

## DIGESTIBILIDADE DO AMIDO E DISPONIBILIDADE DE Ca e P EM ALIMENTOS ENERGÉTICOS EXTRUSADOS PARA A TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis niloticus*)

IGO GOMES GUIMARAES<sup>1</sup>, LUIZ EDIVALDO PEZZATO<sup>2</sup>, MARGARIDA MARIA BARROS<sup>2</sup>, LEONARDO TACHIBANA<sup>3</sup>, ROSANGELA DO NASCIMENTO FERNANDES<sup>4</sup>

<sup>1</sup> – Professor Doutor, Universidade Federal de Goiás, Campus Jataí, GO – igoguimaraes@gmail.com

<sup>2</sup> – Professores Doutores Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho – Botucatu, SP

<sup>3</sup> – Pesquisador científico da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios - Instituto de Pesca – São Paulo, SP

<sup>4</sup> – Doutoranda do Centro de Aquicultura da Unesp – Caunesp – Jaboticabal, SP

### RESUMO

O coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) do amido e a disponibilidade aparente do cálcio (Ca) e fósforo (P) de cinco alimentos energéticos (milho, farelo de trigo, quirera de arroz, farelo de arroz e sorgo) foram avaliados para a tilápia do Nilo. O óxido de crômio-III foi utilizado como indicador inerte das rações. Apresentaram os maiores CDA do Ca e P, respectivamente, a quirera de arroz (43,03 e 64,79%),

o sorgo (39,89 e 58,09%) e o milho (22,18 e 19,48%), enquanto o farelo de arroz (-31,49 e 3,25%) e o farelo de trigo (5,80 e 1,18%) apresentaram os menores valores. A digestibilidade do amido apresentou-se entre 99,45 e 95,59% entre os alimentos energéticos avaliados. O alto CDA do amido observado neste estudo confirma a grande capacidade da tilápia do Nilo de utilizar carboidratos nas formas mais complexas.

**PALAVRAS-CHAVE:** carboidratos; CDA; extrusão; minerais; tilápia.

### STARCH DIGESTIBILITY AND Ca AND P AVAILABILITY IN CEREAL GRAIN PRODUCTS AND BY-PRODUCTS IN EXTRUDED DIETS FOR NILE TILAPIA (*Oreochromis niloticus*)

### ABSTRACT

Apparent digestibility coefficients (ADC) of starch and calcium (Ca) and phosphorus (P) apparent availability were evaluated in five cereal grain products and by-products (corn, wheat meal, rice grain, rice bran and sorghum) for Nile tilapia. Chromic oxide was used as an external digestibility marker. The highest Ca and P apparent availability, respectively, were obtained for rice grain (43.03 and 64.79%), sorghum (39.89 and 58.09%)

and corn (22.18 and 19.48%), while rice bran (-31.49 and 3.25%) and wheat meal (5.80 and 1.18%) showed the lowest values. Starch digestibility varied between 99.45 and 95.59% among the evaluated ingredients. This high ADC of starch observed in this study confirms that Nile tilapia is able to efficiently digest and utilize complex carbohydrates.

**KEYWORDS:** ADC; carbohydrates; extrusion; mineral; tilapia.

## INTRODUÇÃO

A aquicultura intensiva contemporânea requer a utilização de uma alimentação balanceada, à base de rações formuladas com os mais diversos ingredientes e processos de elaboração para um melhor aproveitamento pelos peixes. O impacto da piscicultura na poluição dos corpos d'água tem ganhado importância mundial visto o atual crescimento desta atividade. Com isso, vários autores têm salientado a importância do conhecimento da disponibilidade dos nutrientes nas rações e do desenvolvimento de dietas que reduzam a carga poluente gerada pela aquicultura, principalmente em relação à emissão de fósforo (P) e outros minerais no ambiente, fator determinante para o processo de eutrofização do meio (CHO & BUREAU, 2001; MACMILLAN et al., 2003; TACON & FORSTER, 2003; HUA et al., 2005; SUGIURA et al., 2006).

O coeficiente de digestibilidade aparente (CDa) é uma das formas mais práticas para se estimar a disponibilidade dos nutrientes nos alimentos e pode ser utilizado na escolha de alimentos que melhorem o valor nutritivo e o custo das rações (FAGBENRO, 1998). Desta maneira, grupos de pesquisa trabalham com diferentes espécies de peixes no sentido de obterem valores de nutrientes digestíveis para a indústria de alimentos.

Estudos demonstram que há significativa melhora na disponibilidade do fósforo em ingredientes de origem vegetal após o processo de extrusão, devido à redução entre 13-35% no conteúdo de fitato; entretanto, os resultados dos estudos são contraditórios (CHEFTEL, 1986).

