

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CÂMPUS DE BOTUCATU

**AVALIAÇÃO DE FARINHAS DE SANGUE COMO FONTES DE PROTEÍNA
PARA TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis niloticus*)**

WILLIAM VICENTE NARVÁEZ-SOLARTE

Zootecnista

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação
em Zootecnia – Área de Concentração: Nutrição e
Produção Animal, como parte das exigências para
obtenção do título de Doutor.

BOTUCATU – SP

Julho - 2006

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CÂMPUS DE BOTUCATU

**AVALIAÇÃO DE FARINHAS DE SANGUE COMO FONTES DE PROTEÍNA
PARA TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis niloticus*)**

WILLIAM VICENTE NARVÁEZ-SOLARTE

Zootecnista

Orientador: Dr. ANTONIO CELSO PEZZATO

Coorientadores: Dr. LUIZ EDIVALDO PEZZATO

Dra. MARGARIDA MARIA BARROS

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação
em Zootecnia – Área de Concentração: Nutrição e
Produção Animal, como parte das exigências para
obtenção do título de Doutor.

BOTUCATU – SP

Julho - 2006

Dedico

À minha Mãe Rosalba,

A Don Servio Tulio Melo,

A meu pai Antonio

A Enis, Nancy “*in memoriam*”, Lucy e Diego

A Ana Isabel, David e Santiago

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual Paulista, Câmpus de Botucatu, ao Conselho de Pós-Graduação em Zootecnia e ao Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal, pela acolhida. À Universidad de Caldas – Colômbia, pela concessão da comissão de estudos; ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico –CNPq – Brasil, pela bolsa de estudos, e à Colfuturo –Colômbia - pela *beca-crédito*.

À Empresa AGROCERES – Nutrição Animal Ltda, pelo apoio e pelas análises químicas realizadas.

Ao professor Doutor Antonio Celso Pezzato, pela dedicada orientação e confiança, pelos ensinamentos e estímulos.

Aos professores Luiz Edivaldo Pezzato e Margarida Maria de Barros, coorientadores de inestimável valor, pela amizade, pelos aconselhamentos e pelos ensinamentos transmitidos na nutrição de peixes.

Ao professor Edwin Thomas Jr., da Universidade de Auburn – USA, exemplo de sinceridade e profissionalismo, pela dedicada orientação na nutrição de aves, e a sua esposa Dorothy Moran pela atenção dispensada.

Ao Dr. Marcelo A. da Silva e a sua família pela amizade, pelo apoio moral, pelo tempo dedicado e pelas sugestões apresentadas na realização deste trabalho.

Aos professores: Paulo Ramos, pela direção nos testes de eletroforese; Paulo Ribolla, pelas análises de cromatografia; Carlos Vicentini pelas análises histológicas; Pedro Padilha Magalhães, pelas análises de minerais; Maeli Dal Pai Silva, pelo auxílio na

realização das análises de tecido muscular e intestinos; Margarida Maria Barros, pela orientação nas análises hematológicas.

Ao pessoal do laboratório de Bromatologia da Empresa Agroceres - Nutrição Animal Ltda, pelo tempo de trabalho dedicado e pela eficiência e boa vontade na realização das análises, especialmente às senhoras Fátima Penteado, Dulcinéia Aparecida da Costa, Michele C. de Lima, Ana Paula Andreete, e aos senhores Daniel Pereira de Souza, Carlos E. Veiga, Kléber R. Bonatti e Anderson Corocher.

Aos professores Dirlei Antônio Berto e José Roberto Sartori pelos ensinamentos de nutrição de suínos e aves e pelas sugestões nesta pesquisa. À professora Flávia Maria de Oliveira Borges, da Universidade Federal de Lavras, pela amizade e pelos ensinamentos na nutrição de cães e gatos. Aos professores John Paul Blake, Roger Linn e Kelly McKie, da Universidade de Auburn, pela amizade e pelos ensinamentos de nutrição, produção e processamento de aves.

Ao Amigo Dr. Charles Duruoha e a sua esposa, pela amizade, incentivo e esforço para que eu pudesse complementar os estudos de Doutorado na Universidade de Auburn – USA.

Ao professor Wilson Furuya e ao Doutor Osmar Cantelmo pelas sugestões na realização deste trabalho.

Aos amigos e colegas Dario Falcon, Giovani Gonçalves, Geisa Kleemann, Hamilton Hisano, Igo Guimarães, Fernanda Sampaio, Leonardo Tachibana, Luís Gabriel Quintero, Blanca Pardo, Altevir Signor, André Bordinhon, Vivian Gomes dos Santos, do laboratório de nutrição de organismos aquáticos, e Diego Pérez Alonzo, do laboratório de

Parasitologia, pela amizade e pelos ensinamentos, e porque sem eles não existiria este trabalho.

À secretaria da Pós-Graduação, senhora Seila Cristina Cassinelli Vieira, pela amizade e colaboração logística.

Às amigas e colegas Sabrina Endo Takahashi, Cláudia Marie Komiyama, Luciene Madeira, Camila Tófoli Tse, Daniela Pinheiro, Luciana Rodrigues, Lisbeth Alendez, Júlia Santa Rosa, Marleide Silva; aos amigos e colegas Marcos Tse, Gabriel Garrido, Gil Lara, Kléber Pelícia, Herbert Fonseca e sua esposa Merci, Abel Carrias e sua esposa Lili, Mike Leslie, Guangbing Wu e Priyantha Gunawardena, pela valiosa amizade.

Aos amigos: Dr. Luís Fernando Uribe Velásquez, pela amizade e representação ante a Universidade de Caldas durante a minha ausência; Eduardo Paz Meneses, Doris Bedoya Henao, Olga, Daniel e Roberto, pelo apoio.

Aos demais professores, funcionários, colegas e amigos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização desse trabalho.

SUMÁRIO

	Página
CAPÍTULO 1	1
CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	2
1.1. Produção aquícola.....	2
1.2. Qualidade dos ingredientes alternativos para rações.....	2
1.3. Alimentos alternativos para a tilápia.....	5
1.3.1. Farinha de sangue: processamento.....	6
1.3.2. Qualidade da farinha de sangue	8
1.3.3. Farinha de sangue na alimentação animal	10
1.4. Literatura Citada.....	13
CAPÍTULO 2	22
Avaliação nutricional da fração celular do sangue bovino atomizado e das farinhas de sangue bovino de tambor e convencional para tilápia-do-Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>).....	23
RESUMO.....	23
ABSTRACT.....	23
Introdução	24
Material e Métodos	26
Avaliação <i>in vitro</i>	27
Avaliação <i>In vivo</i>	28
Resultados e Discussão.....	31
Conclusões	40
Literatura Citada.....	48

CAPÍTULO 3	54
Desempenho produtivo de tilápias do Nilo (<i>oreochromis niloticus</i>) alimentadas com fração celular de sangue bovino atomizado e farinha de sangue bovino convencional na dieta.....	55
RESUMO.....	55
ABSTRACT.....	55
Introdução.....	56
Material e Métodos	59
Resultados e Discussão	61
Conclusões.....	67
Literatura Citada.....	71

ÍNDICE DE TABELAS E FIGURAS

CAPÍTULO 2

Tabela 1. Ração referência (base na matéria natural) usada na determinação dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da proteína de farinhas e fração celular do sangue para tilápia do Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>)	41
Tabela 2. Valores ($\bar{x} \pm \sigma$) da composição químico-bromatológica, energia e aminoácidos da fração celular de sangue bovino atomizado e farinhas de sangue bovino de tambor e convencional (base na matéria natural)	42
Tabela 3. Efeito do processamento e do lipídeo sobre a digestibilidade <i>in vitro</i> da proteína da fração celular do sangue bovino atomizado e das farinhas de sangue bovino de tambor e convencional, desengorduradas ou não.....	43
Tabela 4. Coeficientes de digestibilidade aparente (%) da fração celular do sangue bovino atomizado (FCSA) e das farinhas de sangue bovino de tambor (FST) e convencional (FSC) pela tilápia do Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>).....	44
Tabela 5. Valores de proteína, aminoácidos digestíveis (base na matéria natural) e relação aminoácidos essenciais/aminoácidos não essenciais da fração celular do sangue bovino atomizado (FCSA) e das farinhas de sangue bovino de tambor (FST) e convencional (FSC) pela tilápia do	

Nilo.....	45
Tabela 6. Perfil de aminoácidos em relação à lisina (aminoácido/lisina x100) e índice relativo de comparação (IRC) da ração referência, fração celular do sangue bovino atomizado (FCSA) e das farinhas de sangue bovino de tambor (FST) e convencional, em relação aos aminoácidos da carcaça da tilápia do Nilo.....	46
CAPÍTULO 3	
Tabela 1. Composição percentual e químico-bromatológica das dietas experimentais.....	68
Tabela 2. Ganho de peso (GP), viabilidade (VIAB), consumo ração (CR), conversão alimentar (CA) e taxa de crescimento específico (TCE) da tilápia do Nilo, durante a fase de crescimento, alimentada com níveis crescentes de fração celular do sangue bovino atomizado (FCSA) e farinhas de sangue convencional (FSC) na dieta.....	69
Tabela 3. Rendimento em carcaça (RCAR), matéria seca da carcaça (MSCAR), índice de gordura visceral (IGV), matéria seca de filé (MSFIL), proteína bruta do filé (PBFIL) e taxa de eficiência protéica (TEP) da tilápia do Nilo na fase de crescimento alimentada com níveis crescentes de fração celular do sangue bovino atomizado (FCSA) e farinhas de sangue convencional (FSC) na dieta.....	70

Figura 1. Fracionamento da Proteína do sangue bovino *in natura* (A), fração celular do sangue atomizado (B), farinha de sangue tambor (C) e farinha de sangue convencional (D) de acordo com o peso molecular

47

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1.1. Produção aquícola

A produção mundial aquícola no ano 2003 foi de aproximadamente 54,8 milhões de toneladas, das quais 49,3% correspondeu à criação de peixes. As mudanças via piscicultura intensiva global têm permitido alcançar a taxa anual de crescimento de 9,6% nas últimas três décadas. No mesmo período o índice anual de crescimento na criação de tilápias foi de aproximadamente 18,1%, representando 5,5% da produção (1.265.780 toneladas) e o terceiro grupo de espécies piscícolas criado em tanques no mundo, somente precedido pelo de carpas com 68,2% (15.707.109 toneladas) e de salmonídeos com 6,65% (1.534.020 toneladas). Já, no Brasil, a produção aquícola no ano de 2003 foi de aproximadamente 278.000 toneladas, sendo que a tilápia representou 22,5% do total produzido (Hernandez-Serrano, 2006).

No que diz respeito à fabricação de rações, nos últimos 15 anos o Brasil apresentou significativo aumento, partindo de 15 milhões de toneladas em 1990 para 47,2 milhões de toneladas em 2005, das quais foram destinadas à aquíicultura 227.200 toneladas, sendo 161.100 toneladas para a produção de peixes, exploração que apresentou crescimento na demanda de alimento entre os anos 2004 e 2005 de 23,9% e projetada para 24,8% entre 2005 e 2006 (Cutait, 2006). Tal crescimento é decorrente do uso de rações adequadamente processadas, adquiridas da indústria, uma vez que os criadores dependem sobremaneira do uso de rações extrusadas, as quais são inviáveis economicamente se produzidas na fazenda.

Sendo a alimentação o principal item dos custos totais da produção, a avaliação, estudo e utilização correta de ingredientes alternativos ao milho, farelo de soja e farinha de

peixe é de fundamental importância para a manutenção da competitividade e sustentabilidade do setor aquícola.

1.2. Qualidade dos ingredientes alternativos para rações.

Compete ao nutricionista de peixes formular dietas, a partir de uma variedade de ingredientes e atender às quantidades corretas e balanceadas dos vários nutrientes exigidos para sustentar o padrão de crescimento esperado.

Alguns ingredientes apresentam composição química que os enquadra como excelentes fontes de nutrientes, o que somente pode ser confirmado se esses nutrientes forem digeridos e absorvidos pela espécie íctica (Riche et al., 2001). Logo, é de grande interesse conhecer a digestibilidade dos nutrientes dos diversos ingredientes usados na formulação de rações de peixes para uma substituição efetiva de um ingrediente por outro.

