



[T]

Efeito da fonte de fibra no trânsito gastrointestinal e na digestibilidade do pacu (*Piaractus mesopotamicus*)

[E]

*Effect of fiber sources in gastrointestinal transit time and digestibility of pacu (*Piaractus mesopotamicus*)*

[A]

Thiago El Hadi Perez Fabregat^[a], Laurindo André Rodrigues^[b], Thiago Matias Torres do Nascimento^[c], Elisabeth Criscuolo Urbinati^[d], Nilva Kazue Sakomura^[e], João Batista Kochenborger Fernandes^[f]

[a] Zootecnista, Doutor, professor da Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Lages, SC - Brasil, e-mail: thiagofabregat@hotmail.com

[b] Zootecnista, Doutor, pesquisador da Embrapa Meio-Norte, Teresina, PI - Brasil, e-mail: laurindo@cpamn.embrapa.br

[c] Zootecnista, mestrando da Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, SP - Brasil, e-mail: thiago_zoonesp@yahoo.com.br

[d] Bióloga, Doutora, professora da Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, SP - Brasil, e-mail: bethurb@fcav.unesp.br

[e] Zootecnista, Doutora, professora da Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, SP - Brasil, e-mail: sakomura@fcav.unesp.br

[f] Zootecnista, Doutor, pesquisador do Centro de Aquicultura da UNESP, Jaboticabal, SP - Brasil, e-mail: jbatista@caunesp.unesp.br

Resumo

Este estudo foi conduzido a fim de avaliar o efeito da utilização de diferentes ingredientes fibrosos sobre o tempo de trânsito gastrointestinal e digestibilidade da proteína e da energia em juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus*). Foram utilizadas cinco dietas isoproteicas (23% PD), isoenergéticas (3.250 kcal de ED/kg) e isofibrosas (9% FB) contendo farelo de soja, casca de soja, farelo de girassol e dois níveis de inclusão de polpa cítrica (30% e 45%). Para a avaliação do tempo de trânsito gastrointestinal, foram utilizados 200 juvenis (56,32 ± 9,73 g) distribuídos em 25 aquários. Para o estudo de digestibilidade, foram utilizados 300 juvenis (46,79 ± 5,22 g) distribuídos em 20 aquários de alimentação. Os resultados obtidos para as dietas contendo farelo de soja, farelo de girassol e 30% de polpa cítrica não diferiram entre si. A alimentação dos juvenis de pacu com a dieta contendo casca de soja aumentou o tempo de trânsito gastrointestinal e diminuiu a digestibilidade da proteína e da energia ($p < 0,05$) em relação às outras dietas. Por outro lado, o fornecimento da dieta contendo 45% de polpa cítrica reduziu o tempo de trânsito gastrointestinal ($p < 0,05$) em relação aos outros tratamentos. A partir dos resultados obtidos, pode-se concluir que dietas contendo diferentes fontes de fibra podem tanto aumentar quanto reduzir o tempo de trânsito gastrointestinal de juvenis de pacu, com possível influência sobre a digestibilidade de nutrientes.

Palavras-chave: Fibra alimentar. Ingredientes fibrosos. Nutrição de peixes.

Abstract

This study aimed to evaluate the effects of diets containing different fiber sources on the gastrointestinal transit time and protein and energy digestibility of pacu juveniles (*Piaractus mesopotamicus*). Five isoproteic (23% digestible protein), isoenergetic (3.250 kcal digestible energy/kg) and isofibrous (9% crude fiber) diets were evaluated, each containing either soybean meal, soybean hulls, sunflower meal and citrus pulp (30% and 45%) as fiber sources. For gastrointestinal transit time evaluation, 200 fishes (56.32 ± 9.73 g) were distributed into 25 aquaria, and for the digestibility experiment, 300 juveniles (46.79 ± 5.22 g) were put into 20 feeding aquaria. Results for diets containing soybean meal, sunflower meal and 30% citrus pulp did not differ. Feeding pacu juveniles with diet containing soybean hulls delayed gastrointestinal transit time and decreased protein and energy digestibility ($p < 0.05$) when compared to other diets tested. Feeding fish with the diet containing 45% citrus pulp accelerated ($p < 0.05$) gastrointestinal transit time when compared to the other treatments. From these results, it can be concluded that diets containing different sources of fiber can either accelerate or delay gastrointestinal transit time of pacu juveniles, with possible influence on digestibility of nutrients.