A baixa digestibilidade de alguns alimentos de origem vegetal tem sido atribuída à quantidade e composição química do amido nesses alimentos. Adicionalmente, o hábito alimentar das espécies de peixes parece influenciar a utilização de carboidratos, sendo as espécies onívoras e herbívoras aquelas que aproveitam melhor essa fração dos alimentos quando comparadas às espécies de peixes carnívoras (MCGOOGAN & REIGH, 1996). Desta forma, pesquisas anteriores têm demonstrado que a tilápia é capaz de utilizar mais eficientemente os carboidratos complexos que as formas mais simples (mono e dissacarídeos) (SHIAU, 1997). Apesar de o efeito do processamento da dieta sobre os coeficientes de digestibilidade dos alimentos já ter sido avaliado (TAKEUCHI et al., 1994; CHEN e HARDY, 2003), os estudos que determinam a digestibilidade do amido nos alimentos após processo de extrusão ainda são escassos.

Como se mostra clara a escassez de literatura relacionada ao efeito da extrusão sobre a

disponibilidade dos nutrientes nos alimentos e rações para tilápia do Nilo, objetivou-se com este estudo avaliar a digestibilidade do amido e a disponibilidade de cálcio (Ca) e fósforo (P) de cinco alimentos energéticos extrusados para essa espécie.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Universidade Estadual Paulista (UNESP), no Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos (AquaNutri) do Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal (DMNA), da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Campus de Botucatu, SP.

Os alimentos avaliados no presente estudo foram o milho, farelo de trigo, quirera de arroz, farelo de arroz e sorgo. Todos os ingredientes foram moídos de forma a se apresentarem com diâmetro inferior a 500µm. Em seguida, foram incorporados a uma dieta referência prática (Tabela 1) na relação de 6:4 (60,0% da dieta referência e 40,0% do alimento-teste).

Tabela 1. Composição da dieta referência

Ingredientes	g/100g da dieta
Farelo de soja	57,50
Farinha de peixe	5,50
Quirera de arroz	27,40
Farelo de trigo	2,00
Óleo de soja	0,50
Suplemento vitamínico <sup>a</sup>	0,10
Suplemento mineral <sup>b</sup>	0,30
Ácido ascórbico	0,08
Óxido de crômio	0,10
L-Lisina	0,70
DL-Metionina	0,45
Treonina	0,40
Fosfato bicálcico	3,00
Calcário calcítico (se for)	1,85
Cloreto de sódio	0,10
Antioxidante (BHT) <sup>c</sup>	0,02

<sup>a</sup> Suplemento vitamínico, níveis de garantia por kg da dieta: vitamina A, 16060 UI; vitamina D<sub>3</sub>, 4510 UI; vitamina E, 250 UI; vitamina K, 30 mg; vitamina B<sub>1</sub>, 32 mg; vitamina B<sub>2</sub>, 32 mg; pantotenato de cálcio, 80 mg; niacina, 170 mg; biotina, 10 mg; ácido fólico, 10 mg; vitamina B<sub>12</sub>, 32 µg; vitamina B<sub>6</sub>, 32 mg.

<sup>b</sup> Suplemento mineral, níveis de garantia por kg da dieta: Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>, 0,7 mg; MnO, 50 mg; ZnO, 150 mg; FeSO<sub>4</sub>, 150 mg; CuSO<sub>4</sub>, 20 mg; CoSO<sub>4</sub>, 0,5 mg; I<sub>2</sub>Ca, 1 mg.

<sup>c</sup> antioxidante Butil hidroxitolueno

O óxido de crômio-III foi usado como marcador externo na concentração de 0,1% da ração de acordo com BREMER NETO et al. (2005). As dietas foram mecanicamente homogeneizadas e água

foi adicionada (25,0% do peso natural) em misturador automático (Ação Científica®) e então foram submetidas à extrusão (extrusora de rosca simples - Extrutech®), de forma a se obterem péletes com aproximadamente 5,0mm de diâmetro. As dietas foram secas em estufa com recirculação forçada de ar a 55,0°C, por cerca de 12 horas, e armazenadas em freezer a -18,0°C.

Para determinação do coeficiente de digestibilidade aparente, utilizaram-se seis aquários de alimentação, com formato circular e capacidade de 250 litros de volume cada, onde as dietas experimentais foram distribuídas aleatoriamente, e outros três aquários para a coleta de fezes, com formato cônico e capacidade de 250 litros. Tanto os aquários de alimentação quanto os de coleta de fezes estavam ligados a um sistema de recirculação de água, com filtro físico e biológico e temperatura da água mantida por meio de termostato eletrônico e digital a  $27,0 \pm 0,5^\circ\text{C}$ .