O termo digestibilidade refere-se ao desaparecimento de um nutriente pelo trato digestório, enquanto o termo disponibilidade é definido como uma porção dos nutrientes consumidos que é absorvida no trato digestório e está disponível para o metabolismo animal (Sauer & Ozimek, 1986).

Assim, junto à análise química, a determinação da digestibilidade permite maior aproximação do real valor nutritivo de um ingrediente. Sendo a proteína da dieta um dos principais fatores que influenciam o crescimento dos peixes e o custo das rações (Lovell, 1988), a formulação de dietas com base em aminoácidos digestíveis é mais acurada do que aquela com base em aminoácidos totais, pois frequentemente leva à redução do custo de produção sem perdas no desempenho quando do uso de ingredientes alternativos (Knabe, 1991).

Low (1982) define digestibilidade como a proporção de aminoácidos em uma dieta que não está combinada com compostos que possam interferir na digestão, absorção e metabolismo animal, podendo ser determinada pelo uso de metodologias *in vitro* ou *in vivo*. Muitas metodologias para determinar a digestibilidade *in vitro* de proteínas e aminoácidos vêm sendo descritas, mas não têm sido amplamente aceitas, pois não apresentam correspondência com os valores determinados *in vivo* (HSU et al., 1977).

As técnicas *in vitro* geralmente oferecem um controle de qualidade rápido e preciso para classificar previamente as amostras de alimentos. Neste sentido, a digestibilidade da proteína em pepsina pode ser estimada pela solubilidade desta em pepsina na concentração de 0,2%, 0,02%, 0,002% e 0,0002% (Compêndio Brasileiro de Nutrição Animal, 1998).

Segundo Johnston & Coon (1979) e Parson et al. (1997), a diminuição na concentração da pepsina de 0,2 a 0,002% melhora a acurácia da digestibilidade do nitrogênio em pepsina como preditor da qualidade da proteína na farinha de carne e ossos *in vivo*. O ponto fundamental para o uso de baixa concentração de pepsina é devido ao melhor resultado de separação de solubilidade nas farinhas de origem animal, sendo que uma concentração maior de pepsina faz com que proteínas, que seriam insolúveis numa concentração menor, sejam solúveis e, portanto, não tão bem relacionadas com a digestibilidade *in vivo* superestimando o valor real.

Blasi et al. (1991) determinaram a digestibilidade em pepsina da proteína da farinha de sangue em 96,4% na matéria seca.

Os métodos de digestibilidade *in vivo*, quando comparados aos métodos *in vitro*, têm custos bem mais altos, elevados graus de complexidade e exigem muito mais tempo para sua realização. Porém, refletem de forma mais exata as relações existentes entre os alimentos e o animal (Mejia & Ferreira, 1996), embora as metodologias empregadas possam interferir nos resultados obtidos nos vários centros de estudo, como relatado por

Cho et al. (1982) e Hajen et al. (1993b), os quais obtiveram similaridade entre coeficientes de digestibilidade usando diferentes metodologias de coleta de fezes, enquanto Smith et al. (1980) encontraram grandes discrepâncias.

1.3. Alimentos alternativos para a tilápia

Na tilápia, 50% dos custos totais de produção correspondem ao alimento ingerido (El-Sayed, 1999). As dietas para esta espécie geralmente contêm altos níveis de proteína, tendo como fontes protéicas a farinha de peixe e o farelo de soja. A qualidade da proteína da dieta é, na maioria das vezes, considerada com base no conteúdo de aminoácidos totais. Entretanto, segundo Nelson et al. (1975), os aminoácidos em alguns ingredientes apresentam baixa digestibilidade devido a alguns fatores como tipo de proteína (Miller, 1977; Moran et al., 1966), desnaturação durante o processamento (Soares et al., 1971) e presença de substâncias antinutricionais.

O uso de ingredientes de baixa digestibilidade pode dar origem a deficiências de aminoácidos se a dieta possuir uma quantidade significativa desses ingredientes. Razão pela qual, há necessidade de uso racional da dieta, sendo necessário conhecer a composição e o valor nutritivo das fontes protéicas alternativas.

Em virtude do aumento da oferta de subprodutos de origem animal, a farinha de sangue, a farinha de carne e ossos e a farinha de vísceras têm sido consideradas alternativas de uso como fontes protéicas econômicas. Embora a inclusão de alguns destes subprodutos tenha sido realizada durante décadas na alimentação, principalmente de salmonídeos, tais ingredientes ainda apresentam restrições por diversas razões, tais como a baixa digestibilidade e variabilidade na composição e qualidade. Entretanto, nos últimos anos,

têm sido adotadas melhores práticas de processamento, tentando-se ajustar a tecnologia de produção às exigências internacionais, cumprir com a normatividade ambiental para o funcionamento de abatedouros e ofertar produtos padronizados e com preços competitivos.

1.3.1 Farinha de sangue: processamento

No Brasil o abate de animais em 2005 alcançou 6.345.867 toneladas de bovinos, 2.555.290 toneladas de suínos e 7.899.981 toneladas de frangos (IBGE/DPE/COAGRO, 2006). Considerando-se a volemia média do bovino adulto, do suíno (Kantek & Pachaly, 1994) e do frango (Macari & Luqueti, 2002), a produção de sangue no mesmo ano foi de, aproximadamente, 1.081.711 toneladas, o que torna o sangue relevante fonte de proteínas para o abastecimento da crescente demanda por parte das fábricas de alimentos, pois é um subproduto considerado de baixo custo e com baixa demanda para alimentação humana e, se processado adequadamente, apresenta elevado nível de aminoácidos e não tem problemas de palatibilidade (Butolo, 2002).

O sangue é um tecido com 83% de umidade e 14% de nitrogênio na sua matéria seca. As proteínas hemoglobina, albumina e globulinas representam, respectivamente, 59, 16 e 13% do nitrogênio total, dando origem a um produto com mais de 800g de proteína e 90g de lisina por quilograma de matéria seca (Feldman et al., 2000). O alto conteúdo de umidade, e a elevada quantidade da maioria dos aminoácidos essenciais, fazem o sangue ser altamente susceptível à deterioração por enzimas endógenas e putrefação microbiana, razão pela qual tem que ser processado antes de ser incorporado na dieta animal (Clark et al., 1987; Cheftel & Lorient, 1989; Wadhwa et al., 1993).

O produto resultante do processamento é denominado farinha de sangue, a qual é categorizada de acordo com o método de processamento, podendo-se destacar a farinha de sangue convencional ou *vat-drier* (FSC), a farinha de sangue por tambor ou *drum-drier* ou *roller-drier* (FST), e a farinha de sangue atomizada ou *spray-drier* (FSA). Pelo método de atomização o sangue ainda pode ser separado na sua fração celular e plasma.

A fração celular do sangue atomizada (FCSA) é o produto do processamento nos secadores pulverizadores ou *spray-dryers*, nos quais o processo tem início com a separação desta fração, constituinte de aproximadamente 40% do sangue, na qual a hemoglobina representa 90% da sua composição (Wismer-Pedersen, 1988). Segue-se a pulverização do produto, o qual entra em contacto momentâneo com um jato de ar quente que entra no atomizador com temperaturas que variam entre 180 a 230°C e sai com temperatura entre 50 a 80°C. O calor é incorporado às partículas pulverizadas e a evaporação de água é processada imediatamente porque, pela nebulização, o produto fica reduzido a gotículas, que aumentam significativamente a superfície de evaporação, caindo o pó na porção inferior, com uma coloração vermelha amarronzada (Evangelista, 2001), muito higroscópico e solúvel em água (Compêndio Brasileiro de Nutrição Animal, 1998).

Segundo Toldra et al. (2004), a FSA é uma importante fonte de ferro, o qual é melhor absorvido que o ferro dos sais comumente usados para suplementar as rações e possui excelentes propriedades funcionais como alta solubilidade, emulsificação e propriedades de inchamento (Nakamura et al., 1984; Wismer-Pedersen, 1988), sendo úteis na indústria de alimentos, embora atribuam-lhe problemas como escurecimento da carne e sabor de sangue.

A FST é processada em secadores de tambor, conhecidos também como secadores de película, *drum-dryers* ou *roller-dryers*, os quais são compostos por um ou mais cilindros metálicos ociosos, que se movem sobre seu eixo horizontal; esses cilindros são

aquecidos por vapor de água, água quente ou outro agente líquido de aquecimento. O sangue em delgada camada se espalha sobre o tambor giratório aquecido; o qual continua girando o tempo necessário para o sangue ser desidratado, quando então é retirado por intermédio de faca ou outro tipo de raspador. A película seca, após sua raspagem, é moída, para se obter um pó fino (Evangelista, 2001). Tal produto apresenta-se pouco solúvel em água e de coloração variável de marrom a vermelho escuro.

A produção da FSC envolve temperaturas de até 200°C e tempo prolongado de 4 a 12 horas de cozimento, sendo obtida a partir do sangue colhido no matadouro, o qual é aquecido até coagular. Então, por compressão, extrai-se a fração líquida para posterior evaporação, secagem e moagem, sob condições controladas, constituindo-se desta forma o produto final para ser utilizado, insolúvel em água e de coloração vermelho escuro, tendendo a preto (Evangelista, 2001).

1.3.2. Qualidade da farinha de sangue

A farinha de sangue é considerada de baixa qualidade devido ao desequilíbrio dos aminoácidos que apresenta (Hegedus et al., 1990); mesmo que esse problema possa ser superado pelo enriquecimento com aminoácidos sintéticos, não se pode corrigir o excesso relativo de outros aminoácidos essenciais.

A composição em aminoácidos das farinhas de sangue obtidas pelos diferentes métodos de processamento é muito similar entre elas (Doty, 1972) e igual à do produto original, sendo uma excelente fonte de lisina. No entanto, a digestibilidade da lisina e outros aminoácidos essenciais, quando determinada por bioensaios, difere amplamente entre as farinhas obtidas nos diferentes processamentos (Ockerman & Hansen, 1988). Mesmo com essas variações, este subproduto tem sido utilizado durante décadas (Grau &

Alquimist, 1944; Wilder et al., 1955), na alimentação de suínos e aves, nos quais a lisina é o primeiro e segundo aminoácido limitante, respectivamente, em rações a base de milho e farelo de soja (Seerly, 1991).

A melhoria nos processos de fabricação tem ajudado a aumentar o seu uso, por apresentar melhor uniformidade do produto e alta digestibilidade, principalmente das farinhas de sangue atomizada e de tambor.

A exposição de uma matéria-prima rica em proteínas a temperaturas moderadas pode ser benéfica para o valor nutricional da proteína, uma vez que cadeias de aminoácidos mais expostos são, com frequência, rapidamente digeridas, comparadas com as proteínas nativas (Camire, 1991). No entanto, muitas variáveis afetam química e fisicamente as interações entre os nutrientes nos alimentos, como as variações na temperatura e duração de processamento, a concentração e as características dos nutrientes, a atividade de água, o tempo e a temperatura de estocagem, assim como o pH (Swaisgood & Catignani, 1991); conseqüentemente, é complexo estimar a qualidade nutricional dos alimentos submetidos a todos esses efeitos.

Dependendo da fonte de proteína, a desnaturação pelo calor ocorre a temperaturas de 25 a 100°C (Hultin, 1986). A desnaturação ocorre pela perda das estruturas quaternária, terciária e secundária da proteína, enquanto a estrutura primária permanece intacta (Papadopoulos, 1989). Entretanto, o aquecimento excessivo e prolongado pode acarretar prejuízos à qualidade da proteína, danificando especialmente a arginina, cisteína, lisina, serina e treonina (Wang & Parson, 1998; Pickford, 1992; Shirley & Parson, 2000) e afetando a digestibilidade do nitrogênio do produto final (Carpenter & Booth, 1973; Opstvedt et al., 1984). Além disso, os aminoácidos com radical reativo na sua cadeia, tais como a lisina, arginina, triptofano e histidina, podem formar ligações entre radicais amino-livres da cadeia polipeptídica e grupos aldeídicos de açúcares redutores, com a formação

de um amino-açúcar, que prejudica a hidrólise de peptídeos pela tripsina (Bender, 1978; Maynard et al., 1984).

As diferenças no processo industrial de obtenção da farinha, portanto, influenciam a qualidade do produto e explicam as contradições no desempenho animal quando as farinhas de sangue são incluídas na dieta (Waltz et al., 1989; Valentine & Bartsh, 1996; Grant & Haddad, 1998; Waibel et al., 1977; Kramer et al., 1978).

