Processamento de dieta – seus efeitos no aproveitamento de carboidrato para peixes

Claucia Aparecida Honorato[1], Lucina Cristina de Almeida[2] & Gilberto Moraes[2]

[1]Centro Universitário da Grande Dourados (UNIGRAN), Faculdade de Ciências Biológicas e da Saúde, Hospital Veterinário, Rua Balbina de Matos, 2121 – Jd. Universitário CEP 79.824-900 – Dourados/MS - Fone: 55-67-3411-4122 / Fax: 55-67-3411-4167, clauciahonorato@yahoo.com.br,

[2]Universidade Federal de São Carlos, Dept. de Genética e Evolução, Rod. Washington Luiz Km 235, São Carlos, SP, Brazil, CEP 13565-905. Fone 55-16-33518376; Fax 55-16-33518377;

Resumo: A utilização de carboidratos para peixes é aparentemente limitada, embora não haja exigência deste nutriente a sua inclusão na dieta é relevante. A utilização de carboidratos em dietas para peixes representa uma economia na produção de ração por ser economicamente por ter menor custo que as fontes de proteína. A utilização de proteína para fins energéticos é comum no metabolismo de peixe. No entanto, o catabolismo oxidativo de proteína é nutricionalmente e economicamente pouco eficiente, pelo custo metabólico para os peixes. Uma alternativa é a utilização de fontes de energia como efeito poupador de proteína, dentre elas o carboidrato se destaca pela sua facilidade de obtenção e inclusão nas dietas. A utilização de carboidrato está associada a diversos fatores como temperatura de cultivo, regime alimentar associado à estação climática (verão ou inverno), processamento da dieta e nível dos nutrientes. Por isso, estão sendo conduzidos estudos para melhorar o aproveitamento da fonte de carboidratos através do processamento da fonte, como extrusão, micronização, cozimento, objetivando a "desorganização" da estrutura do grânulo de amido, para facilitar a ação da enzima amilase no processo de digestão.

Palavras chave: extrusão, peletização, amido

Introdução

Entre alguns nutrientes de relevância na nutrição, os carboidratos representam uma preocupação para a piscicultura, uma vez que seu aproveitamento é variável em função do hábito alimentar, clima da região, tipo de carboidrato e forma como é

processado. Os carboidratos constituem o grupo de nutriente mais contraditório dentro da alimentação dos peixes. O seu aproveitamento pelos peixes parece estar associado à complexidade de sua molécula. Embora os peixes não tenham exigências dietéticas específicas para carboidratos, a inclusão desse nutriente na formulação das dietas constitui uma importante fonte de energia, representando uma considerável economia na produção de rações (GATLIN, 1999).

Wilson (1994) verificou que os dissacarídeos e polissacarídeos digestíveis favorecem mais acentuadamente o crescimento que os monossacarídeos, assim como o amido cozido ou gelatinizado possui uma melhor digestibilidade e influencia mais acentuadamente o crescimento dos peixes que os amidos crus. Dessa forma, torna-se necessário manipulá-lo tecnologicamente, de tal maneira que aumente a área de contato com as enzimas, o que é conseguido com tratamento térmico. Entre os processamentos de ração mais utilizados na aqüicultura estão a extrusão e a peletização, os quais propiciam modificações benéficas ao amido melhorando o aproveitamento nutricional das rações pelos peixes (JAYARAM; SHETTY, 1981).

Segundo alguns autores, o melhor aproveitamento de carboidratos em rações contendo ingredientes extrusados é devido ao aumento da taxa de amido gelatinizado nas rações. Isso foi observado por Takeuchi et al. (1990) quando compararam alevinos de truta (*Orncorhynchus mykiss*) e carpa (*Cyprinus carpio*) alimentados com dietas contendo fontes de carboidratos (amido de batata, amido de milho, farinha de trigo, milho e centeio) extrusadas ou não. Observaram que, em ambas as espécies, o crescimento e as taxas de eficiência alimentar e eficiência protéica foram maiores em peixes

alimentados com rações contendo ingredientes extrusados, quando comparadas com rações que continham ingredientes crus. Porém, rações formuladas com farinha de trigo, quando submetidas aos dois tratamentos, não mostraram diferença no desempenho dos peixes.

EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE ENERGIA NÃO PROTÉICA

Entre as principais estratégias para otimizar a nutrição de organismos aquáticos está a inclusão cuidadosa de fontes energéticas como os carboidratos e os lipídeos nas dietas, que podem promover o efeito poupador de proteína (WILSON, 1994; SHIAU, 1997).

Os lipídeos são considerados a principal fonte de energia não protéica para peixes, particularmente os ácidos graxos livres derivados de gorduras e óleos (TACON, 1989). Porém, altos níveis de inclusão na dieta poderão influenciar diretamente no tempo de passagem do alimento pelo trato digestório, podendo provocar diarréias nos peixes. Outra limitação está na parte técnica da produção de pellets que podem ser menos estáveis na água devido a problemas de agregação da partícula. Contudo, Watanabe (1982) relata que a fonte preferencial de energia não protéica para peixes é o lipídeo, pois a digestão do carboidrato é muito baixo devido à baixa atividade amilohidrolítica da maioria das espécies de peixes.

Os carboidratos constituem o grupo de nutrientes mais contraditórios dentro da alimentação dos peixes. O uso desta fonte pelos peixes parece estar associada à complexidade de sua molécula. Certas espécies utilizam tanto açúcares simples quanto açúcares complexos, enquanto outras não utilizam nem mesmo os açúcares simples como fonte de energia (SULLIVAN; REIGH, 1995). Por outro

lado, peixes de água temperada como *O. mykiss* não aproveitam carboidratos complexos (HILTON; ATKINSON, 1982).

Embora os peixes não tenham exigências dietéticas específicas para carboidratos, a inclusão desse nutriente na formulação das dietas constitui uma importante fonte de energia, representando uma considerável economia na produção de rações, uma vez que apresentam menor custo em relação aos alimentos protéicos (GATLIN, 1999). Como a catabolismo oxidativo das proteínas é nutricional e economicamente pouco eficiente, a ação poupadora da proteína de fontes de energia tem sido estudada principalmente em espécies de peixes de águas temperadas (MÉDALE et al., 1991), como *O. mykiss* (BEAMISH; MEDLAND, 1986), *Salvelinus namaycush* (JAYARAM; BEAMISH, 1992) e *Salmo truta* (ARZEL et al., 1994); assim como em algumas espécies de águas quentes como o *Clarias gariepinus* (HENKEN et al., 1986; MACHIELS; HENKEN, 1987), *Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus* (SHIAU; CHEN, 1993) e *Colossoma macropomum* (VAN DER MEER et al., 1997). A adição de fontes de energia tem melhorado a eficiência de retenção da proteína, incrementando a energia digestível e também diminuindo as perdas metabólicas de nitrogênio (KAUSHIK; OLIVA-TELES, 1985; MÉDALE et al., 1991).

A utilização de carboidrato está associada a diversos fatores como temperatura de cultivo, regime alimentar associado à estação climática (verão ou inverno), processamento da dieta e nível dos nutrientes (KAUSHIK et al., 1989; VENOU et al., 2003). Por isso alguns autores relatam o melhor aproveitamento de carboidratos em rações contendo ingredientes extrusados, devido ao aumento da taxa de amido gelatinizado nas rações. A

utilização de dietas contendo ingredientes extrusados na alimentação de *Orncorhynchus mykiss* e *Cyprinus carpio* revelou as melhores respostas de crescimento, taxas de eficiência alimentar e eficiência protéica em comparação aos peixes alimentados com ingredientes não-extrusados (TAKEUCHI et al., 1990).

Por isso, estão sendo conduzidos estudos para melhorar o aproveitamento da fonte de carboidratos através do processamento da fonte, como extrusão, micronização, cozimento, entre outros, objetivando a "desorganização" da estrutura do grânulo de amido, para facilitar a ação da enzima amilase no processo de digestão (KAUSHIK; OLIVA-TELES, 1985).