Os peixes (90 juvenis de tilápia do Nilo, com peso médio de  $150 \pm 16,5$  g) foram alojados em seis tanques-rede de formato circular (80,0 cm de diâmetro e 60,0cm de altura) confeccionados em tela plástica (malha de 1,5 cm entre nós). Os tanques foram utilizados para abrigar os peixes e facilitar o manejo de alimentação e coleta de fezes. Os peixes foram mantidos nos aquários de alimentação onde receberam refeições à vontade.

Em seguida, foram transferidos para os aquários de coleta de fezes e permaneceram até a manhã do dia subsequente. Esses tanques, dotados de um sistema de coleta de fezes por gravidade, possibilitaram a obtenção do material para análise.

O período de coleta de fezes de cada um dos ingredientes foi de três dias para cada tanque, compondo material necessário para uma repetição,

sendo as dietas distribuídas aleatoriamente a cada período de coleta, de forma a compor quatro repetições por alimento. As fezes foram secas em estufa de ventilação forçada a 52°C e moídas. As análises de amido, cálcio e fósforo dos ingredientes e das fezes foram realizadas de acordo com os protocolos do AOAC (1995), no laboratório de alta tecnologia Labtec em Campinas, SP, e a concentração de óxido de cromo no Laboratório de Bromatologia do DMNA da UNESP – Campus de Botucatu.

O CDa das dietas-teste dos nutrientes de cada ingrediente foram calculados de acordo com as equações propostas por FORSTER (1999).

O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado com cinco tratamentos (alimentos) e quatro repetições (semanas de coleta). Os dados foram submetidos à ANOVA e quando observada diferença significativa foi aplicado o teste de comparação de médias de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. O programa utilizado para as análises estatísticas foi o SAS (*Statistical Analysis System*), versão 8.12 (SAS INSTITUTE, 1985).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O CDa do amido e a disponibilidade aparente do Ca e P estão apresentados na Tabela 2. Entre os alimentos que apresentaram maior disponibilidade para o Ca e o P destacam-se a quirera de arroz e o sorgo, enquanto o farelo de arroz e o farelo de trigo apresentaram os menores valores de disponibilidade.

Tendência similar foi observada para o CDa do amido; entretanto, a quirera de arroz, o sorgo e o farelo de trigo apresentaram valores de digestibilidade do amido similares.

Tabela 2. Coeficiente de digestibilidade aparente do amido e disponibilidade aparente de cálcio e fósforo de ingredientes energéticos pela tilápia do Nilo (% ,  $n = 4$  aquários)

Nutriente	Milho	Quirera de arroz	Sorgo	Farelo de trigo	Farelo de arroz
Cálcio	22,18 $\pm$ 0,77 <sup>b</sup>	43,03 $\pm$ 1,40 <sup>a</sup>	39,89 $\pm$ 1,42 <sup>a</sup>	5,80 $\pm$ 0,71 <sup>c</sup>	-31,49 $\pm$ 1,73 <sup>d</sup>
Fósforo	19,48 $\pm$ 1,09 <sup>c</sup>	64,79 $\pm$ 1,03 <sup>a</sup>	58,09 $\pm$ 1,50 <sup>b</sup>	1,18 $\pm$ 0,31 <sup>d</sup>	3,25 $\pm$ 0,47 <sup>d</sup>
Amido	96,48 $\pm$ 0,62 <sup>b</sup>	99,45 $\pm$ 0,13 <sup>a</sup>	98,49 $\pm$ 0,57 <sup>a</sup>	99,30 $\pm$ 0,14 <sup>a</sup>	95,59 $\pm$ 1,47 <sup>b</sup>

Médias na mesma linha seguidas de letras diferentes são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

FURUYA et al. (2001) encontraram valores superiores de CDa para o Ca e P, respectivamente, para o milho (79,50% e 45,08%) e o farelo de trigo (76,15% e 29,51%) quando trabalharam com a tilápia utilizando dietas peletizadas. Os autores ainda afirmaram que a menor disponibilidade de minerais

do farelo de trigo pode estar relacionada com o nível de fibra bruta que pode interferir na taxa de passagem e absorção dos mesmos e/ou a presença de P na forma de fitato. O mesmo relatam PASCOAL et al. (2006), que afirmaram haver correlação negativa entre a fibra bruta e a digestibilidade dos nutrientes.

Já os valores de disponibilidade do Ca observados neste estudo para o farelo de trigo foram similares àqueles obtidos por SUGIURA et al. (1998) com o salmão (4,5%) e a truta arco-íris (5,4%), quando trabalharam com dietas extrusadas.