O coeficiente de digestibilidade da lisina na FSC variou de 0 a 43% em frangos de corte (Waibel et al., 1977); e em perus os valores médios foram de 62,0% e 88,5%, respectivamente, para a FSC e FSA (Noll et al., 1984; Liu et al., 1989).

1.3.3. Farinha de sangue na alimentação animal

A FCSA apresentou alto coeficiente de digestibilidade da proteína em trutas arco-íris (Cho et al., 1982). Consistentemente, nesta espécie todos os produtos do sangue obtidos pelo método de atomização apresentam digestibilidade aparente dos aminoácidos superior a 95% (Bureau et al., 1999), valores estes significativamente maiores que os obtidos com FST (Cho & Slinger, 1979).

Sampaio et al. (2001), avaliando a digestibilidade em tilápias do Nilo, determinaram, na FSA e na FST, respectivamente, os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca em 82,47% e 53,36%, proteína bruta em 97,33% e 50,69%, extrato etéreo em 52,22% e 89,36% e energia bruta em 74,97% e 57,97%. Os autores concluíram que a farinha de sangue atomizada apresenta-se como ótima fonte protéica para esta espécie, enquanto que a farinha de sangue de tambor, por apresentar baixo coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta, não deve ser utilizada como fonte protéica de origem animal em rações para essa espécie.

Fisher (1968) considerou o aminoácido isoleucina como o principal limitante da farinha de sangue para frango de corte, além das deficiências em metionina, arginina e isoleucina. Igualmente, a digestibilidade da isoleucina foi relativamente baixa ao ser avaliada no peixe silvestre Australiano *Bidyanus bidyanus*, por Allan et al. (2000).

Nas rações de suínos a farinha de sangue tem sido limitada a uma inclusão de 30 a 60 g/kg de dieta; uma vez que níveis superiores tornam o alimento pouco palatável com efeito negativo sobre o consumo e conseqüente desempenho (Kratzer & Green, 1957).

Pesquisas posteriores têm demonstrado que é possível incluir maiores níveis e que tal efeito depressivo no crescimento dos suínos devia-se ao desequilíbrio aminoacídico (King & Campbell, 1978; Crawshaw, 1994). Pezzato (1978), trabalhando com farinha de penas e sangue em frangos de corte, afirmou que a utilização destas matérias-primas depende principalmente do equilíbrio entre os seus aminoácidos.

Otubusin (1987) observou que a tilápia do Nilo, consumindo rações com 10% de farinha de sangue, apresenta maior ganho de peso que o obtido com níveis de 25 e 50%. Cullison (1979) afirma que o excesso de proteína na dieta é prejudicial e não contribui para o crescimento do animal.

Barros et al. (2004), ao substituir até 60% da proteína do farelo de soja pela proteína da FST na dieta da tilápia do Nilo, não verificaram efeitos adversos nas variáveis hematológicas e observaram que as concentrações de ferro do fígado e filé são responsivas à concentração de ferro da ração. Segundo esses pesquisadores, níveis de 10% de farinha de sangue de tambor podem ser incluídos em rações para tilápia do Nilo, dependendo de fatores, como o custo de outras fontes protéicas.

Logo, avaliar as farinhas de sangue e a fração celular do sangue atomizado disponíveis no mercado quanto à digestibilidade da energia e dos nutrientes e o seu efeito

sobre o desempenho de tilápias do Nilo é fundamental para se obter uma formulação nutricional adequada, ambientalmente correta e economicamente viável.

A redação do capítulo 2, intitulado “Avaliação nutricional de farinhas e fração celular do sangue bovino para tilápia-do-Nilo (*oreochromis niloticus*)” e o capítulo 3, intitulado “Desempenho produtivo de tilápias do Nilo (*oreochromis niloticus*) alimentadas com fração celular de sangue bovino atomizado e farinha de sangue bovino convencional na dieta” foi realizada de acordo com as normas da Revista Brasileira de Zootecnia.

1.4. Literatura Citada

ALLAN, G.L.; PARKINSON, S.; BOOTH, M.A. et al. Replacement of fish meal in diets for Australian silver perch, *Bidyanus bidianus*: I. Digestibility of alternative ingredients. **Aquaculture**, v.186, p.293-310, 2000.

BARROS, M.M.; PEZZATO, L.E.; HISANO, H. et al. Farinha de sangue tostada em dietas práticas para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.). **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.26, n.1, p.5-13, 2004.

BENDER, A.E. **Food Processing and Nutrition**. 1.ed. London: Academic Press, 1978. 243p.

BLASI, D.A.; KLOPFENTEIN, T.J.; DROULLARD, J.S. et al. Hydrolysis time as a factor affecting the nutritive value of feather meal and feather meal-blood meal combinations for growing calves. **J. Anim. Sci.**, v.69, p.1272-1278, 1991.

BUREAU, D.P.; HARRIS, A.M.; CHO, C.Y. Apparent digestibility of rendered animal protein ingredients for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, v.180, p.345-358, 1999.

BUTOLO, J.E. **Qualidade de ingredientes na alimentação animal**. 1.ed. Campinas: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 2002. 430p.

CAMIRE, M.E., Protein functionality modification by extrusion cooking. **JAOCs**, v.68, n.5, p.200-2005, 1991.

CARPENTER, K.J.; BOOT, V.H. Damage of lysine in food processing: its measurement and its significance. **Nutr. Abstr. Rev.** v.43, p.424-451, 1973.

- CHEFTEL, J.C.; LORIENT, D. Propiedades nutricionales de las proteínas. In: CHEFTEL, J.C.; CUQ, J.L.; LORIENT, D. **Proteínas alimentarias. Bioquímica - Propiedades funcionales. Valor Nutritivo. Modificaciones químicas.** 1.ed. Zaragoza, España: Editorial Acríbia. 1989. p.107-139.
- CHO, C.Y., SLINGER; S.J., BAYLEY, H.S. Bioenergetics of salmonid fishes: energy intake, expenditure and productivity. **Comp. Biochem. Physiol.** v.73B, p.25-41, 1982.
- CHO, C.Y.; SLINGER, S.I. Apparent digestibility measurement in feedstuff for rainbow trout. In: WORLD SYMPOSIUM ON FINFISH NUTRITION AND FISHFEED TECHNOLOGY, 1979, Hamburg. **Proc...Hamburg:** 1979. v.2, p.239-247.
- CLARK, J.H.; MURPHY, M.R.; CROOKER, B.A. Symposium: alternate feed sources for dairy cattle. Supplying the protein needs of dairy cattle from by-product feeds. **J. Dairy Sci.**, v.75, p.2304-2323, 1987.
- CRAWSHAW, R. **Bloodmeal: a review of its nutritional qualities for pigs, poultry and ruminant animals.** Buckinghamshire, UK: National Renderers Association Technical Review, 1994. p.7 (Bulletin, 594).
- CULLISON, A.E.. **Feeds and Feeding.** 2.ed., Reston, VA: Reston Publishing Co., 1979. 595p.
- CUTAIT, M.S. **Alimentação animal en perspectiva.** Campinas: Sindirações, Sindicato Nacional da Indústria de Alimentação Animal, 2006. p.2. (Boletim Informativo).
- DOTY, D.M. Developments in processing meat and blood by-products. In: ENHANCEMENT OF PROTEIN SUPPLIES FROM KNOWN FEEDS. **Proc. Symp.** Alt. Sources Prot. An. Production. PISU, 1972. p.61-72.

- EL-SAYED, F.M. Alternative dietary protein sources for farmed tilapia, *Oreochromis spp.* **Aquaculture**, v.179, p.149-168. 1999.
- EVANGELISTA, J. **Tecnologia de alimentos**, 1.ed. São Paulo, Brasil: Ed. Atheneu, 2001. p.1913-1999.
- FELDMAN, B.F.; ZINKL, J.G.; JAIN, N.C. **Schalm's Veterinary Hematology**. 5.ed. Philadelphia: Lippincott:Williams & Wilkins, 2000. 1344p.
- FISHER, H. The amino acid deficiencies of blood meal for the chick. **Poult. Sci.**, v.47, p.1478-1481, 1968.
- GRANT, R.J.; HADDAD, S.G. Effect of a mixture of feather and blood meals on lactation performance of dairy cows. **J. Dairy Sci.**, v.81, p.1358-1363, 1998.
- GRAU, C.R.; ALQUIMIST, E.H.J. Beef blood proteins in chick diets. **Poult. Sci.**, v.23, p.486-490, 1944.
- HAJEN, W.E.; HIGGS, D.A.; BEAMS, R.M. et al. Digestibility of various feedstuffs by post-juvenile Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) in sea water: 2.Measurement of digestibility. **Aquaculture**, v.112, p.333-348. 1993b.
- HEGEDUS, M.; BOKORI, J.; ANDRÁSOF SZKY, E. Optimizing protein quality of mixtures of blood meal, feather meal and bone meal. **Acta Veterinaria Hungarica**, v.38, p.143-152, 1990.
- HERNANDEZ-SERRANO, P. **Tilapia Market Report** 2006. Rome:FAO, 2006. 19p. (Fisheries Technical Paper. No. 469).
- HSU, H.W., VAVAK,D.L.; SATTERLEE, L.D. et al. A multienzyme technique for estimating protein digestibility. **Journal of Food Science**, v.42, p.1269-1273, 1977.

HULTIN, H. O. Textural attributes of proteinaceous animal foods as influenced by reactions during food processing. In: FENNEMA, O.R.; CHANG, W.H.; LII, C.Y. (Eds.) **Role of Chemistry in the Quality of Processed Food**. 1.ed. Westport, CT, USA: Food and Nutrition Press, 1986. p.202-224.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE/DPE/COAGRO, Pesquisa trimestral do abate de animais, 4º Trimestre de 2005. www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/producaoagropecuaria/tebat42005.pdf (Maio 18 de 2006).

JOHNSTON J.; COON, C.N. The use of varying levels of pepsin for pepsin digestion studies with animal proteins. **Poultry Sci.**, v.58, p.1271-1273, 1979.

KANTEK G.C.E.; PACHALY, J.R. **Manual de hematologia veterinária**. 1.ed. São Paulo, Brasil: Livraria Varela Ltda, 1994. 169p.

KING, R.H.; CAMPBELL, R.G. Bloodmeal as a source of protein for grower/finisher pigs. **Animal Feed Sci. Technol.** v.3, p.191-200, 1978.

KRAMER, S.L.; WAIBEL, P.E.; BEHRENDTS, B.R. et al. Amino acid in commercially produced blood meals. **J. Agric. Food Chem.**, v.24, p.979-981, 1978.

KRATZER, F.H.; GREEN, N. The availability of lysine in bloodmeal for chicks and poults. **Poult. Sci.**, v.36, p.562-565, 1957.

LIU, J.K.; WAIBEL, P.E.; NOLL, S.L. Nutritional evaluation of blood meal and feather meal for turkey. **Poult. Sci.**, v.68, n.1513-1518, 1989.

LOVELL, T. **Nutrition and feeding of fish**. 1.ed. Washington D.C: Van Nostrand Reinhold, 1988. 260p.

- LOW, A.G. Digestibility and availability of amino acids from feedstuffs for pig: a review. **Livest. Prod. Sci.**, v.9, p.511-520, 1982.
- MACARI, M.; LUQUETTI, B.C. Fisiologia cardiovascular. In: MACARI, M.; FURLAN, R.L.; GONZALES. E. (Eds) **Fisiologia aviária aplicada a frango de corte**. Jaboticabal, Brasil: FUNEP/UNESP, 2002. 375p.
- MAYNARD, L.D.; LOOSLI, J.K.; HINTZ, H.F. et al. **Nutrição animal**. 3.ed. Rio de Janeiro: FreitasBastos, 1984, 726p.
- MEJÍA, A.M.G; FERREIRA, W.M. Métodos de avaliação da disponibilidade da proteína e dos aminoácidos nos alimentos para não ruminantes. In: SIMPOSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE MONOGÁSTRICOS, 1996, Seropédica. **Anais...** Seropédica: UFRRJ, 1996, p.1-29.
- MILLER, E.R. Formulating swine, poultry rations using flashdried blood meal. **Feedstuffs**, v.18 n.16, p.22-23, 1977.
- MORAN, E.T., Jr.; SUMMERS, J.D.; SLINGER, S.J. Keratin as a source of protein for the growing chick. 1. Amino acid imbalance as the cause for inferior performance of feather meal and the implication of disulfide bonding in raw feathers as the reason for poor digestibility. **Poult. Sci.**, v.45, p.1257-1266, 1966.
- NAKAMURA, R.; HAYAKAWA, S.; YASUDA, K. et al. Emulsifying properties of bovine blood globins: A comparison of pressure and heat-induced gels of food proteins. **Agricultural and Biological Chemistry**, v.54, n.1, p.183-189, 1984.