Keywords: Dietary fiber. Fibrous ingredients. Fish nutrition.

Introdução

Os carboidratos fibrosos fazem parte da alimentação natural dos peixes onívoros e herbívoros. Tradicionalmente, a fibra era considerada uma substância inerte das dietas, que somente afetava a diluição dos nutrientes, sem efeitos diretos sobre o desempenho. Entretanto, os recentes avanços metodológicos permitiram a quantificação e a caracterização das propriedades físicas e químicas da fibra nos ingredientes vegetais, viabilizando o parcelamento em diferentes frações e mostrando que os efeitos são muito mais amplos e ainda precisam ser devidamente estudados (CUMMINGS; EDMOND; MAGEE, 2004; KNUDSEN, 2001; MONTAGNE; PLUSKE; HAMPSON, 2003; SCHNEEMAN, 1998).

O conceito de fibra alimentar é definido como uma mistura complexa de polímeros de carboidratos, associados a outros nutrientes (KNUDSEN, 2001; MONTAGNE; PLUSKE; HAMPSON, 2003). A análise de fibra alimentar é mais completa que as análises tradicionais porque considera também alguns polissacarídeos solúveis que são perdidos na análise de fibra em detergente neutro. A fibra alimentar é encontrada, predominantemente, na parede celular das plantas, consistindo de polissacarídeos não amiláceos (PNA) ligados à lignina, proteínas, ácidos graxos, ceras e a outras substâncias (MCDUGALL et al., 1996).

A fibra pode produzir efeitos fisiológicos variados, dependendo da natureza química e estrutura

física, tais como tamanho da partícula, peso molecular e grau de esterificação (BIJLANI, 1985). A análise de fibra alimentar é dividida de acordo com a solubilidade em água. De maneira geral, em dietas para monogástricos, a fibra solúvel aumenta o tempo de trânsito e diminui a velocidade de absorção, enquanto que a fração insolúvel reduz o tempo de trânsito aumentando a capacidade de retenção de água (MONTAGNE; PLUSKE; HAMPSON, 2003). A composição em carboidratos do ingrediente também pode afetar o processo fermentativo nas partes posteriores do trato gastrointestinal, alterando o pH. Essa ocorrência afeta diretamente a proliferação bacteriana e a integridade das células epiteliais do intestino, podendo, em combinação adequada, melhorar a saúde intestinal e, conseqüentemente, o aproveitamento dos nutrientes (MONTAGNE; PLUSKE; HAMPSON, 2003; SCHNEEMAN, 1998).

O pacu (*Piaractus mesopotamicus*) é originário das bacias dos rios Paraná, Paraguai e Uruguai. É uma das espécies mais estudadas e produzidas nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil (URBINATI; GONÇALVES, 2005). É um peixe oportunista, que alterna a fonte de alimento de acordo com a sazonalidade. A nutrição do pacu já foi bastante estudada (ABIMORAD; CARNEIRO, 2004, 2007; ABIMORAD; CARNEIRO; URBINATI, 2007; DIAS-KOBERSTEIN; CARNEIRO; URBINATI, 2005; FERNANDES; CARNEIRO; SAKOMURA, 2000, 2001; RODRIGUES et al., 2010; URBINATI; GONÇALVES,

2005), mas ainda não se sabe como as diferentes frações fibrosas (solúvel e insolúvel) afetam o funcionamento do sistema digestório e o aproveitamento de nutrientes.

Portanto, o objetivo do presente estudo foi avaliar como a utilização de diferentes fontes de fibras alimentares na dieta pode afetar o tempo de trânsito gastrointestinal e a digestibilidade da proteína e da energia em juvenis de pacu.

Materiais e métodos

Os estudos foram conduzidos no Centro de Aquicultura da UNESP-CAUNESP em Jaboticabal-SP. O ensaio de tempo de trânsito gastrointestinal foi realizado no Laboratório de Peixes Ornamentais e o experimento de digestibilidade foi realizado no Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos (LANOA).

Animais e instalações

Na avaliação do tempo de trânsito gastrointestinal, foram utilizados 200 juvenis de pacu, com peso médio de 56,3 gramas, distribuídos em 25 aquários de polietileno, com capacidade para 200 litros cada, equipados com sistema de aeração e aquecimento ($27,9 \pm 0,5$ °C).