A ESTRUTURA DO CARBOIDRATO

A estrutura do carboidrato é um fator importante no estudo de processamento da dieta para alimentação animal, pois a forma em que este se apresenta no alimento pode provocar mudanças nos índices de desenvolvimento e metabolismo animal. Dentre os muitos tipos de amido o que mais se destaca é o amido do grão de milho que é constituído por dois polímeros de glicose, a amilose (22 a 28%) e a amilopectina (72 a 78%), que formam um complexo altamente organizado, o que dificulta a ação das amilases (LAWRENCE, 1985).

O maior componente do amido é o polimero de glicose que é composto pela amilose e amilopectina cujo interior do grânulo é composto de regiões alternadas em cristalinas e amorfas. A região cristalina ou micelar é composta principalmente por amilopectina, que é uma molécula ramificada constituída de aproximadamente 1400 resíduos de α-

glicose ligadas por ligações glicosídicas do tipo glicosídicas do tipo α-1,4, ocorrendo também ligações α-1,6, sendo resistente à entrada de água e ao ataque enzimático (ROONEY; PFLUGFELDER, 1986). A parte linear das moléculas de amilopectina forma estruturas helicoidais duplas, estabilizadas por pontes de hidrogênio entre grupamentos hidroxila (SOEST et al., 1996; KEETELS et al., 1996). São elas que dão origem às regiões cristalinas dos grânulos, indicada com a responsável pela viscosidade. Já a amilose, é constituída de 250 a 300 resíduos de D-glicopiranose, ligadas por pontes glicosídicas α-1,4, que conferem a molécula uma estrutura helicoidal essencialmente linear (CURA et al., 1995; NILSSON et al., 1996) indicada como a responsável pela propriedade geleificante do amido.

Alguns fenômenos afetam as propriedades dos amidos. Um deles é a gelatinização, o processo de transformação do amido granular em pasta visco elástica (JANG ; PYUN, 1996). Durante o aquecimento de dispersões de amido em presença de excesso de água, inicialmente ocorre o inchamento de seus grânulos até temperaturas nas quais ocorre o rompimento dos grânulos, com destruição da ordem molecular e mudanças irreversíveis nas suas propriedades. A temperatura na qual ocorre este tipo de transformação é chamada de temperatura de gelatinização T(G) (RAGHEB et al., 1996). Por outro lado, quando o amido é aquecido em presença de pequenas quantidades de água, ocorre o rompimento de seus grânulos (FARHAT ; BLANSHARD, 1997).

Essas alterações físicas na molécula do amido podem ser benéficas (WULANSARI et al., 1999) aumentando sua digestibilidade. Grossmann et al. (1998) relatam que a extrusão seria um método empregado

para obtenção de amidos modificados solúveis em água e com elevada capacidade de retenção de água, em razão da gelatinização e dextrinização que ocorrem durante o processo. Esse fenômeno se deve ao fato que durante a gelatinização, os grânulos de amido absorvem água, exudam parte da amilose, e tornam-se mais suscetíveis à degradação enzimática, perdendo a birrefringência (ROONEY; PFLUGFELDER, 1986).

O amido é o principal componente energético dos grãos de cereais (55 a 77%) e no processo de extrusão, contribui na expansão e coesão do produto final, além de ser gelatinizado a uma temperatura de 50 a 80°C, quando o amido torna-se solúvel absorvendo grande quantidade de água (BATAGLIA, 1990; GOELEMA, 1999), o que resulta em melhor digestão enzimática devido a maior facilidade para absorção das enzimas (MELLO JR., 1991). A melhoria na utilização do amido é dependente dos métodos de processamento, das fontes de amido utilizadas e também da espécie animal (THEURER, 1986).