- NELSON, T.S.; STEPHENSON, E. L.; BURGOS, A. et al. Effect of tannin content and dry matter digestion on energy utilization and average amino acid availability of hybrid sorghum grains. **Poultry Sci.**, v.54, p.620-1623, 1975.
- NOLL, S.L.; WAIBEL, P.E; BEHREND, B.R. Available lysine content of blood meals determined by turkey bioassay and fluorodinitrobenzene assay. **Poult. Sci.**, v.63, p.144-152, 1984.
- OCKERMAN, H.W.; HANSEN, C.L. Blood utilization In: OCKERMAN, H.W., HANSEN, C.L. (Eds). **Animal By Product Processing**, 1.ed. New York: VCH Publishing Company, Inc. NY. 1988.
- OPSTVEDT, J.; MILLER, R.; HARDY, R. et al. Heat-induced changes in sulfhydryl groups and disulfide bonds in fish protein and their effect on protein and amino acid digestibility in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). **J. Agric. Food Chem.**, v.32, p.929-935, 1984.
- OTUBUSIN, S.O. Effects of different levels of blood meal in pelleted feeds on tilapia, *Oreochromis niloticus*, production in floating bamboo net-cages. **Aquaculture**, v.65, p.263-266, 1987.
- PAPADOPOULOS, M.C. Effect of processing on high-protein feedstuffs: a review. **Biol. Wastes**, v.29, p.123-138. 1989.
- PARSON C.M.; CASTANON, F.; HAN, Y. Protein and amino acid quality on meat and bone meal. **Poultry Sci.**, v.76, p.361-368, 1997.
- PEZZATO, A.C. **Utilização de subprodutos de abatedouros avícolas na alimentação de frango de corte**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz,

- 1978.123p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz , 1978.
- PICKFORD, J. R. Effects of processing on the stability of heat labile nutrients in animal feeds. In: GARNSWORTHY, P.C., HARESIGN, W., COLE, D.J.A. (Eds.), **Recent Advances in Animal Nutrition**. Melksham, UK: Redwood Press., 1992. p.177-192.
- RICHE, M.; TROTTIER, N.L.; KU, P.K. et al. Apparent digestibility of crude protein and apparent availability of individual amino acids in tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed Phytase pretreated soybean meal diets. **Fish Physiology and Biochemistry**, v.25, p.181-194, 2001.
- SAMPAIO, F.G.; HISANO, H.; YAMAKI, R.A.; KLEEMANN, G.K.; PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M. Digestibilidade aparente das farinhas de peixe nacional e importada e das farinhas de sangue tostada e *spray-dried*, pela tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (L.). **Acta Scientiarum**, v.23, n.4, p.891-896, 2001.
- SAUER, W.C.; OZIMEK, L. Digestibility of amino acids in swine: results and their practical applications. A review. **Livestock Production Science**, v.15, p.367-388, 1986.
- SEERLEY, R.W. Major feedstuffs used in swine diets. In: MILLER, E.R.; ULLREY, D.E.; LEWIS, A.J.J. (Eds) **Swine nutrition**. 4.ed., Boston: Butterworth-Heinemann, 1991.
- SHIRLEY R.B., PARSON, C.M. Effect of pressure processing on amino acid digestibility of meat and bone meal for poultry. **Poult. Sci.**, v.79, p.1775-1781, 2000.

SINDIRAÇÕES/ANFAL. **Compêndio brasileiro de alimentação animal**. 1.ed.

Campinas: CBNA/SDR/MA, 1998. 371p.

SMITH, R.R.; PETERSON, M.C.; ALLRED, A.C. Effect of leaching on apparent digestion coefficients of feedstuffs for salmonids. **Prog. Fish-Cult.**, v.42, p.1995-199, 1980.

SOARES, J.H.; MILLER, Jr.D.; FITZ, N. et al. Some factors affecting the biological availability of amino acids in fish protein. **Poult. Sci.**, 50:1134-1143, 1971.

SWAISGOOD, H.E., CATIGNANI, G.L. Protein digestibility: in vitro methods of assessment. **Advances in Food and Nutrition Research**, v.35, p.185-236, 1991.

TOLDRA, M.; ELIAS, A.; PARÉS, D. et al. Functional properties of a spray-dried porcine red blood cell fraction treated by high hydrostatic pressure. **Food Chemistry**, v.88, p.461-468, 2004.

VALENTINE, S.C.; BARTSH, B.D. Blood meal as a protein supplement for dairy cows. **Proc. Aust. Soc. Anim. Prod.**, v.21, p.349. 1996.

WADHWA, M.; MAKKAR, G.S.; ICHPONANI, J.S. Disappearance of protein supplements and their fractions "in sacco". **Anim. Feed Sci. Technol.**, v.40, p.285-293, 1993.

WAIBEL, P.E.; CUPERLOVIC, M.; HURRELL, R.F. et al. Processing damage to lysine and others amino acids in the manufacture of blood meal. **J. Agric. Food Chem.**, v.25, p.171-175, 1977.

- WALTZ, D.M.; STERN, M.D.; ILLG, D.J. Effects of ruminal protein degradation of blood meal and feather meal on the intestinal amino acid supply to lactating cows. **J. Dairy Sci.**, v.72, p.1509-1518, 1989.
- WANG, X; PARSON, C.M. Effect of raw material source, processing system, and processing temperatures on amino acid digestibility of meat and bone meals. **Poult. Sci.**, v.77, p.834-841, 1998.
- WILDER, O.H.M.; OSTBY, P.C.; GREGORY, B.R. The use of chicken feather meal in feeds. **Poult. Sci.**, v.34, p.518-524, 1955.
- WISMER-PEDERSEN, J. Use of hemoglobin in foods – A review. **Meat Science**, v.24, p.31-45, 1988.

Avaliação nutricional da fração celular do sangue bovino atomizado e das farinhas de sangue bovino de tambor e convencional para tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*)

RESUMO – Objetivou-se avaliar as farinhas de sangue representando as classes de processamento em tambor (FST), convencional (FSC) e atomização da fração celular do sangue (FCSA). As amostras das farinhas de sangue foram submetidas ao processo de extração e fracionamento da proteína para determinação do perfil do tamanho molecular, que foi comparado com o padrão obtido a partir de sangue bovino “*in natura*”. Nas diferentes amostras foram realizadas análises da digestibilidade *in vitro* da proteína, submetidas ou não ao processo de desengorduramento, para avaliar a qualidade da proteína e efeito do método de análise. Foram utilizados juvenis de tilápia do Nilo com peso médio inicial de $100,0 \pm 5,0$ g, submetidos aos tratamentos, num delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições e 10 peixes por unidade experimental. Foram feitas quatro rações, sendo uma sem a suplementação de farinha de sangue, usada como ração controle (purificada), servindo como referência para determinação dos coeficientes de digestibilidade dos nutrientes *in vivo*. As rações testes foram formuladas de maneira que cada uma das farinhas de sangue em estudo substituisse 30% da ração purificada. O processamento afetou a estrutura protéica original do sangue *in natura* em condições de alta temperatura e tempo prolongado, efeito traduzido pela alta proporção de peptídeos de baixo peso molecular e aminoácidos livres, correspondendo a baixos valores de digestibilidade da proteína da farinha de sangue em testes *in vivo* e *in vitro*. A FCSA e FST são eficientemente utilizadas pela tilápia-do-Nilo, sendo a FSC a proteína com valor biológico inferior ao das outras duas farinhas testadas. Dentre os aminoácidos, deve ser considerada a isoleucina como primeiro limitante na formulação de dietas para a tilápia-do-Nilo com o uso de farinha de sangue, seguida pela metionina+cistina, arginina e treonina, que foram encontrados em níveis críticos para essa espécie, principalmente na FSC.

Palavras-chave: aminoácidos, desnaturação, digestibilidade, farinha de sangue, proteína, , tilápia.

Nutritional evaluation of spray-dried bovine blood red cells and drum and vat-dried bovine blood meals for Nile-tilapia (*Oreochromis niloticus*)

ABSTRACT - An experiment was conducted to evaluate three kinds of blood meal coming from different processing conditions, spray-dried bovine blood cells (SDBC), drum-dried blood meal (DDBM) and vat-dried blood meal (VDBM). Protein extraction and fractionation was done on each blood meal type to determine the molecular weight profile of the protein. These profiles were compared to a standard obtained from bovine blood “*in natura*”. An “*in vitro*” digestibility analysis of the protein in the diets, with normal fat content or fat extracted, was carried out to evaluate the protein quality and the effect of the method used in the analysis. To determine the apparent digestibility coefficients (ADC) of the blood meal nutrients “*in vivo*”, Nile-tilapia juveniles, 100.00 ± 5.0 g/fish average weight, were held in 250 liters tanks that were randomly assigned to each experimental unit. Four replicates with 10 fish per experimental unit were used in a randomized block design. The ADC were determined using a reference diet (purified) with chromic oxide as indicator and the test diet that contained 70% reference diet, by weight, and 30% of the blood meal being evaluated. Results of this study show that protein structure of the blood “*in natura*” is affected by high temperature and length of time of processing, resulting in an increase in the amount of low molecular weight peptides, and free amino acids, corresponding to low values of blood meal protein digestibility, both *in vivo* and *in vitro* tests. SDBC and DDBM are efficiently used by the Nile-tilapia, indicating that VDBM has a lower protein value than those of the two other blood meal types. Isoleucine is the first limiting amino acid in diets that use blood meal as a source of proteins to feed Nile-tilapia, followed by methionine + cystine, arginine, and threonine, which are found in critical levels for this specie, mainly in the VDBM.

Key Words: amino acids, blood meal, degradation, digestibility, protein, tilapia

Introdução

No Brasil, o abate de animais em 2005 alcançou 6.345.867 toneladas de bovinos, 2.555.290 toneladas de suínos e 7.899.981 toneladas de frangos (IBGE/DPE/COAGRO, 2006). Considerando-se a volemia média do bovino adulto, do suíno (Kantek & Pachaly, 1994) e do frango (Macari & Luquetti, 2002), a produção de sangue no mesmo ano foi de, aproximadamente, 1.081.711 toneladas, o que o torna relevante fonte de proteínas para o abastecimento da crescente demanda por parte das fábricas de alimentos, pois é um subproduto considerado de baixo custo e com baixa demanda para alimentação humana e, se processado adequadamente, apresenta elevado nível de aminoácidos e não tem problemas de palatabilidade (Butolo, 2002).

O produto resultante do processamento é denominado farinha de sangue, a qual é categorizada de acordo com o método de processamento, podendo-se destacar a farinha de sangue convencional ou *vat-drier* (FSC), a farinha de sangue por tambor, ou *drum-drier* ou *roller-drier*, (FST) e a farinha de sangue atomizada ou *spray-drier* (FSA). Pelo método de atomização, o sangue ainda pode ser separado na sua fração celular (FCSA) e plasma.

A composição em aminoácidos das farinhas de sangue obtidas pelos diferentes métodos de processamento é muito similar entre elas (Doty, 1972) e igual à do produto original, sendo excelentes fontes de lisina. No entanto, a digestibilidade da lisina e outros aminoácidos essenciais, quando determinada por bioensaios, difere amplamente entre as farinhas obtidas nos diferentes processamentos (Ockerman & Hansen, 1988). Mesmo com essas variações, este subproduto tem sido utilizado durante décadas como matéria-prima alternativa a fontes de proteína (Grau & Alquimist, 1944; Wilder et al., 1955), na

alimentação de suínos e aves, nos quais a lisina é o primeiro e segundo aminoácido limitante, respectivamente, em rações a base de milho e farelo de soja (Seerly, 1991).