No estudo de digestibilidade, foram utilizados 300 juvenis de pacu, com peso médio de 46,7 gramas, distribuídos em 20 aquários de alimentação com capacidade de 100 litros e abastecimento contínuo de água proveniente de poço artesiano, com temperatura média de 28 °C. Já a coleta de fezes foi realizada em seis coletores de fezes cilíndricos (Sistema de Guelph modificado), com capacidade para 80 litros.

Nos dois estudos, a qualidade da água dos aquários (temperatura, oxigênio dissolvido e pH) foi monitorada semanalmente durante todo o período experimental. Na avaliação do tempo de trânsito, a temperatura média foi 28 °C, o oxigênio dissolvido médio foi 7,6 mg/L e o pH médio, 7,4. No experimento de digestibilidade, a temperatura média foi 28 °C, o oxigênio dissolvido ficou próximo a 7,5 mg/L e o pH, 6,9. Esses resultados se mantiveram dentro dos limites recomendados para o pacu (URBINATI; GONÇALVES, 2005).

Dietas experimentais

Foram avaliadas cinco dietas isoproteicas (23% de proteína digestível), isoenergéticas (cerca de 3.200 kcal de energia digestível/kg) e isofibrosas (9% de fibra bruta), sendo a principal fonte fibrosa de cada dieta constituída por farelo de soja, casca de soja, farelo de girassol e polpa cítrica, este último em dois níveis de inclusão (Tabela 1). Na formulação das rações, foram utilizados os coeficientes de digestibilidade de proteína e energia previamente definidos para o pacu (ABIMORAD; CARNEIRO, 2004; FABREGAT et al., 2008).

Depois de misturadas, as rações foram finalmente trituradas em moinho de faca com peneira de 2 mm de diâmetro de malha. As dietas foram peletizadas (5 mm) e armazenadas em freezer até o momento da utilização. As análises bromatológicas das rações foram realizadas de acordo com Horwitz (1997). As análises de fibra alimentar total (HORWITZ, 1997), fibras alimentares solúveis e insolúveis (PROSCKY et al., 1984) e amido (DIEMAIR, 1963) foram realizadas no Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL) em Campinas-SP.

Tempo de trânsito gastrointestinal

Para a avaliação do tempo de trânsito gastrointestinal, foram fabricadas duas variações de cada dieta teste, uma contendo 1% de óxido de titânio e outra contendo 1% de óxido de cromo. Os peixes foram alimentados uma vez ao dia até a saciedade aparente, durante três dias, com ração contendo 1% de óxido de titânio. No quarto dia de alimentação, foi fornecida ração contendo 1% de óxido de cromo e, duas horas depois, iniciaram-se os procedimentos experimentais, repetidos a cada duas horas.

Em cada horário de observação, todos os peixes de um aquário por tratamento foram anestesiados com benzocaína (1g/10 litros de água) e extrusados manualmente. As amostras de fezes receberam notas: 0; 0,25; 0,50; 0,75 e 1,00, de acordo com a intensidade da cor verde (DIAS-KOBERSTEIN; CARNEIRO; URBINATI, 2005). Foi considerado completo o tempo de trânsito gastrointestinal dos peixes de um tratamento, quando todas as amostras receberam nota 1,00, ou seja, as fezes apresentaram cor totalmente verde.

Ensaio de digestibilidade

Os coeficientes de digestibilidade aparente foram determinados pelo método de coleta parcial das fezes dos peixes, utilizando-se 1% de óxido de cromo como marcador inerte. Após três semanas de adaptação às condições experimentais, os peixes foram alimentados durante cinco dias com as dietas experimentais contendo diferentes fontes de fibra, antes de serem

transferidos para os aquários de coleta de fezes. As fezes foram coletadas repetidamente, com intervalos de 25 minutos, e armazenadas em congelador até que fosse alcançada uma quantidade suficiente para a determinação de energia bruta, proteína e marcadores.

As análises de proteína bruta (HORWITZ, 1997) foram realizadas no Laboratório do Setor de Avicultura da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV) – UNESP, câmpus de Jaboticabal.