As barreiras físicas para a digestão do amido incluem a cutícula da semente, a matriz protéica que envolve os grânulos de amido e a baixa solubilidade do amido. Alguns processos como a trituração rompem a cutícula, mas normalmente têm pouco efeito sobre a matriz protéica que envolve o amido ou sobre sua solubilidade. A utilização mais completa do amido requer um maior grau de rompimento do grânulo de amido, que pode ser obtido através de rompimento do grânulo de amido, que pode ser obtido através do processamento a vapor apropriado. Os tratamentos que envolvem umidade, calor e pressão causam o rompimento da matriz protéica que recobre e encapsula o grânulo de amido e

aumentam a sua eficiência de utilização (OWENS, 1986).

OS PROCESSAMENTOS DAS DIETAS: EXTRUSÃO OU PELETIZAÇÃO

Diversos tratamentos químicos e físicos tais como peletização e extrusão são utilizados no processamento da dieta, com o objetivo de incrementar a eficiência de sua utilização, refletindo em melhoras no crescimento animal (FARIA et al., 2007).

A extrusão consiste em uma combinação de umidade, pressão (30 a 60 atm), temperatura entre 130 e 150ºC e atrito mecânico, que resulta em alterações físico-químicas como redução da partícula do ingrediente, gelatinização do amido e inativação dos fatores anti-nutricionais (CHENG; HARDY, 2003). Podem também ser formados complexos amilose-lipídeos, desnaturar proteínas e rompem as pontes de hidrogênio (THAKUR; SAXENA, 2000). Durante o processo de extrusão ocorre a gelatinização, cozimento, fricção molecular, esterilização e secagem da matéria prima, reestruturando-a para criar novas texturas e formatos (EXTRUSADOS, 2003).

No inicio do processo, a matéria prima é pesada e encaminhada para o umificador, onde a água é adicionada para chegar ao teor de umidade desejado. Em seguida a matéria prima é encaminhada até o extrusor por meio de uma rosca dosadora. No extrusor, uma rosca sem fim força o material em direção a matriz. Durante esse processo a temperatura se eleva e a pressão dentro do extrusor aumenta. Ao deixar o extrusor à pressão decresce violentamente e a água vaporiza instantaneamente provocando a expansão do material. A forma do produto final pode ser controlada pela forma da matriz de saída. Depois da

extrusão apesar de totalmente cozidos, os produtos devem ser secos (YOSHITOMI, 2004).

O processo de extrusão com relação a outros métodos de cozimento apresenta uma série de vantagens, entre elas a versatilidade, formato do produto, grande capacidade de produção, melhora das características funcionais e da qualidade do alimento final (EXTRUSADOS, 2003).

Pelo fato de ser um processo de alta temperatura e curto tempo de residência, as perdas de nutrientes são menores e o cozimento pode melhorar a digestibilidade do produto devido à desnaturação das proteínas e gelatinização do amido. Os produtos extrusados possuem longa vida de prateleira sem refrigeração, apresentando-se com baixa contagem total de microorganismos e livres de patógenos e salmonelas (EXTRUSADOS, 2003).

Existem vários fatores que afetam o produto extrusado entre eles destacam-se a temperatura da extrusão, a umidade da matéria prima, o diâmetro da matriz, a quantidade de amido e a natureza do amido empregado. Segundo Alves; Grossman (2002) o que caracteriza o produto extrusado é o grau de expansão que por sua vez vai afetar a densidade, a fragilidade e a textura do produto confeccionado.

Durante o processo de extrusão, ocorre desnaturação protéica, um conjunto de alterações na conformação da molécula, provocando modificações relacionadas à tecnologia de alimentos (GOMES; AGUILERA, 1984; ARAÚJO, 1999). A proteína desnaturada é a mais sensível à hidrólise pelas enzimas proteolíticas e em muitos casos aumenta a digestibilidade (ARAUJO, 1999). No entanto, esse processo só é benéfico para os alimentos quando provoca desnaturação

parcial da molécula protéica (LEONEL et al., 2006).

