A.; ZUGARRAMURDI, A. Comparación Técnico-económica de ensilado químicos y biológicos de pescado. **Alimentaria**, Madri, p.43-51, 1995.

MORALES-ULLOA, D.F.; OETTERER, M. Composição em aminoácidos de silagens químicas biológicas e enzimáticas preparadas com resíduos de sardinha. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, v. 17, n. 3, p. 749-753, 1997.

NELSON, D.L.; COX, M.M. **Lehninger: principles of biochemistry**. New York: Worth Publishing, 2000. 145 p.

NOSE, T. Recent advances in the study of fish digestion in Japan. In: SYMPOSIUM ON FEEDING TROUT AND SALMON CULTURE, 7., 1966. Belgrade. **Proceedings...** Belgrade: EIFAC, 1966. p.17.

OLIVEIRA, M.M.; PIMENTA, M.E.S.G.; PIMENTA, C.J.; CAMARGO, A.C.S.; FIORINI, J.E.; LOGATO, P.R. Digestibilidade e desempenho de alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentados com dietas contendo diferentes níveis de silagem ácida de pescado. **Ciência Agrotecnologia**, v. 30, n. 6, p. 1196-1204, 2006.

REIGH, R. C.; BRADEN, S. L.; CRAIG, R. J. Apparent digestibility coefficients for common feedstuffs in formulated diets for red swamp crayfish, *Procambarus clarkii*. **Aquaculture**, v. 84, n.3-4, p. 321-334, 1990.

SAS (STATICAL ANALYSIS SYSTEM). Institute, SAS/STAT. User's guide: statistical. Cary, North Carolina: Versão 6.08, 4 ed., (2): 846 p. 1996.

STONE, F.E.; HARDY, R.W.; SHEARER, K.D.; SCOTT, T.M. Utilization of fish silage by rainbow trout (*Salmo gairdineri*). **Aquaculture**, v.76, p. 109-118, 1989.

OETTERRE, M. **Produção de Silagem a Partir da Biomassa Residual de Pescado**. Alimentos e Nutrição, São Paulo, v.5, p.119-134, 1994.

VAN WYK, H.J.; HEYDENRYCH, C.M.S. The production of naturally fermented fish silage using various Lactobacilli and different carbohydrate source. **Journal Sciences Food Agriculture**. 36, 1093-1103. 1985.

VIANA, M.T.; GUZMAN, J.M.; ESCOBAR, R. Effect of heated and unheated fish silage as a protein source in diets for abalone *Haliotis fulgens*. **Journal of the World Aquaculture Society**, v.30, n.4, p.481-489, 1999.

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

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