Tabela 1 – Ingredientes e composição das dietas contendo diferentes fontes de fibra para o pacu

Ingredientes (%)	Farelo de soja	Casca de soja	Farelo de girassol	P. cítrica 30%	P. cítrica 45%
Polpa cítrica	-	-	-	30,0	45,0
Casca soja	-	26,4	-	-	-
Farelo de girassol	-	-	37,0	-	-
Farelo de soja	29,7	-	-	-	-
Celulose purificada	8,4	-	-	6,1	3,7
Farinha de peixe	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
Glúten milho	5,0	23,0	8,8	25,6	24,5
Amido milho	29,6	23,9	26,7	12,6	1,8
Óleo de soja	4,8	4,2	5,0	4,2	4,0
Calcário calcítico	1,5	1,5	1,5	0,5	-
Suplemento vit. e mineral ¹	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Composição calculada/analísada					
Proteína bruta (%) ²	29,91	30,68	28,93	30,49	30,56
Proteína digestível (%) ³	23,03	23,06	23,05	23,03	23,03
Energia bruta (kcal/kg) ²	4250	4329	4452	4389	4363
Energia digest. (kcal/kg) ³	3267	3271	3202	3288	3207
Extrato etéreo (%) ²	6,64	6,66	6,74	6,58	6,65
Fibra bruta (%) ²	9,05	9,08	9,10	9,02	9,02
Fibra alimentar total (%) ²	16,66	22,56	18,97	19,93	26,52
Fibra alim. solúvel (%) ²	1,86	2,59	2,10	6,01	9,48
Fibra alim. insolúvel (%) ²	14,80	19,97	16,87	13,92	17,04
Amido (%) ²	14,8	26,4	27,7	18,4	11,1
ENN (%) ³	36,12	34,81	36,28	35,88	34,93
Matéria mineral (%) ³	7,28	6,93	7,33	7,65	8,56
Calcio (%) ³	2,01	2,06	2,00	2,00	2,03
Fósforo total (%) ³	0,92	0,84	1,08	0,87	0,90

Legenda: ¹ Composição por quilo: Vit. A – 5.000.000 UI; Vit. D₃ – 200.000 UI; Vit. E – 5.000 UI; Vit. K₃ – 1.000 mg; Vit C – 15.000 mg; Vit B₁₂ – 4.000 mg; Vit. B₁ – 1.500 mg; Vit. B₂ – 1.500 mg; Vit. B₆ – 1.500 mg; Biotina – 50 mg; Ácido fólico – 500 mg; Ácido pantotêmico – 4.000 mg; B.H.T. – 12,25 g; Colina – 40 g; Fe – 5.000 mg; Cu – 500 mg; Mn – 1.500 mg; Co – 10 mg; I – 50 mg; Se – 10 mg e Zn – 5.000 mg.

² Composição bromatológica analisada (HORWITZ, 1997).

³ Composição bromatológica calculada (ROSTAGNO et al., 2005).

As determinações de energia bruta (bomba calorimétrica) e do óxido de cromo (FUKURAWA; TSUKAHARA, 1966) foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal (LANA) da FCAV-UNESP, câmpus de Jaboticabal. Todas as análises foram realizadas com base na matéria seca, determinada segundo Horwitz (1997).

A partir dos resultados das análises quantitativas dos marcadores, e de posse dos valores dos nutrientes presentes nas dietas e nas excretas, os coeficientes de digestibilidade da proteína e da energia das dietas foram estimados por meio da seguinte equação, proposta por Nose (1966):

$$CDA = 100 - \left[100 \left(\frac{\% \text{ marcador na dieta}}{\% \text{ marcador nas fezes}} \times \frac{\% \text{ nutrientes nas fezes}}{\% \text{ nutrientes na dieta}} \right) \right]$$

Delineamento experimental

Na avaliação do tempo de trânsito gastrointestinal, o delineamento experimental foi realizado em parcelas subdividas, sendo estas inteiramente casualizadas com cinco tratamentos (fontes de fibra) e oito repetições em cada tempo de observação. No ensaio de digestibilidade, o delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com cinco tratamentos (fonte de fibra) e quatro repetições.

Análises estatísticas

A análise estatística dos resultados foi realizada com a utilização do programa estatístico SAS 8.0.

Foram conduzidos os testes de normalidade e homocedasticidade, e as diferenças avaliadas por meio da análise de variância dos resultados (ANOVA). O efeito principal entre os tratamentos foi comparado pelo teste de Tukey ou Duncan, de acordo com o coeficiente de variação.