Ressalta-se ainda o valor negativo de disponibilidade do Ca obtido para o farelo de arroz. Esse fato tem sido descrito pela literatura em relação à disponibilidade de alguns minerais, principalmente o Ca, para peixes. O baixo coeficiente de disponibilidade do Ca deve-se ao fato desse mineral encontrar-se em baixa quantidade nos ingredientes de origem vegetal e, dependendo das perdas endógenas ou da presença de fitatos, fibras e outros ligantes nesses ingredientes, a quantidade de Ca observada nas fezes pode ser maior que a ingestão/absorção (CHAMPAGNE, 1989). SUGIURA et al. (1998) salientaram ainda que a baixa disponibilidade do Ca, diferente de outros minerais, pode ser devido à estrita regulação da absorção, ou mesmo pelo Ca precipitar-se no lúmen intestinal sob a forma de fosfato de Ca, impedindo sua absorção.

Deve-se salientar que os peixes possuem alta capacidade de regular a absorção de alguns minerais (principalmente o Ca) através das brânquias, podendo acarretar em CDa negativo devido à baixa absorção pelo trato gastrointestinal, tornando a taxa de excreção maior que a absorção.

Os valores de disponibilidade do P observados neste estudo são inferiores aos reportados por SUGIURA et al. (1998) com o salmão e a truta arco-íris. Esses autores obtiveram valores entre 4,01 e 55,3% para o farelo de trigo.

Essas diferenças entre estudos podem estar relacionadas a diferentes fatores. Entre eles ressaltam-se as diferenças anatomofisiológicas entre as espécies, o método de coleta de fezes empregado e o processamento utilizado para a confecção das dietas. Apesar de as dietas terem sido extrusadas, parece que o processamento não influenciou na disponibilidade do fósforo no farelo de arroz e farelo de trigo, visto que esses ingredientes apresentam boa parte do seu conteúdo em P na forma de fitatos. CHEFTEL (1986) ressaltava que, apesar de alguns estudos demonstrarem uma redução entre 15-35% no conteúdo de fitatos de alimentos extrusados, os estudos que consideram o efeito da extrusão sobre a disponibilidade de minerais ainda encontram-se escassos e contraditórios.

Os CDa's do amido obtidos neste estudo apresentaram-se elevados para todos os ingredientes, sendo a quirera de arroz, o sorgo e o farelo de trigo os ingredientes que apresentaram maior digestibilidade.

LUPATSCHE et al. (1997) obtiveram valores

inferiores (77,0%) de digestibilidade para a fração carboidrato do trigo integral com o *gilthead seabream*. Entretanto, a comparação de dados de outros estudos com a presente pesquisa fica difícil pelo fato de a maioria dos estudos calcular a digestibilidade de carboidratos totais, ou mesmo considerar a fração extrativo não-nitrogenado como carboidrato, enquanto nesta pesquisa foi realizada a quantificação do amido.

A menor digestibilidade do amido observada para o farelo de arroz e o milho pode estar relacionada com a composição do amido (proporção entre amilose e amilopectina) desses alimentos e uma possível formação de complexos cristalinos resistentes à hidrólise entre a fração amilose do amido e lipídeos polares, durante o processo de extrusão (CHEFTEL, 1986).

O alto CDa do amido observado neste estudo confirma a grande capacidade da tilápia do Nilo de utilizar carboidratos nas formas mais complexas e de tolerar dietas com elevados níveis de carboidratos (DEGANI & REVACH, 1991).

## CONCLUSÕES

A quirera de arroz e o sorgo apresentam alta disponibilidade de Ca e P para a tilápia do Nilo e esta espécie é capaz de utilizar eficientemente o amido presente nos ingredientes energéticos. Estudos são necessários para elucidar o efeito do processamento na disponibilidade de minerais dos ingredientes e, desta forma, reduzir sua excreção para o meio.

## REFERÊNCIAS

- AOAC. **Agriculture Chemicals: Contaminants, Drugs**. 16.ed. Washington: Official Methods of analysis of AOAC International. 1995.
- BREMER NETO, H., GRANER, C.A.F., PEZZATO, L.E., PADOVANI, C.R. Determinação de rotina do crômio em fezes, como marcador biológico, pelo método espectrofotométrico ajustado da 1,5-difenilcarbazida. **Ciência Rural**, v. 25, n. 3, p.691-697, 2005.
- CHAMPAGNE, E.T. Low gastric hydrochloric acid secretion and mineral bioavailability. In: DINTZIS, F.R.; LASZLO, J.A. (Eds.) **Mineral absorption in the monogastric GI tract**. New York: Plenum, 1989. p.173-184.
- CHEFTEL, J.C. Nutritional effects of extrusion-cooking. **Food Chemistry**, v. 20, p. 263-283, 1986.
- CHENG, Z.J.; HARDY, R.W. Effects of extrusion processing of feed ingredients on apparent digestibility coefficients of nutrients for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture nutrition**, v. 9, p.77-83, 2003.