Dependendo da fonte de proteína, a desnaturação pelo calor ocorre a temperaturas de 25 a 100°C (Hultin, 1986). A desnaturação ocorre pela perda das estruturas quaternária, terciária e secundária da proteína, enquanto a estrutura primária permanece intacta (Papadopoulos, 1989). Entretanto, o aquecimento excessivo e prolongado pode acarretar prejuízos à qualidade da proteína, danificando especialmente a arginina, cisteína, lisina, serina e treonina (Wang & Parson, 1998; Pickford, 1992; Shirley & Parson, 2000) e afetando a digestibilidade do nitrogênio do produto final (Carpenter & Booth, 1973; Opstvedt et al., 1984). Além disso, os aminoácidos com radical reativo na sua cadeia, tais como a lisina, arginina, triptofano e histidina, podem formar ligações entre radicais amino-livres da cadeia polipeptídica e grupos aldeídicos de açúcares redutores, com a formação de um amino-açúcar, que prejudica a hidrólise de peptídeos pela tripsina (Bender, 1978; Maynard et al., 1984).

Neste sentido, todos estes aspectos indicam que as diferenças no processo industrial de obtenção da farinha influenciam a qualidade do produto e explicam as contradições no desempenho animal quando as farinhas de sangue são incluídas na dieta (Waltz et al., 1989; Valentine & Bartsh, 1996; Grant & Haddad, 1998; Waibel et al., 1977; Kramer et al., 1978).

A melhoria nos processos de fabricação tem ajudado a aumentar o seu uso, por apresentar uma melhor uniformidade no produto e alta digestibilidade, principalmente das farinhas de sangue atomizada e de tambor.

A FSA apresentou alto coeficiente de digestibilidade da proteína em trutas arco-íris (Cho et al., 1982), e consistentemente nesta espécie todos os produtos do sangue obtidos pelo método de atomização apresentam digestibilidade aparente dos aminoácidos superior

a 95% (Bureau et al., 1999), valores estes significativamente maiores que os obtidos com FST (Cho & Slinger, 1979).

Sampaio et al. (2001), avaliando a digestibilidade em tilápias do Nilo, determinaram os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca em 82,47% e 53,36%, proteína bruta em 97,33% e 50,69%, extrato etéreo em 52,22% e 89,36% e energia bruta em 74,97% e 57,97% na FSA e na FST, respectivamente. Os autores concluíram que a farinha de sangue atomizada apresenta-se como ótima fonte protéica para peixes tropicais, enquanto que, a farinha de sangue de tambor, por apresentar baixo coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta, não deve ser utilizada como fonte protéica de origem animal em rações para essa espécie.

Logo, esta pesquisa teve por objetivo avaliar o potencial da fração celular do sangue bovino atomizado e das farinhas de sangue bovino de tambor e convencional como parte integrante na dieta de tilápias-do-Nilo, bem como determinar o fracionamento protéico de cada ingrediente, assim como a digestibilidade da sua energia e nutrientes.

Material e Métodos

Este estudo foi desenvolvido no Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos – AQUANUTRI - da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – UNESP Câmpus de Botucatu, laboratório associado ao Centro de Aqüicultura da UNESP.

Foram avaliadas a fração celular do sangue atomizado, representando as classes de processamento em atomização (FCSA), e as farinhas de sangue comerciais, representando as classes de processamento de tambor (FST) e em “vat drier”, também chamado de processamento convencional (FSC), sendo as avaliações realizadas *in vitro* e *in vivo*.

Avaliação *in vitro*

As amostras das farinhas e da fração celular do sangue foram submetidas ao processo de extração e fracionamento da proteína para determinação do perfil do tamanho molecular, o qual foi comparado com o padrão obtido a partir de sangue bovino *in natura* da raça Canchim.

A extração da proteína do sangue bovino (padrão) e das farinhas de sangue foi realizada no Laboratório de Eletroforese do Departamento de Biofísica do Instituto de Biociências – Unesp – Botucatu - SP. Foram tomados 100mg de amostra e diluídos em 1,98 ml de solução fosfato (pH 7.3 0,05M) e 0,020 ml de SDS 1%, posteriormente macerados, centrifugados durante 5 minutos a 7000G. Posteriormente foi coletado o sobrenadante como recomendado pela Amersham Pharmacia Biotech (1999). A seguir, no Laboratório de Parasitologia do Instituto de Biociências da Unesp – Botucatu – SP, foi elaborada a curva de calibração para o sangue de origem bovina e uma alíquota do sobrenadante das amostras antes coletadas foi submetida ao fracionamento da proteína, de acordo com o peso molecular, num cromatografo AKTA, através de uma coluna de filtração HR 10/30, com um diâmetro interno de 10mm, produzida pela Amersham Pharmacia Biotech.

Nas diferentes amostras foram realizadas análises da digestibilidade *in vitro* da proteína, de acordo com o método descrito no Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal (SINDIRAÇÕES/ANFAL, 1998), submetendo-se ou não ao processo de desengorduramento, para avaliar a qualidade da proteína e o efeito do método de análise.

Avaliação in vivo

Foram utilizados juvenis de tilápia do Nilo com peso médio inicial de $100,0 \pm 5,0\text{g}$, submetidos aos tratamentos num delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições e 10 peixes por unidade experimental.

Para a determinação dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) foi elaborada uma ração referência denominada de purificada (INA, 1977), para conter 32% de proteína digestível (PD) e 3.600 kcal de energia digestível (ED) por quilograma de ração, com base na proteína da albumina e gelatina (Tabela 1). As rações testes foram formuladas de maneira que cada uma das farinhas de sangue em estudo substituísse 30% da ração purificada, conforme metodologia proposta por Pezzato et al. (2002).

Na elaboração das rações, após pesagem e homogeneização dos ingredientes, foi acrescentada água ($55,0 \pm 2,0^\circ\text{C}$), na proporção de 25% do peso total da mistura. A mistura foi então peletizada e desidratada em estufa de ventilação forçada ($50,0 \pm 1,0^\circ\text{C}$), durante um período de 24:00h. Após secagem, os pelets foram quebrados em moinho apropriado, o que possibilitou a obtenção de grânulos homogêneos com diâmetro aproximado de 4 mm.

Durante o período de alimentação, os peixes foram alojados em tanques-rede de formato circular (80,0 cm de diâmetro por 60,0 cm de altura), confeccionados em tela plástica (malha de 1,5 cm entre nós) e instalados em aquários circulares de fibra de vidro, com capacidade para 250 litros, num sistema fechado de circulação, com renovação total a cada 60 minutos, dotado de filtro físico e biológico, com aeração e controle automático para manutenção da temperatura na faixa de conforto para a espécie ($26,0 \pm 1,0^\circ\text{C}$).

Os peixes receberam as rações das 8 às 17 horas, com maior frequência durante o final da tarde. Oito gaiolas de alimentação foram divididas em dois grupos que em dias

alternados eram submetidos aos quatro aquários de coleta de fezes. Tal medida foi aplicada a fim de se obter quatro repetições por tratamento e dar aos peixes um dia de descanso entre coletas.

A coleta de fezes foi realizada em aquários de digestibilidade com capacidade para 300 litros e confeccionados em fibra de vidro. Os tanques-rede foram transferidos às 18 horas e permaneceram até às 8 horas do dia seguinte, conforme metodologia proposta por Pezatto et al. (2002), nos aquários de digestibilidade confeccionados em formato cônico no terço inferior, providos de registro acoplado hermeticamente a um frasco transparente de 200 ml, utilizado para coleta das fezes. Às 8 horas do dia seguinte, os tanques-rede retornaram para os aquários de alimentação, para um novo ciclo. Após a retirada dos tanques-rede, por meio de centrifugação manual da água, as micropartículas presentes também foram coletadas juntamente com o conteúdo já presente nos frascos coletores. Toda água utilizada nos aquários de digestibilidade foi descartada e substituída para iniciar a coleta seguinte.

A temperatura e o oxigênio dissolvido da água dos aquários de digestibilidade e de alimentação foram mantidos através de aquecedores ($26 \pm 2,12^{\circ}\text{C}$) e pedra porosa acoplada a um aerador central ($5,5 \pm 0,89$ mg/l), respectivamente. O nível de amônia foi monitorado e mantido abaixo de 0,02 mg/l, através de sifonagem e reposição de água.

As fezes coletadas foram congeladas a -20°C , armazenadas e posteriormente desidratadas a $55,0^{\circ}\text{C}$ durante 48 horas, retirando-se do material obtido possíveis contaminações de escamas, com auxílio de lupa. Em seguida, as amostras foram moídas e homogeneizadas, apresentando-se prontas para as análises químicas.

As análises químico-bromatológicas dos alimentos, das rações e das fezes foram realizadas no Laboratório de Bromatologia do Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal da FMVZ – UNESP – Botucatu, e no Laboratório de Nutrição Animal da empresa

Agroceres - Nutrição Animal Ltda. - Rio Claro – SP, seguindo os procedimentos descritos pela AOAC (2000), sendo a determinação do conteúdo de aminoácidos realizada pela técnica HPLC, no Laboratório do Centro de Apoio Nutricional Adisseo Brasil Ltda; localizado em Paulínia-SP.

Os CDA foram determinados pelo método indireto, usando-se óxido de cromo-III (Cr_2O_3) como indicador inerte (0,10% da ração). A determinação da concentração de óxido de cromo-III, das rações e das fezes, foi realizada a partir da mineralização com ácido nítrico e perclórico e posterior quantificação do cromo no espectrofotômetro, seguindo a metodologia proposta por Bremer et al. (2005). A análise de energia foi realizada em bomba calorimétrica (*Parr Instrument, Moline-IL*) no Laboratório de Química Analítica do Departamento de Química e Bioquímica da UNESP – Botucatu - SP.

O coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) foi calculado com base na fórmula descrita por Nose (1960), como segue:

$$Da_{(n)} = 100 - \left[100 \left(\frac{\%Cr_2O_{3r}}{\%Cr_2O_{3f}} \right) \times \left(\frac{\%N_f}{\%N_r} \right) \right];$$

em que:

DA (n) = Digestibilidade aparente;

Cr_2O_{3r} = % de óxido de cromo-III na ração;

Cr_2O_{3f} = % de óxido de cromo-III nas fezes;

N_r = Nutriente na ração;

N_f = Nutriente nas fezes.

O coeficiente de digestibilidade aparente dos nutrientes de cada alimento foi calculado de acordo com a equação apresentada abaixo, proposta por Forster (1999):

$$CDAN_{ing.} = \frac{[(a + b) \times CDAN_{mistura} - a \times CDAN_{ref.}]}{b}$$

em que:

$CDAN_{ing.}$ = coeficiente de digestibilidade aparente do nutriente pesquisado no alimento;

$CDAN_{mistura}$ = coeficiente de digestibilidade aparente do nutriente na dieta misturada;

$CDAN_{ref.}$ = coeficiente de digestibilidade aparente do nutriente na dieta referência;

a = contribuição de nutriente da dieta referência no teor do nutriente na dieta misturada;

b = contribuição de nutriente do ingrediente-teste no teor do nutriente na dieta misturada;

$a + b$ = teor de nutriente da dieta misturada.

Para a análise estatística foi utilizado o procedimento GLM do SAS (1999). Os resultados foram submetidos à análise de variância e quando observado efeito significativo, realizaram-se comparações múltiplas entre as médias dos tratamentos pelo teste de *Tukey*, ao nível de 5% de significância. Os valores de percentagem foram transformados pela expressão $y = \arcsen \sqrt{x/100}$, descrita por Pimentel Gomes (2000) sendo x o valor da variável expresso em percentagem.

Resultados e Discussão

Os valores da composição químico-bromatológica, aminoácidos e energia das diferentes farinhas de sangue são apresentados na Tabela 2.

Na composição dos ingredientes (Tabela 2) observa-se que as farinhas de sangue, independentemente do processamento, apresentam uma concentração de ferro superior a 2000 mg/kg na matéria natural e um conteúdo de proteína bruta superior a 85%, sendo que o valor da proteína bruta da FSC foi 7,57 e 6,71% inferior quando comparada com as da FCSA e FST, respectivamente.

A FCSA foi a que apresentou na sua composição o menor conteúdo em isoleucina, na ordem de 0,24%, seguida pela FST e pela FSC, com 0,74 e 0,76%, respectivamente. Os aminoácidos metionina+cistina apresentam-se em baixa concentração, com valores de 1,95; 2,33 e 1,89% para a FCSA, FST e FSC, respectivamente. Donkoh et al. (1999) verificaram que a farinha de sangue, mesmo processada a temperaturas entre 35 e 60°C, apresenta baixos níveis de isoleucina (0,85% na matéria seca) e de aminoácidos sulfurosos (2,12% na matéria seca).