Resultados e discussão

Tempo de trânsito gastrointestinal

A utilização de diferentes ingredientes fibrosos nas dietas afetou ($p < 0,05$) o tempo de trânsito gastrointestinal dos juvenis de pacu (Tabela 2). A comparação entre os diferentes horários de observação mostrou que nos peixes alimentados com a dieta contendo farelo de soja, as pontuações obtidas após 20 horas de experimento não diferiram ($p > 0,05$) daquelas obtidas após 22 horas, quando a pontuação de todos os peixes foi igual a 1,00. Portanto, considerou-se que o tempo de trânsito gastrointestinal para a dieta contendo farelo de soja foi de 20 horas.

O farelo de soja é um ingrediente proteico muito utilizado em rações de peixes, que já foi avaliado com sucesso como substituto da farinha de peixe em dietas de juvenis de pacu (FERNANDES; CARNEIRO; SAKOMURA, 2001). Esse ingrediente é rico em carboidratos, mas não possui um nível muito elevado de fibra bruta (7,58%), exigindo a suplementação com celulose purificada para atingir o nível de 9%, a fim de manter as rações experimentais com o mesmo nível de fibra bruta.

A dieta contendo farelo de soja foi formulada com o objetivo de servir como referência para os outros tratamentos. O resultado de tempo de trânsito encontrado para essa dieta foi o mesmo obtido

Tabela 2 – Notas atribuídas para a coloração das fezes na avaliação do tempo de trânsito gastrointestinal de juvenis de pacu alimentados com dietas contendo diferentes fontes de fibra

(Continua)

Tempo de observação (horas)	Fontes de Fibra					CV (%)
	Farelo de soja	Casca de soja	Farelo de girassol	Polpa Cítrica 30%	Polpa Cítrica 45%	
8	0,00±0,00d	0,00±0,00c	0,00±0,00d	0,04±0,10e	0,13±0,13d	-
10	0,32±0,12Ac	0,00±0,00Bc	0,06±0,11Bd	0,08±0,13Be	0,32±0,12Abc	67,6
12	0,29±0,17Ac	0,00±0,00Bc	0,25±0,14Ac	0,00±0,00Be	0,25±0,16AcD	75,8

Tabela 2 – Notas atribuídas para a coloração das fezes na avaliação do tempo de trânsito gastrointestinal de juvenis de pacu alimentados com dietas contendo diferentes fontes de fibra

(Conclusão)

Tempo de observação (horas)	Fontes de Fibra					CV (%)
	Farelo de soja	Casca de soja	Farelo de girassol	Polpa Cítrica 30%	Polpa Cítrica 45%	
14	0,29 ± 0,17Ac	0,04 ± 0,10Bc	0,50 ± 0,29Ab	0,28 ± 0,09Ad	0,34 ± 0,19Abc	61,6
16	0,40 ± 0,14Ac	0,31 ± 0,13Ab	0,56 ± 0,17Ab	0,45 ± 0,21Ac	0,45 ± 0,21Ab	39,0
18	0,60 ± 0,14BCb	0,46 ± 0,10Cb	0,67 ± 0,12Bb	0,75 ± 0,20ABb	0,86 ± 0,13Aa	20,3
20	0,88 ± 0,13Aa	0,46 ± 0,22Bb	0,88 ± 0,14Aa	0,84 ± 0,13Aab	0,86 ± 0,18Aa	22,0
22	1,00 ± 0,00Aa	0,88 ± 0,14Aab	0,92 ± 0,13Aba	0,84 ± 0,13Bab	1,00 ± 0,00Aa	10,1
24	-	0,95 ± 0,11a	1,00 ± 0,00a	1,00 ± 0,00a	-	-
26	-	1,00 ± 0,00a	-	-	-	-
CV (%)	26,46	22,07	27,07	24,98	27,49	

Nota: Médias seguidas de letras iguais na vertical (minúsculas) e na horizontal (maiúsculas) não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p > 0,05$).

para juvenis de pacu alimentados com dieta peletizada contendo 9% de fibra bruta (RODRIGUES et al., 2010). O tempo de trânsito foi de apenas 14 horas para juvenis de pacu alimentados com dieta extrusada contendo 8,5% de fibra bruta (DIAS-KOBERSTEIN; CARNEIRO; URBINATI, 2005), mas, no referido estudo, o processamento da dieta pode ter alterado o funcionamento do trato gastrointestinal.