- CHO, C.Y.; BUREAU, D.P. A review of diet formulation strategies and feeding systems to reduce excretory and feed wastes in aquaculture. **Aquaculture**, v. 32, p.349-360, 2001.
- DEGANI, G.; REVACH, A. Digestive capabilities of three commensal fish species: carp, *Cyprinus carpio* L., Tilápia, *Oreochromis aureus* x *O. niloticus*, and African catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell, 1882) **Aquaculture and Fisheries Management**, v. 22, p.397-403, 1991.
- FAGBENRO, O.A. Apparent digestibility of various oilseed cakes/meals in African catfish diets. **Aquaculture International**, v. 6, p. 317-322, 1998.
- FORSTER, I. A note on the method of calculating digestibility coefficients of nutrients provided by single ingredients to feeds of aquatic animals. **Aquaculture Nutrition** (Short Communication), v. 5, p.143-145, 1999.
- FURUYA, W. M.; PEZZATO, L. E.; MIRANDA, E. C.; FURUYA, V. R. B.; BARROS, M. M. Coeficientes de digestibilidade aparente da energia e nutrientes de alguns ingredientes pela tilápia-do-nilo, *Oreochromis niloticus* (L.) (linhagem tailandesa). **Acta Scientiarum**, v. 23, n. 2, p.465-469, 2001.
- HUA, K.; DE LANGE, C.F.M.; NIIMI, A.J.; COLE, G.; MOCCIA, R.D.; FAN, M.Z.; BUREAU, D.P. A factorial model to predict phosphorus waste output of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture Research**, v.39, p.1059-1068, 2008.
- LUPATSCH, I.; KISSIL, G.W.M.; SKLAN, D.; PFEFFER, E. Apparent digestibility coefficients of feed ingredients and their predictability in compound diets for gilthead seabream, *Sparus aurata* L. **Aquaculture Nutrition**, v. 3, p. 81-89, 1997.
- MACMILLAN, J.R.; HUDDLESTON, T.; WOOLEY, M.; FOTHERGILL, K. Best management practice development to minimize environmental impact from large flow-through trout farms. **Aquaculture**, v. 226, p. 91-99, 2003.
- MCGOOGAN, B.B.; REIGH, R.C. Apparent digestibility of selected ingredients in red drum (*Sciaenops ocellatus*) diets. **Aquaculture**, v. 141, p. 233-244, 1996.
- PASCOAL, L. A. F.; MIRANDA, E. C.; SILVA FILHO, F. P. O uso de ingredientes alternativos em dietas para peixes. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.3, n. 1, p. 292-303, 2006 (acesso em 13/04/2011. Disponível em: [http://www.nutritime.com.br/arquivos\\_internos/artigos/02\\_9V3N1P287\\_298\\_JAN2006.pdf](http://www.nutritime.com.br/arquivos_internos/artigos/02_9V3N1P287_298_JAN2006.pdf)
- SHIAU, S.Y. Utilization of carbohydrates in warmwater fish – with particular reference to tilapia, *Oreochromis niloticus* x *O. aureus*. **Aquaculture**, v. 151, p. 79-96, 1997.
- SUGIURA, S.H.; DONG, F.M.; RATHBONE, C.K.; HARDY, R.W. Apparent protein digestibility and mineral availabilities in various feed ingredients for salmonid feeds. **Aquaculture**, v. 159, p.177-202, 1998.
- SUGIURA, S.H.; MARCHANT, D.D.; KELSEY, K.; WIGINS, T.; FERRARIS, R.P. Effluent profile of commercially used low-phosphorus fish feeds. **Environmental Pollution**, v. 140, p.95-101, 2006.
- TACON, A.G.J.; FORSTERS, I.P. Aquafeeds and the environment: policy implications. **Aquaculture**, v. 226, p.181-189, 2003.
- TAKEUCHI, T.T.; HERNÁNDEZ, M.; WATANABE, T. Nutritive value of gelatinized corn meal as a carbohydrate source to grass carp and hibrid tilapia. **Fisheries Science**, v. 50, n.5, p.573-577, 1994.

---

Protocolado em: 04 ago. 2008 Aceito em: 24 abr. 2011.