As farinhas de sangue caracterizam-se pelo alto conteúdo dos aminoácidos leucina e lisina, como relatado por Kirby et al. (1978), e inadequada relação leucina/isoleucina, com valores de 54,25:1; 17,04:1 e 16:46 na FCSA, FST e FSC, respectivamente, enquanto que na ração referência esta relação foi da ordem de 1,64:1 e na composição de carcaça, segundo Furuya (2000) é de 1,14:1.

À exceção da isoleucina, cistina e metionina nas farinhas de sangue, os aminoácidos se apresentaram em quantidades muito além das contidas tanto na ração referência utilizada quanto na carcaça de tilápias, segundo Furuya (2000).

As diferenças na composição das farinhas de sangue sugerem que, além da variabilidade na matéria prima utilizada, durante o processamento ocorrem reações devidas à temperatura, umidade, tempo de processamento, pH e tipos de reagentes presentes, tais como água, lipídeos e carboidratos.

Segundo Hultin (1986), dependendo da fonte protéica, a desnaturação pelo calor ocorre à temperaturas de 25 a 100°C, que caracteriza perda das estruturas quaternária, terciária e secundária da proteína, enquanto a estrutura primária permanece intacta.

Papadopoulos (1989) constatou que os aminoácidos fenilalanina, metionina+cistina e prolina tiveram fácil degradação durante o calor excessivo de processamento, quando comparados com os demais aminoácidos, concluindo que o dano das proteínas pelo calor durante o processamento ocorre em função do tipo de reagente presente, além da temperatura, tempo, umidade e substâncias redutoras.

Em contrapartida, neste estudo a composição em aminoácidos demonstra que as temperaturas e tempos mais severos que normalmente ocorrem no processamento da FSC não provocaram alterações na composição do perfil de aminoácidos das farinhas, mas não evidencia mudança estrutural da proteína, embora Evangelista (2001) associe a mudança estrutural e a alteração na composição aminoacídica.

Os resultados do fracionamento protéico em função do perfil do peso molecular das proteínas no sangue *in natura*, FSA, FST e FSC são apresentados na Figura 1.

No sangue fresco de bovinos (Figura 1A) observa-se um pico em 9ml de eluição (PM 26894 dalton) que corresponde à hemoglobina com peso aproximado de 45000 daltons. Na leitura do fracionamento não se observam moléculas com peso molecular inferior a 18854 Daltons, o que demonstra que as proteínas estão íntegras.

Na Figura 1B, observa-se que a farinha de sangue obtida pelo processamento de atomização apresenta as proteínas íntegras similares às do sangue fresco, com picos entre 8ml (PM 38619 Dalton) e 9ml (PM 26894 Dalton) de eluição, majoritariamente.

A farinha de sangue obtida pelo processamento de tambor apresenta um segundo pico majoritário em 11ml de eluição (PM 13173 Dalton) demonstrando um grau de

degradação, mas não apresenta leituras em 15ml (PM 3140 Dalton) e 16ml (PM 2194 Dalton) que corresponderiam a pequenos peptídeos e aminoácidos (Figura 1C).

A farinha de sangue processada pelo método convencional é a que apresenta maior degradação protéica, pois em relação ao controle não apresenta picos entre 9 a 12ml de eluição, mas sim entre os picos 16ml (PM 2194 Dalton), 17ml (PM 1533 Dalton) e 19ml (PM 748 Dalton) de eluição, o que caracteriza abundância de peptídeos de baixo peso molecular, aminoácidos livres e quelatos, possivelmente em virtude da combinação de um drástico processamento envolvendo altas temperaturas e tempo prolongado.

Na farinha de sangue obtida por atomização, a estrutura da proteína do sangue manteve-se com características semelhantes às do produto in natura, seguida pela obtida no processamento de tambor a qual, embora tenha mantido um alto grau de integridade protéica em relação ao sangue in natura, demonstrou certo grau de desnaturação. Estes resultados se apresentam por ser a hemoglobina a proteína mais abundante no sangue e esta, por sua vez, apresentar alta susceptibilidade ao dano pelo calor prolongado (Devlin e Zittle, 1944).

A digestibilidade *in vitro* da proteína em pepsina a 0,0002% das diferentes farinhas é apresentada na Tabela 3.

Houve diferença na digestibilidade protéica das farinhas avaliadas com e sem desengorduramento ($P \leq 0,05$). A digestibilidade em pepsina da FCSA foi superior quando comparada com a das FST e FSC, as quais diferiram entre si somente nos tratamentos sem desengordurar, podendo-se correlacionar o fato das FSA e FST também apresentarem as menores desnaturações de proteína, uma vez que apresentaram maiores valores de digestibilidade quando comparadas com a farinha de sangue convencional. Embora o conteúdo de gordura nas farinhas de sangue seja baixo (Tabela 2), submeter a FCSA e a FST a um desengorduramento prévio à digestão em pepsina reduziu ($P \leq 0,05$) o índice de

digestibilidade *in vitro* em 3,94 e 11,92%, respectivamente, efeito não observado na farinha de sangue convencional.

No fracionamento protéico observou-se que as farinhas de sangue atomizada e de tambor mantém alta integridade das proteínas e, entre essas moléculas, se encontram as lipoproteínas, compostos que na presença de solventes orgânicos são lixiviados, carregando tanto a fração lipídica quanto a protéica, o que pode determinar a diferença de solubilidade entre essas farinhas, com e sem gordura, fato este não observado na FSC.

Os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca, proteína, energia, extrato etéreo e dos aminoácidos nas matérias-primas pesquisadas são apresentados na Tabela 4. Em média, os aminoácidos da FCSA apresentam melhores coeficientes de digestibilidade ($P \leq 0,05$) que os da FST, com uma diferença de 8,43%. A FSC apresenta os piores ($P \leq 0,05$) coeficientes de digestibilidade, comparados com os da FCSA e FST, com diferenças em média de 59,39 e 47,96%, respectivamente.

A FCSA apresenta consistentemente altos coeficientes de digestibilidade aparente dos seus aminoácidos, com valores entre 97,75 e 94,09%, exceto da isoleucina que foi de 71,69%.

Estes resultados concordam com estudos prévios realizados com truta arco íris, nos quais se demonstrou que os aminoácidos da proteína da FCSA foram quase totalmente digestíveis (Cho et al., 1982, Bureau et al., 1999). Nos resultados obtidos observa-se que a qualidade da proteína da FST avaliada pela digestibilidade aparente dos aminoácidos foi inferior ao da FCSA ($P \leq 0,05$), com valores entre 85,83% e 89,32%, exceto a isoleucina que apresentou o pior coeficiente (65%). Bureau et al. (1999) relatam resultados semelhantes ao comparar a digestibilidade da proteína da FCSA e FST em truta arco íris.

Cho & Slinger (1979), utilizando truta arco-íris, relataram que a FCSA apresentou digestibilidade superior quando comparada à FST, devido ao dano pelo calor durante o processamento, com efeito negativo sobre a digestibilidade da proteína.

O valor médio do CDA dos aminoácidos da ração referência mostrou-se elevado para todos os aminoácidos, similar aos resultados observados por Furuya et al. (2001), os quais afirmaram que a albumina pode ser utilizada como substituta da caseína nos estudos de avaliação de nutrientes e que a associação com a gelatina proporciona adequado balanceamento de aminoácidos aos peixes.

Os resultados do presente estudo mostram um melhor valor na digestibilidade da FCSA e, embora em menor grau, também da FST, possivelmente em função do resultado de melhores práticas de processamento usadas atualmente na produção destas farinhas, como melhor ajuste da temperatura e do tempo de processamento. Esses fatores associados melhoram o valor nutricional da proteína, deixando as cadeias aminoacídicas mais expostas, sem afetar a estrutura primária, que resulta num processo mais rápido de digestão enzimática (Camire, 1991). Por outro lado, também demonstra a eficiência natural da tilápia em digerir proteína animal de alto valor biológico, após um adequado período de adaptação.

Os aminoácidos essenciais da proteína da FSC apresentaram os piores coeficientes de digestibilidade, com valores entre 22,35 e 42,19%, enquanto os aminoácidos não essenciais apresentam coeficientes de digestibilidade aparente entre 40,00 e 45,95%; sendo, entre os aminoácidos essenciais, o de menor digestibilidade a isoleucina com 53,10%, seguida pela metionina, metionina+cistina e fenilalanina+tirosina com 31,20; 35,47 e 35,22%, respectivamente. Entre os aminoácidos não essenciais, a prolina apresentou o menor coeficiente de digestibilidade aparente (40,00%), seguida pela glicina (40,49%). A diferença da FSC com as FCSA e FST, é que a FSC é elaborada submetendo

o sangue a temperaturas altas durante um tempo prolongado, dando origem a um produto de baixa uniformidade e alta desnaturação da proteína, a qual envolve a sua estrutura primária, com o aumento de peptídeos de baixo peso molecular e aminoácidos livres, como observado na Figura 1D.

Miller (1977) afirmou que a maior desvantagem da farinha de sangue é a baixa digestibilidade da sua proteína, especialmente da lisina, uma vez que este aminoácido é o primeiro limitante em rações para tilápias, o que está de acordo com os resultados obtidos na FSC, mas são discordantes dos resultados obtidos com as FSA e FST.

Segundo Pickford (1992), os principais aminoácidos degradados em ingredientes de origem animal submetidos ao calor excessivo são arginina, cistina, lisina, serina e treonina. Bender (1978) relata que os aminoácidos com radical reativo na sua cadeia, tais como a lisina, arginina, triptofano e histidina, podem se ligar a agentes redutores presentes no ingrediente, como observado na reação de *Maillard* entre a lisina e os açúcares redutores.

A isoleucina foi o aminoácido que apresentou a pior digestibilidade nas três farinhas, sendo aproximadamente 31, 32 e 69% inferior à digestibilidade média dos aminoácidos analisados na FSA, FST e FSC, respectivamente. A baixa digestibilidade da isoleucina na farinha de sangue pode ter sido resultado da interação com a leucina e valina, como relatado por Allen e Baker (1972).

Allan et al. (2000) verificaram baixa digestibilidade da isoleucina na farinha de sangue ao ser avaliada no peixe silvestre australiano *Bidyanus bidyanus*, o que foi atribuído ao desequilíbrio entre leucina e isoleucina.

Os aminoácidos sulfurosos metionina+cistina, com coeficiente de digestibilidade aparente de 35,47% na FSC, reforçam o efeito negativo do calor excessivo sobre a proteína. A cistina é o aminoácido mais afetado pelo incremento na temperatura de processamento (Wang e Parson, 1998) e pela pressão exercida durante o mesmo (Shirley &

Parson, 2000). Além disso, a cistina reage rapidamente durante o processamento com o calor para formar ligações dissulfeto entre as unidades de cisteína (Bender, 1978). Conjuntamente com a maioria dos aminoácidos, a digestibilidade da cistina diminuiu pelo superaquecimento, quando ocorrem reações de ligação cruzada entre as mesmas proteínas (Opstvedt et al., 1984; Ljokjel et al., 2000). A diminuição da digestibilidade da metionina+cistina também pode ocorrer quando estes dois aminoácidos são oxidados por meio de ligações não peptídicas sulfidril (-SH) e bissulfeto (S-S), reações que ocorrem sempre que a metionina e cistina são expostos simultaneamente a um severo tratamento térmico, baixa atividade de água e presença de ácidos graxos insaturados (Opstvedt et al., 1984).

Embora existam alguns aminoácidos mais susceptíveis ao dano pelo calor, os resultados demonstram que existe uma ampla degradação, que pode ser verificada ao comparar as médias dos coeficientes de digestibilidade aparente de 94,31%, 85,88 e 37,92% nas FCSA, FST e FSC, respectivamente (Tabela 4 Figuras 1B, C e D). Neste sentido, Hurrell (1984) relatou que uma outra consequência negativa do calor é a possível racemização dos aminoácidos, com a perda da atividade biológica de alguns quando a forma biologicamente ativa Levógiro é convertida na sua forma inativa Destrógiro.