A utilização da pressão na extrusão faz com que este processo apresente algumas vantagens como desativação dos fatores anti-nutricionais, minimiza a reação de Maillard (BATAGLIA, 1990) retarda a rancificação das gorduras e aumenta da digestibilidade do óleo (SAKOMURA, 1996), diminuição nas perdas de vitaminas, principalmente as lipossolúveis (NETO, 1992) porém, podem formar complexos de lipídeos com a amilose (BHATNAGAR; HANNA, 1994).

A peletização consiste em compactar mecanicamente a ração dentro de uma câmara de prensagem, na qual rolos compressores forçam a passagem da mistura dos ingredientes que compõem a mesma através de orifícios existentes em um anel externo chamado de matriz (COELHO, 1997). Toda matéria-prima utilizada no processo passa por um aquecimento, seja pelo uso prévio de vapor com temperaturas em torno de 120ºC, elevando a temperatura da mistura para uma faixa entre 50 a 90°C, seja pelo atrito mecânico sofrido durante a prensagem da ração pelos rolos compressores contra a matriz, elevando a temperatura da mistura para 50 a 60°C (MILLÁN et al., 1987). Esta técnica apresenta baixa incidência de desnaturação de proteínas, quelação de minerais e destruição de vitaminas, além de possibilitar a inclusão de altos níveis de lipídeos (KUBITZA, 1998).

A peletização torna o alimento mais denso (apresentando facilidades para o transporte), reduz a seletividade e segregação dos ingredientes, destrói organismos patogênicos e torna o alimento mais palatável, reduzindo partículas de pó presente, facilitando a ingestão (BEHNKE, 1996).

Referências Bibliográficas

ALVES, R.M.L.; GROSSMANN, M.V.E. Parametros de extrusão para produção de snackes de farinha de cará (Dioscorea alata). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.22, n.1, p.32-38, 2002.

ARAÚJO, J. M. A. **Química de Alimentos**: teoria e prática. 2. ed. Viçosa: UFV, p.282, 1999.

ARZEL, J.; METAILLER, R.; KERLEGUER, C.; DELLIOU, H.; GUILLAUME, J. The protein requeriment of brown trout (*Salmo trutta*) fry. **Aquaculture**, v. 130, p. 67-78, 1994.

BATAGLIA A. M. A extrusão no preparo de alimentos para animais. In: Simpósio Brasileiro de Nutrição Animal, 3. Seminário sobre Tecnologia da Produção de Rações, 2, 1990, Campinas. **Anais**.... Campinas:CBNA, 1990. p.73-81.

BEAMISH, F. W. H; MEDLAND, T.E. Protein sparing effects in large rainbow trout, *Salmo gairdneri.* **Aquaculture,** v. 55, p. 35-42, 1986.

BEHNKE, K. C. Feed manufacturing technology: current issues and challenges. **Animal Feed Science and Technology**, v.62, p.49-57, 1996.

BHATNAGAR, S; HANNA, M. A. Amylose-lipid complex formation during singlescrew extrusion of various corn starches. **Cereal Chem**., v. 71, p. 582-7, 1994.

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.

COELHO, S. R. C. Situação atual e perspectivas da indústria de rações para organismos aquáticos. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE PEIXES, 1997, Piracicaba. **Anais...** Campinas: CBNA, 1997. p. 102-116.

CURA, J.A.; Jansson, P.E.; Krisman, C.R. **Starch,** v. 47, p.207, 1995

EXTRUSADOS, Disponível em http://www.milly.com.br/estrusados.html. Acesso em 12 de fevereiro de 2003.

FARHAT, I.A.; BLANSHARD, J.M.V. - **Carbohydr. Polym.**, v. 34, p.263, 1997.

GATLIN, D. M. Nutrition and feeding of red drum and hybrid striped bass. In: CHAND; WANG, S. S. (Eds.). **Advences in extrusion technology**, Lancaster: Technomic, p. 43-52, 1999.

GOELEMA, J. O. **Processing of legume seed: effects on digestive behaviors in dairy cows**. 221p, 1999.

GOMES, M. H.; AGUILERA, J. M. A. physicochemical model for extrusion of corn starch. **J. Food. Sci.**, v.49, p.40-63, 1984.