Para os peixes alimentados com a dieta contendo casca de soja, o tempo de trânsito gastrointestinal foi de 22 horas. Todas as dietas foram formuladas com o mesmo nível de fibra bruta (9%); contudo, as análises de fibra alimentar insolúvel mostraram que a dieta contendo casca de soja possuía o teor mais elevado entre todos os tratamentos (19,97%). A casca de soja contém mais de 80% de carboidratos complexos indigestíveis (GNANASAMBANDAM; PROCTOR, 1999). Essa composição diferenciada faz com que este ingrediente se expanda como uma esponja quando umedecido, fato que gerou dificuldades durante a peletização das dietas e pode ter obstruído o trato digestório dos juvenis de pacu, atrasando o tempo de trânsito gastrointestinal ($p < 0,05$) em relação aos outros tratamentos.

Para as dietas contendo farelo de girassol e 30% de polpa cítrica, o tempo de trânsito gastrointestinal considerado foi de 20 horas. Neste tempo, a comparação entre os tratamentos mostrou que essas dietas produziram pontuações que não diferiram ($p > 0,05$) da dieta contendo farelo de soja, cujo

tempo de trânsito também foi de 20 horas. A variação na composição de carboidratos desses ingredientes foi insuficiente para provocar alterações no tempo de trânsito gastro intestinal.

O tempo de trânsito gastrointestinal para os peixes alimentados com a dieta contendo 45% de polpa cítrica foi de 18 horas, mais rápido ($p < 0,05$) em relação aos outros tratamentos. A comparação entre os tratamentos nesse tempo confirmou tal resultado e mostrou que essa dieta realmente proporcionou pontuações menores ($p < 0,05$) se comparada às outras, não diferindo somente da dieta contendo 30% de polpa cítrica.

As análises de fibras alimentares mostraram que as dietas contendo polpa cítrica possuíam níveis mais elevados de fibra alimentar solúvel (6,01% e 9,48%) em relação às outras dietas (cerca de 2%). Tal nutriente normalmente está relacionado ao aumento no tempo de trânsito gastrointestinal de monogástricos (MONTAGNE; PLUSKE; HAMPSON, 2003).

Entretanto, efeito inverso sobre o tempo de trânsito também pode ser observado. Algumas espécies, quando alimentadas com dietas contendo níveis elevados de fibra, teriam a capacidade de aumentar a secreção de fluídos endógenos no intestino, ampliando a ação do peristaltismo e reduzindo o tempo de trânsito gastrointestinal (WENK, 2001). Juvenis de salmão do Atlântico alimentados com dietas ricas em fibra solúvel, aparentemente, foram capazes de adotar tal estratégia, aumentando o teor de umidade do bolo

alimentar (REFSTIE et al., 1999). Os juvenis de pacu também parecem ser capazes de adotar uma tática semelhante, e a diminuição no tempo trânsito gastrointestinal pode ser um indício do aumento da secreção de fluidos endógenos no intestino, provocado pelo excesso de fibra solúvel na dieta.

A casca de soja e a polpa cítrica (45%) provocaram alterações no tempo de trânsito gastrointestinal em relação aos outros ingredientes utilizados. Contudo, a dieta contendo casca de soja atrasou o tempo de trânsito, e aquela com 45% de polpa cítrica provocou o efeito inverso, mostrando evidências de que, em função das variações na composição de fibras alimentares e carboidratos complexos, esses dois ingredientes alteram de forma diferente o funcionamento do sistema digestório de juvenis de pacu.

Ensaio de digestibilidade

Os resultados dos coeficientes de digestibilidade aparente da proteína e da energia das dietas experimentais, contendo diferentes fontes de fibra estão apresentados na Tabela 3. Os peixes alimentados com a dieta contendo casca de soja apresentaram menores ($p < 0,05$) coeficientes de digestibilidade aparente da proteína e da energia, em relação às outras dietas experimentais.