No experimento, os coeficientes de digestibilidade aparente dos aminoácidos refletem os coeficientes de digestibilidade da proteína das farinhas de sangue (Tabela 4). No entanto, a isoleucina, apresenta coeficiente distante da média dos demais aminoácidos (Tabela 4), e isto ressalta a importância de se avaliar individualmente a digestibilidade dos aminoácidos, pois ainda que exista correlação entre os coeficientes de digestibilidade da proteína e a média dos aminoácidos, ocorrem variações entre aminoácidos, que podem subestimar ou superestimar o valor aminoacídico de um alimento.

Na composição de aminoácidos digestíveis (Tabela 5) se observa que o primeiro aminoácido essencial limitante nas farinhas de sangue é a isoleucina, com uma deficiência de 86,92; 63,08 e 86,92% em relação ao nível presente na dieta referência para a FCSA, FST e FSC, respectivamente, seguido pela metionina+cistina e arginina, enquanto, entre os aminoácidos não essenciais, destacam-se as deficiências da prolina e glicina, principalmente na FSC.

Na Tabela 5 pode-se observar que as relações aminoácidos essenciais:não-essenciais de 58,17/41,83; de 57,88/42,12 e de 54,38/45,62 encontradas na FCSA, FST e FSC, respectivamente, indicam um balanceamento deficiente quando comparadas à relação presente na dieta referência. Ao serem comparadas essas relações com a existente na carcaça da tilápia do Nilo de 53,08/43,92 para aminoácidos essenciais e não essenciais, respectivamente (Furuya, 2000), verifica-se que a FSC apresentou a relação mais próxima do perfil da carcaça; enquanto a FCSA e FST apresentaram maior proporção de aminoácidos essenciais.

Cowey (1995) observou que na truta arco-íris alimentada com 40% de aminoácidos essenciais e 60% de não-essenciais na dieta, piorou o ganho de peso e a conversão alimentar durante a fase inicial, recomendando que a relação para maximizar o desempenho deve ser próxima a 50 por 50.

A maior diferença na relação lisina/arginina foi apresentada pela FCSA, seguida pela FST, enquanto a FSC foi a que apresentou a relação mais próxima daquela com valor de 1,27 encontrada por Furuya (2000) na carcaça da tilápia do Nilo. Assim, em rações com níveis elevados de farinha de sangue, os níveis de arginina e lisina devem ser considerados para evitar possíveis antagonismos.

Na Tabela 6 encontram-se as relações lisina/aminoácidos essenciais da FCSA, FST e FSC, utilizando-se os valores de aminoácidos essenciais digestíveis, comparados com o

perfil aminoacídico da proteína da carcaça da tilápia do Nilo obtido por Furuya (2000). Os resultados mostram que a isoleucina foi o primeiro aminoácido limitante, tanto na FCSA como na FST e FSC, seguida pela metionina, arginina e treonina (Tabela 6).

Quando a principal fonte protéica é a farinha de sangue, a leucina pode representar de 5,01 a 12,59% dos aminoácidos digestíveis desse ingrediente, fato esse que pode levar a antagonismo com a isoleucina e valina (Allen & Baker, 1972; Allan et al., 2000).

Conclusões

O processamento afeta a estrutura protéica original do sangue *in natura* em condições de alta temperatura e tempo prolongado. Tal modificação pode ser traduzida pela alta proporção de peptídeos de baixo peso molecular e aminoácidos livres, correspondendo a baixos valores de digestibilidade da proteína da farinha de sangue em testes *in vivo* e *in vitro*.

A fração celular do sangue bovino atomizado e a farinha de sangue bovino de tambor são eficientemente utilizados pela tilápia do Nilo, tendo a farinha de sangue convencional a proteína com valor biológico inferior ao dos outros dois ingredientes testados. Dentre os aminoácidos, deve ser considerada a isoleucina como primeiro limitante na formulação de dietas para a tilápia-do-Nilo com o uso de farinha de sangue, seguida pela metionina+cistina, arginina e treonina, que foram encontradas em níveis limitantes para essa espécie, principalmente na farinha de sangue convencional.

Tabela 1. Ração referência (base na matéria natural) usada na determinação dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da proteína de farinhas e fração celular do sangue para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)

Ingrediente	%
Albumina	32,00
Gelatina	7,70
Amido	44,13
Óleo de soja	6,00
α - Celulose	6,00
Fosfato bicálcico	3,00
Suplemento mineral e vitamínico ¹	0,50
Vitamina C	0,05
Sal comum	0,50
BHT ²	0,02
Óxido de cromo ^{III}	0,10
Composição químico-bromatológica ³	
Matéria seca (%)	92,34±0,01
Energia Digestível (kcal/kg)	3630,35±72,7
Proteína bruta (%)	33,79± 0,82
Proteína digestível (%)	32,33±0,07
Fibra bruta (%)	3,95±0,08
Extrato etéreo total (%)	6,36±0,17
Cálcio (%)	0,92±0,03
Fósforo total (%)	0,66±0,03
Arginina	1,98 (94,08) ⁴
Histidina	0,65 (93,54)
Isoleucina	1,36 (95,86)
Leucina	2,24 (96,00)
Lisina	1,80 (94,47)
Metionina	0,90 (94,30)
Metionina+Cistina	1,50 (95,14)
Fenilalanina+Tirosina	1,98 (95,89)
Treonina	1,18 (92,08)
Valina	1,87 (93,80)
Ácido Aspártico	2,91 (94,36)
Ácido Glutâmico	3,89 (95,65)
Alanina	2,07 (94,97)
Glicina	2,42 (94,21)
Serina	1,70 (94,86)
Prolina	1,86 (95,92)

¹ Suplemento vitamínico e mineral (*SupreMais*): níveis de garantia por kg do produto: Vitaminas: A=1.200.000 UI; D3=200.000 UI; E=12.000 mg; K3=2.400 mg; B1=4.800 mg; B2=4.800 mg; B6=4.000 mg; B12=4.800 mg; ac. Fólico=1.200 mg; pantotenato de Ca=12.000 mg; C=48.000 mg; biotina=48mg; colina=65.000mg; niacina=24.000mg; minerais: ferro=10.000 mg; cobre=600 mg; manganês=4.000 mg; zinco=3.0000 mg; iodo=20 mg; cobalto=2 mg e selênio=20 mg.

² BHT = (antioxidante) = Butil hidroxi tolueno.

³ Composição química e coeficientes de digestibilidade determinados nesta pesquisa.

⁴ Valores em parênteses correspondem aos coeficientes de digestibilidade obtidos com tilápias.

Tabela 2. Valores ($\bar{x} \pm \sigma$) da composição químico-bromatológica, energia e aminoácidos da fração celular de sangue bovino atomizado e farinhas de sangue bovino de tambor e convencional (base na matéria natural)

Nutriente	Fração celular do sangue	Farinha de sangue de	Farinha de sangue
	atomizado	tambor	convencional
Matéria seca (%)	93,67±0,11	93,28±0,07	93,48±0,01
Energia bruta (kcal/kg)	5433,11	5437,74	5725,83
Proteína bruta (%)	92,60±0,79	91,75±0,94	85,59±0,30
Fibra bruta (%)	0,56±0,02	0,68±0,09	0,72±0,04
Extrato etéreo (%)	0,65±0,06	0,50±0,12	0,60±0,06
Cálcio (%)	0,18±0,01	0,19±0,00	0,27±0,02
Fósforo (%)	0,20±0,02	0,18±0,01	0,32±0,01
Potássio (mg/kg)	3535,00±4,08	1211,50±0,00	1904,00±5,89
Cobre (mg/kg)	23,15±0,74	9,37±0,67	10,25±0,40
Ferro (mg/kg)	2511,25±82,42	2108±1,93	2045,25±90,85
Zinco (mg/kg)	30,25±0,82	17,83±0,39	27,73±0,55
Manganês (mg/kg)	7,30±0,38	12,75±0,66	9,35±0,19
Aminoácidos			
Arg	3,58	4,00	3,96
His	5,64	5,23	4,45
Ile	0,24	0,74	0,76
Leu	13,02	12,61	12,49
Lys	8,58	8,88	8,45
Met	1,32	1,29	1,05
Met+Cis	1,95	2,33	1,89
Phe+Tyr	9,65	9,99	9,91
Thr	3,75	4,11	4,61
Val	7,96	7,97	7,60
Asp	11,47	11,30	10,79
Glu	7,73	8,93	9,06
Ala	8,03	7,58	7,52
Cis	0,63	1,04	0,84
Gly	4,14	4,05	4,07
Ser	4,69	5,05	5,23
Pro	3,19	3,65	3,83

Médias de quatro repetições.

Tabela 3. Efeito do processamento e do lipídeo sobre a digestibilidade *in vitro* da proteína da fração celular do sangue bovino atomizado e das farinhas de sangue bovino de tambor e convencional, desengorduradas ou não¹

Ingrediente	Desengordurada	Sem desengordurar
Fração celular do sangue atomizado	86,93±3,05 a B	90,50±0,27 a A
Farinha de sangue de tambor	64,63±2,02 bB	73,38±3,05 bA
Farinha de sangue convencional	65,47±0,45 bA	64,16±2,19 cA

a, b, c Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

A, B Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na linha diferem entre se pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

¹ Digestibilidade em pepsina 0,0002%, média de 6 repetições

Tabela 4. Coeficientes de digestibilidade aparente (%) da fração celular do sangue bovino atomizado (FCSA) e das farinhas de sangue bovino de tambor (FST) e convencional (FSC) pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)

	Ingrediente		
	FCSA	FST	FSC
Matéria seca	98,00a	95,43b	53,21c
Energia	93,12 a	91,74 a	53,10b
Proteína	94,36 a	84,35 b	44,07 c
Extrato etéreo	100,00 a	100,00 a	88,33b
	Aminoácidos		
Arginina	95,47 a	88,36 b	42,19 c
Histidina	97,20 a	88,89 b	36,18 c
Isoleucina	71,69 a	65,00 b	22,35 c
Leucina	96,70 a	87,27 b	40,12 c
Lisina	97,00 a	89,83 b	38,65 c
Metionina	95,09 a	85,88 b	31,20 c
Metionina+Cistina	95,77 a	85,81 b	35,47 c
Fenilalanina+Tirosina	96,68 a	87,39 b	35,22 c
Treonina	94,52 a	86,15 b	38,73 c
Valina	96,03 a	86,59 b	36,19 c
Ácido aspártico	97,75 a	89,32 b	45,95 c
Ácido Glutâmico	95,02 a	87,48 b	40,77 c
Alanina	95,86 a	86,95 b	41,05 c
Glicina	94,48 a	85,47 b	40,49 c
Serina	95,61 a	87,66 b	42,10 c
Prolina	94,09 a	86,02 b	40,00 c
Média	94,31±5,93	85,88±5,54	37,92±6,06

a,b,c Coeficientes de digestibilidade aparente seguidos por letras diferentes na mesma linha diferem ($P \leq 0,05$) pelo teste Tukey.

Tabela 5. Valores de proteína, aminoácidos digestíveis (base na matéria natural) e relação aminoácidos essenciais/aminoácidos não essenciais da fração celular do sangue bovino atomizado (FCSA) e das farinhas de sangue bovino de tambor (FST) e convencional (FSC) pela tilápia do Nilo

Aminoácido (%)	Ingrediente		
	FCSA	FST	FSC
Aminoácidos essenciais			
Arginina	3.42	3.53	1.67
Histidina	5.48	4.65	1.61
Isoleucina	0.17	0.48	0.17
Leucina	12.59	11.00	5,01
Lisina	8.32	7.98	3,26
Metionina	1.26	1.11	0.32
Metionina+Cistina	1.87	2.00	0,67
Fenilalanina+Tirosina	9,33	8,73	3,49
Treonina	3.54	3.54	1.78
Valina	7.64	6.90	2.75
Aminoácidos não essenciais			
Ácido Aspártico	11.21	10.09	4.96
Ácido Glutâmico	7.35	7.81	3.69
Alanina	7.70	6.59	3,09
Glicina	3.91	3.46	1.65
Serina	4.48	4.43	2,20
Prolina	3.00	3.14	1.53
Prot. Digestível	88,34	81,33	37,72
Aa _e :aa _{ne} *	58,17:41,83	57,88:42,12	54,38:45,62

*aa_e = aminoácidos essenciais, incluindo cistina, tirosina sem o triptofano.

aa_{ne} = aminoácidos não essenciais.