GROSSMANN, M.V.E.; EL- DASH, A.A.; CARVALHO, J.F. Extrusion cooking effects on hydration properties of moniac starsh**. Arg. Biologyc. Tecnology**., v. 31, p. 329-335, 1998.

HENKEN, A.M.; MACHIELS, M.A.M.; DEKKER, W.; HOGENDOORN, H. The effect of dietary protein and energy content on growth rate and feed utilization of the African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell 1822). **Aquaculture**, v. 58, p. 55-74, 1986.

HILTON.W. J.; ATKINSON, J. L. Responses of raibow trout (*Salmo gairdneri*) to increased levels of available carbohydrate in pratical trout diets. **Br. J. Nutr**., v. 39, p. 1229-1234, 1982.

HONORATO, C. A. Utilização de dietas microencapsuladas para reversão sexual de larvas de tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus***. 2004. 47f. Dissertação (Mestrado**

em Aqüicultura) – Centro de Aqüicultura, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2004.

JANG, J.K.; PYUN, Y.R. - **Starch**, 48, p.48 (1996).

JAYARAM, M.G.; BEAMISH, F.W.H. Influence of dietary protein and lipid on nitrogen and energy losses inlake trout, *Salvelinus namaycush.* **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 49, p. 2267-2272, 1992.

JAYARAM, M.G.; SHETTY, H.P.C. Formulation, processing and water stability of two new pelted fish feeds. **Aquaculture**, v. 23, p. 355-359, 1981.

KAUSHIK, S.J., MÉDALE, F., FAUCONNEAU, B., BLANC, D. Effect of digestible carbohydrates on protein/energy utilization and on glucose metabolism in rainbow trout (*Salmo gairdneri* R.). **Aquaculture,** v. 79, p. 63–74, 1989.

KAUSHIK, S.J., OLIVA-TELES, A., 1985. Effect of digestible energy on nitrogen and energy balance in rainbow trout. **Aquaculture**, v. 50, p. 89-101, 1985.

KEETELS, C.J.A.M.; OOSTERGETEL, G.T. ; VLIET, T. -**Carbohydr. Polym**., v. 30, p. 61, 1996.

KUBITZA, F. **Nutrição e alimentação dos peixes cultivados**. Campo Grande, MS: 108p. 1998.

LAWRENCE, T.L.J. Processing and preparation of cereals for pig diets. In: COLE, D.J.A., HARESIGN, W. (Eds.) **Recent developments in pig nutrition**. London: Butterworths. p. 230-45, 1985.

LEONEL, M.; MISCHAN, M.M.; PINHO, S.Z.; IATAURO, R.A.; DUARTE FILHO, J. Efeito de parâmetros de extrusão nas propriedades físicas de produtos de inhame. **Ciência e Tecnologia de Alimentos,** v. 26, n. 2, p. 459-464, 2006.

MACHIELS, M.A.M.; HENKEN, A.M. A dynamic simulation model for growth of the African catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell 1822). II. Effect of feed composition on growth and energy metabolism. **Aquaculture**, v. 60, p. 33-53, 1987.

MÉDALE, D.; BLANC, D.; KAUSHIK, S.J. Studies on the nutrition of Siberian sturgeon, *Acipenser baeri.* II. Utilization of dietary non-protein energy by sturgeon. **Aquaculture,** v. 93, p. 143-154, 1991.

MELLO JR., C. A. Processamento de grãos de milho e sorgo visando aumento do valor nutritivo. In: Simpósio Sobre nutrição de Bovinos, 4. 1991, Piracicaba. **Anais...**, Piracicaba: Esalq, p. 263 -83, 1991.

MILLÁN, L. M.; HERRERO, A. V.; GUERRERO, I. C. Tecnologia de fabricación de piensos para la acuicultura. In. MONTEROS, J. E. de los; LABARTA, U. **Alimentacion en aquicultura.** Madri: Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica, p. 131-166, 1987.

NETO, G. **Soja integral na alimentação de aves e suinos**. Avic. Ind. p 4 – 15. 1992.