A piora na digestibilidade da proteína e da energia pode ser consequência do atraso no tempo de trânsito gastrointestinal dos juvenis de pacu, provocado pela casca de soja. A utilização de dietas contendo farelo de soja com casca também piorou a digestibilidade da proteína no salmão do Atlântico (REFSTIE et al., 1999). Pedron et al. (2008) observaram que a utilização de casca de soja na dieta de juvenis de jundiá (*Rhamdia quelen*) aumentou a porcentagem de gordura no filé, alteração fisiológica

que pode evidenciar a piora no aproveitamento da proteína (NELSON; COX, 2006).

Além das alterações que podem provocar no funcionamento do trato gastrointestinal, alguns tipos de fibra alimentar também têm capacidade de se ligar a micelas de gordura do alimento, que se tornam indisponíveis para absorção e são eliminadas do trato juntamente com as fezes, reduzindo a eficiência de absorção deste nutriente no intestino e a digestibilidade da energia do alimento (CUMMINGS; EDMOND; MAGEE, 2004; KNUDSEN, 2001; MADAR; THORNE, 1987; MONTAGNE; PLUSKE; HAMPSON, 2003; SCHNEEMAN, 1998).

A dieta contendo 45% de polpa cítrica acelerou o tempo de trânsito gastrointestinal dos juvenis, mas não alterou ($p > 0,05$) a digestibilidade da proteína e da energia. Embora existam evidências de que as fibras alimentares solúveis, presentes em abundância na polpa cítrica, possam piorar a digestibilidade de nutrientes (LEENHOUWERS et al., 2006), tal resultado não foi observado no presente estudo.

Os teores de carboidratos fibrosos nas dietas podem ajudar a explicar os resultados obtidos neste estudo. Entretanto, não se pode desconsiderar os efeitos sinérgicos e a interação que existe entre os nutrientes dos ingredientes. Pela análise dos resultados do presente estudo, ficou evidente a relevância de trabalhos sobre a utilização de diferentes ingredientes fibrosos na alimentação dos peixes.

Conclusão

A partir dos resultados obtidos, pode-se concluir que cada ingrediente fibroso, em função de sua composição de fibras alimentares e carboidratos complexos, afeta de forma particular o tempo de trânsito gastrointestinal e a digestibilidade da proteína e da energia dos juvenis de pacu.

Tabela 3 – Coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) da proteína e da energia obtidos para juvenis de pacu alimentados com dietas contendo diferentes fontes de fibra

(%)	Farelo de soja	Casca de soja	Farelo de girassol	Polpa cítrica 30%	Polpa cítrica 45%	CV (%)
CDA proteína	91,3 ± 3,3a	81,6 ± 2,9b	90,0 ± 2,5a	91,0 ± 1,5a	90,1 ± 2,1a	4,88
CDA energia	83,4 ± 6,0a	52,2 ± 8,1b	75,8 ± 5,9a	81,7 ± 2,6a	78,6 ± 4,6a	17,66

Nota: Médias acompanhadas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Referências