NILSSON, G.S.; BERGQUIST, K.E., NILSSON, U.; GORTON, L. - **Starch**, v.48, p.352, 1996.

OWENS, F. N. Limits starch digestion in the ruminant small intestine. **Journal Animal Sci**., v. 63, n. 1, p. 1634-48, 1986.

RAGHEB, A.A.; EL-THALOUTH, I.A.; TAWFIK, S. - **Starch**, v.48, p.57, 1996.

ROONEY, L.W.; PFLUGFELDER, R.L. Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn. **Journal of Animal Science**, v. 63, p. 1607-1623, 1986.

SAKOMURA, N. K. **Estudo do valor nutricional das sojas integrais processadas e de sua utilização na alimentação de frangos e poedeiras**. 1996. 178p. (Livre-

Docência em Avicultura) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1999.

SHIAU, S.Y. Utilization of carbohydrates in warm water fish- with particular reference to tilapia, *Oreochromis niloticus* X *O. aureus*. **Aquaculture**, v. 151, p. 79-96, 1997.

SHIAU, S.Y.; CHEN, M.J. Carbohydrate utilization by tilapia (*Oreochromis nilo-ticus* x *O. aureus*) as influenced by different chromium sources. **Journal Nutrition**, v. 123, p. 1747-1753, 1993.

SOEST J. J. G.; HULLEMAN, S. H. D., WIT, D., VLIEGENTHART, J.F.G - **Ind. Crop Prod**., v.5, p.11, 1996.

SULLIVAN, J. A.; REIGH, R. C. Apparent digestibility of selected feedstuffs in diets for hybrid striped bass (*Morone saxatilis x Morone chrysops*). **Aquaculture**, v. 138, p. 313-322, 1995.

TACON, A. G. J. **Nutricion y alimentacion de peces y camarones cultivados – Manual de capacitacion**. FAO, Doc 4. Brasília-DF . 136 p, 1989.

TAKEUCHI, T.; JEONG, K. S.; WATANABE, T. Availability of extruded carbohydrate ingredients to rainbow trout *oncorhynchus mykiss* and carp *cyprinus carpio.* Bulletin Japanese **Society Science Fish,** Tokio, v. 56, n. 11, p. 1839-1845, 1990.

THAKUR, S.; SAXENA, D.C. Formulation of extruder snack food gum based ceral-pulse blend: optimization of ingredients levels using respose surface methodology. **Lebensmittel Wissenschaf Technologie**, v. 33, p. 354-361, 2000.

THEURER, C. B. Grain processing effects on starch utilization by ruminants. **J. Anim. Sci**., v. 63, p. 1649 – 62, 1986.

VAN DER MEER, M.B.; ZAMORA, J.E. VERDEGEM, M.C.J. Effect of dietary lipid level on protein utilization and the size and proximate composition of body compartments in *Colossoma macropomum* (Cuvier). **Aquaculture Research**, v. 28, p. 405-417, 1997.

VENOU, B., ALEXIS, M. N., FOUNTOULAKI, E., NENGAS, I., APOSTOLOPOULOU, M.; CASTRITSI-CATHARINOU, I. Effect of extrusion of wheat and corn on gilthead sea bream (*Sparus aurata*) growth, nutrient utilization efficiency, rates of gastric evacuation and digestive enzyme activities. **Aquaculture**, v. 225, p. 207-223, 2003.

WATANABE, T. Lipid nutrition in fish. **Comp. Biochem. Physiol**., v. 73B, p. 3-16, 1982.

WILSON, R.P. Utilization of dietary carbohydrate by fish. **Aquaculture**, v. 124, p. 67-80, 1994.

WULANSARI, R.; MITCHELL, J.R.; BLANSHARD, J.M.V. Starch onversion durin extrusion as affected by added gelatin. **Journal of Food Science,** v. 64, n. 6, p. 1055-1058, 1999.

YOSHITOMI, B. Effect of extrusion cooking temperature on the microstructure of extruded pellets. **Fisheries Science**, v. 70, p. 1157-1163, 2004.