- ABIMORAD, E. G.; CARNEIRO, D. J. Métodos de coleta de fezes e determinação dos coeficientes de digestibilidade da fração proteica e da energia de alimentos para o pacu (*Piaractus mesopotamicus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 5, p. 1101-1109, 2004.
- ABIMORAD, E. G.; CARNEIRO, D. J. Digestibility and performance of pacu (*Piaractus mesopotamicus*) juveniles – fed diets containing different protein, lipid and carbohydrate levels. **Aquaculture Nutrition**, v. 13, n. 1, p. 1-9, 2007.
- ABIMORAD, E. G.; CARNEIRO, D. J.; URBINATI, E. C. Growth and metabolism of pacu (*Piaractus mesopotamicus*) juveniles fed diets containing different protein, lipid and carbohydrate levels. **Aquaculture Research**, v. 38, p. 36-44, 2007.
- BIJLANI, R. L. Dietary fiber: consensus and controversy. **Progress in Food and Nutrition Science**, v. 9, p. 343-393, 1985.
- CUMMINGS, J. H.; EDMOND, L. M.; MAGEE, E. A. Dietary carbohydrates and health: do we still need the fiber concept? **Clinical Nutrition supplements**, v. 1, n. 2, p. 5-17, 2004.
- DIAS-KOBERSTEIN, T. C. R.; CARNEIRO, D. J.; URBINATI, E. C. Tempo de trânsito gastrintestinal e esvaziamento gástrico do pacu (*Piaractus mesopotamicus*) em diferentes temperaturas de cultivo. **Acta Scientiarum: Animal Sciences**, v. 27, p. 413-417, 2005.
- DIEMAIR, W. **Laboratoriumsbook für Lebensmittelchemiker**. Dresden: Verlag Von Theodor Steinkopff, 1963.
- FABREGAT, T. E. H. P. et al. Digestibilidade aparente da energia e da proteína de ingredientes selecionados para juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus*). **Revista Acadêmica de Ciências Agrárias e Ambientais**, v. 6, n. 4, p. 459-464, 2008.
- FERNANDES, J. B. K.; CARNEIRO, D. J.; SAKOMURA, N. K. Fontes e níveis de proteína bruta em dietas para alevinos de pacu (*Piaractus mesopotamicus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 3, p. 646-653, 2000.
- FERNANDES, J. B. K.; CARNEIRO, D. J.; SAKOMURA, N. K. Fontes e níveis de proteína bruta em dietas para juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 3, p. 617-626, 2001.
- FUKURAWA, A.; TSUKAHARA, H. On the acid digestion for the determination of chromic oxide as an index substance in the study of fish feed. **Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries**, v. 32, n. 6, p. 502-506, 1966.
- GNANASAMBANDAM, R.; PROCTOR, A. Preparation of soy hull pectin. **Food Chemistry**, v. 65, n. 4, p. 461-467, 1999.
- HORWITZ, W. (Ed.). **Official methods of analysis of AOAC Internacional**. 16th ed. Gaithersburg: AOAC International, 1997.
- KNUDSEN, K. E. The nutritional significance of “dietary fiber” analysis. **Animal Feed Science and Technology**, v. 90, p. 3-20, 2001.
- LEENHOUWERS, J. I. et al. Digesta viscosity, nutrient digestibility and organ weights in African catfish (*Clarias gariepinus*) fed diets supplemented with different levels of a soluble non-starch polysaccharide. **Aquaculture Nutrition**, v. 12, n. 2, p. 111-116, 2006.
- MADAR, Z.; THORNE, R. Dietary fiber. **Progress in Food and Nutrition**, v. 11, p. 153-174, 1987.
- MCDUGALL, G. J. et al. Plant cell wall as dietary fiber: range, structure, processing and function. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 70, p. 133-150, 1996.
- MONTAGNE, L.; PLUSKE, J. R.; HAMPSON, D. J. A review of interactions between dietary fiber and intestinal mucosa, and their consequences on digestive health in young no-ruminant animals. **Animal Feed Science and Technology**, v. 108, p. 95-117, 2003.
- NELSON, D. L.; COX, M. M. **Lehninger**: princípios de bioquímica. São Paulo: Sarvier, 2006.
- 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.
- PEDRON, F. A. et al. Cultivo de jundiás alimentados com dietas com casca de soja ou de algodão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 1, p. 93-98, 2008.
- PROSCKY, L. et al. Determination of total dietary fiber in foods, food products and total diets: interlaboratorial study. **Journal of the Association of Official Analytical Chemists**, v. 67, p. 1044-1052, 1984.

REFSTIE, S. et al. Nutrient digestibility in salmon and broiler chickens related to viscosity and non-starch polysaccharide content in different soyabean products. **Animal Feed Science and Technology**, v. 79, p. 331-345, 1999.

RODRIGUES, L. A. et al. Digestibilidade e tempo de trânsito gastrointestinal de pacus alimentados com níveis crescentes de fibra bruta. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 32, p. 169-173, 2010.

ROSTAGNO, H. S. et al. **Composição de alimentos e exigências nutricionais: tabelas brasileiras**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2005.

SCHNEEMAN, B. O. Dietary fiber and gastrointestinal function. **Nutrition Research**, v. 18, p. 625-632, 1998.

URBINATI, E. C.; GONÇALVES, F. D. Pacu (*Piaractus mesopotamicus*). In: BALDISSEROTO, B.; GOMES, L. C. (Ed.). **Espécies nativas para piscicultura no Brasil**. Santa Maria: Ed. da UFSM, 2005.

WENK, C. The role of fiber in digestive physiology of the pig. **Animal Feed Science and Technology**, v. 90, p. 21-33, 2001.

Recebido: 28/03/2011

Received: 03/28/2011

Aprovado: 04/10/2011

Approved: 10/04/2011