Tabela 6. Perfil de aminoácidos em relação à lisina (aminoácido/lisina x100) e índice relativo de comparação (IRC) da ração referência, fração celular do sangue bovino atomizado (FCSA) e das farinhas de sangue bovino de tambor (FST) e convencional, em relação aos aminoácidos da carcaça da tilápia do Nilo¹.

Aminoácidos		Ingrediente			
		Ração Referência	FCSA	FST	FSC
Lisina		100,00	100,00	100,00	100,00
Metionina	% lisina	50,00	15,14	13,91	9,82
	IRC	+61,70	-51,02	-55,01	-68,25
Metionina+cistina	% lisina	84,12	22,48	25,06	20,55
	IRC	+88,03	-49,76	-43,97	-35,11
Treonina	% lisina	64,12	42,55	44,36	54,60
	IRC	+9,50	-27,33	-24,23	-6,74
Arginina	% lisina	109,41	41,11	44,24	51,23
	IRC	+38,59	-47,93	-47,97	-35,11
Histidina	% lisina	35,88	65,87	58,27	49,36
	IRC	+33,03	+144,22	+116,06	+83,12
Isoleucina	% lisina	76,47	2,04	6,02	5,21
	IRC	+32,09	-96,47	-89,61	-90,99
Leucina	% lisina	126,47	151,32	137,84	153,68
	IRC	+27,31	+52,33	+38,76	+54,70
Fenilalanina	% lisina	82,53	84,38	77,32	85,58
	IRC	+74,23	+78,12	+63,22	+80,67
Fenilalanina+Tirosina	% lisina	111,76	112,14	109,40	107,06
	IRC	+38,12	+38,58	+35,19	+32,30
Valina	% lisina	102,94	91,83	86,47	84,36
	IRC	+70,08	+51,70	+42,85	+39,36

IRC = índice relativo de comparação (ração referência e ingredientes em relação à carcaça).

¹ Composição em aminoácidos da carcaça da tilápia do Nilo determinada por Furuya (2000): lisina 1,52%, metionina 0,47%, metionina+cistina 0,68, treonina 0,89%, arginina 1,20%, histidina 0,41%, isoleucina 0,88, leucina 1,51%, fenilalanina 0,72, fenilalanina+tirosina 0,89% e valina 0,92%.

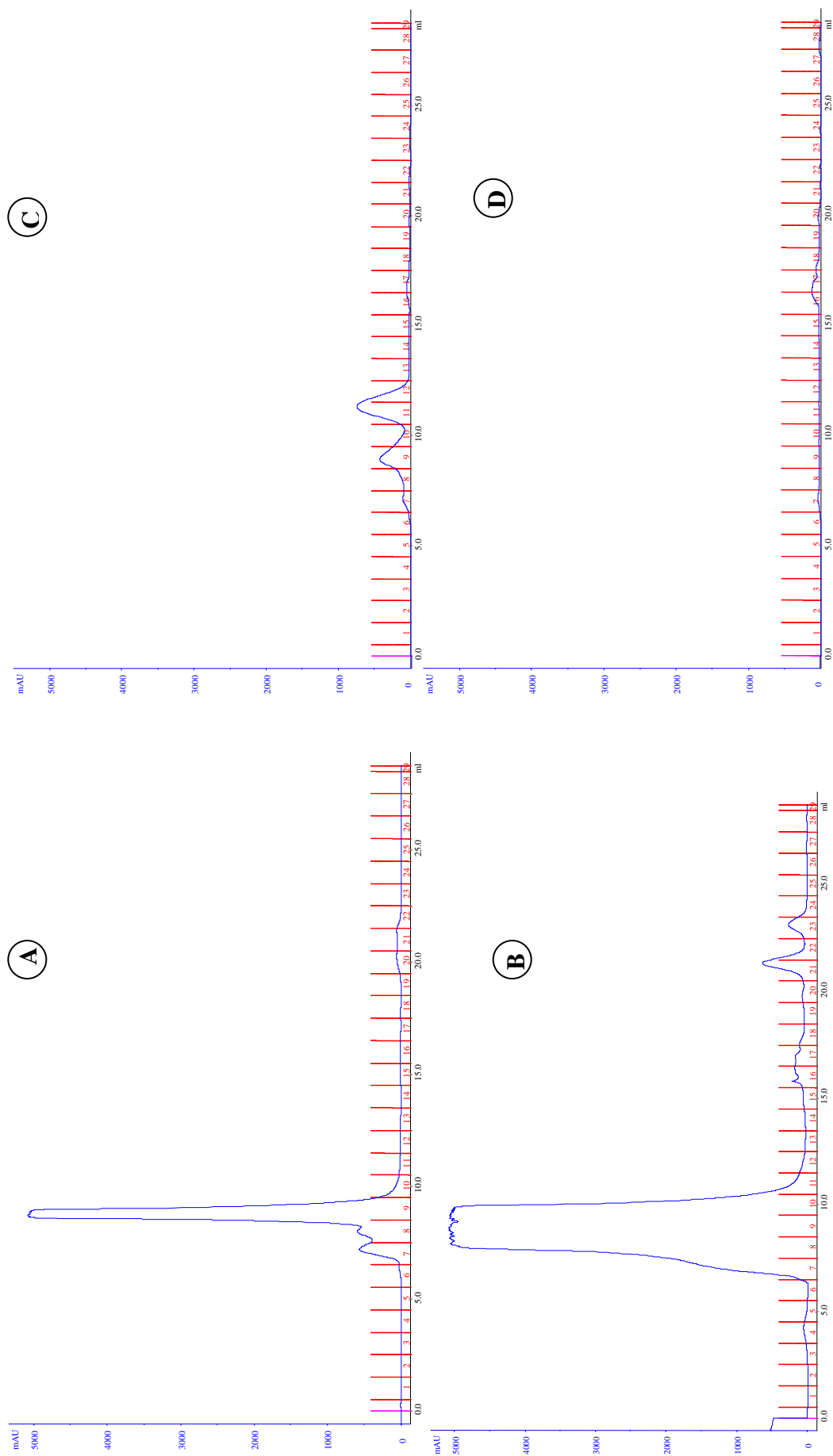


Figura 1. Fracionamento da Proteína do sangue bovino *in natura* (A), fração celular do sangue atomizado (B), farinha de sangue Tambor (C) e farinha de sangue convencional (D) de acordo com o peso molecular

Literatura Citada

- ALLAN, G.L.; PARKINSON, S.; BOOTH, M.A. et al. Replacement of fish meal in diets for Australian silver perch, *Bidyanus bidyanus*: I. Digestibility of alternative ingredients. **Aquaculture**, v.186, p.293-310, 2000.
- ALLEN, N.K.; BAKER, D.H. Quantitative efficacy of dietary isoleucine and valine for chick growth as influenced by variable quantities of excess dietary leucine. **Poult. Sci.**, v.51, p.1292-1298. 1972.
- AMERSHAM PHARMACIA BIOTECH. **Technical manual protein eletrophoresis**. Buckinghamshire, England: Amersham place little Chalfont, 1999. p.76.
- AMERICAN INSTITUTE OF NUTRITION - INA, Report of the american institute of nutrition ad hoc committee on standards for nutritional studies. **Journal Nutrition**, v.107, p.1340-1348, 1977.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS INTERNATIONAL - AOAC. **Official methods of analysis**, 17.ed., Gaithersburg, Maryland, USA,,: 2000. 3413p.
- BENDER, A.E. **Food Processing and Nutrition**. 1.ed. London: Academic Press, 1978. 243p.
- BREMER, N.H.; GRANER, C.A.F.; PEZZATO, L.E. et al. The spectrophotometric method on the routine of 1,5-diphenylcarbazide was adjusted on chromium determination in feces, after its utilization as a biological marker as chromium (III) oxide. **Ciência Rural**, v.25, n.3, p.691-697, 2005.
- BUREAU, D. P.; HARRIS, A. M.; CHO, C. Y. Apparent digestibility of rendered animal protein ingredients for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, v.180, p.345-358, 1999.

- BUTOLO, J.E. **Qualidade de ingredientes na alimentação animal**. 1.ed. Campinas: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 2002. 438p.
- CAMIRE, M.E., Protein functionality modification by extrusion cooking. **JAOCS** v.68, n.5, p.200-2005, 1991.
- CARPENTER, K.J.; BOOT, V.H. Damage of lysine in food processing: its measurement and its significance. **Nutr. Abstr. Rev.** v.43, p.424-451, 1973.
- CHO, C.Y., SLINGER; S.J., BAYLEY, H.S. Bioenergetics of salmonid fishes: energy intake, expenditure and productivity. **Comp. Biochem. Physiol.** v.73B, p.25-41, 1982.
- CHO, C.Y.; SLINGER, S.I.. Apparent digestibility measurement in feedstuff for rainbow trout. In: WORLD SYMPOSIUM ON FINFISH NUTRITION AND FISHFEED TECHNOLOGY, 1979. **Proc...** Hamburg. 1979.
- COWEY, C.B. Intermediary metabolism in fish with reference to output of end products of nitrogen and phosphorus. **Water Science and Technology**, v.31, n.10, p.21-28, 1995.
- DEVLIN, H. B.; ZITTLE, C.A. A nutritional study of human globin in rats. **J. Biol. Chem.**, v.156, n.2. p.393-400, 1944.
- DONKOH, A.; ATUAHENE, C.C.; ANANG, D.M. et al. Chemical composition of solar-dried blood meal and its effect com performance of broiler chickens. **Anim. Feed Sci. Technol.**, v.81, p.299-307, 1999.
- DOTY, D.M. Developments in processing meat and blood by-products. In: ENHANCEMENT OF PROTEIN SUPPLIES FROM KNOWN FEEDS. **Proc. Symp.** Alt. Sources Prot. An. Production. PISU, 1972. p.61-72.
- EVANGELISTA, J. **Tecnologia de alimentos**, 1.ed. São Paulo, Brasil: Ed. Atheneu, 2001. p.1913-1999.

- 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. **Digestibilidade aparente de aminoácidos e substituição da proteína da farinha de peixe pela proteína do farelo de soja com base no conceito de proteína ideal em rações para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)**. Botucatu: Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 2000. 9999p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, campus de Botucatu, 2000.
- FURUYA, W.M.; PEZZATO, L.E.; PEZZATO, A.C. et al. Coeficientes de digestibilidade e valores de aminoácidos digestíveis de alguns ingredientes para Tilápia (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.1143-1149, 2001.
- GRANT, R.J.; HADDAD, S.G. Effect of a mixture of feather and blood meals on lactation performance of dairy cows. **J. Dairy Sci.**, v.81, p.1358-1363, 1998.
- GRAU, C.R.; ALQUIMIST, E.H.J. Beef blood proteins in chick diets. **Poult. Sci.**, v.23, p.486-490, 1944.
- HULTIN, H. O. Textural attributes of proteinaceous animal foods as influenced by reactions during food processing. In: FENNEMA, O.R.; CHANG, W.H.; LII, C.Y. (Eds.) **Role of Chemistry in the Quality of Processed Food**. Westport, CT, USA: Food and Nutrition Press, 1986. p.202-224.
- HURREL, R.F. Reactions of food proteins during processing and storage and their nutritional consequences. In: HUDSON, B.J.F. (Ed.) **Developments in Food Proteins - 3**. London, UK: Elsevier, 1984. p.231-244.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE/DPE/COAGRO.

Pesquisa trimestral do abate de animais, 4º Trimestre de 2005.

www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/producaoagropecuaria/teabat42005.pdf (Maio 18 de 2006).

KANTEK G.C.E.; PACHALY, J.R. **Manual de hematologia veterinária**. 1.ed. São Paulo, Brasil: Livraria Varela Ltda, 1994. 169p.

KIRBY, L.K.; NELSON, T.S.; JOHNSON, Z. et al. Content and digestibility by chicks of the amino acids in wheat, fish meal and animal by-products. **Nutrients Reports International**, v.18, n.5. p.591-597. 1978.

KRAMER, S.L.; WAIBEL, P.E.; BEHRENDTS, B.R. et al. Amino acid in commercially produced blood meals. **J. Agric. Food Chem.**, v.24, p.979-981, 1978.

LJOKJEL, K.; HARSTAD, O.M.; SKREDE, A. Effect of heat treatment of soybean meal and fish meal on amino acid digestibility in mink and dairy cows. **Anim. Feed Sci. Technol.**, v.84, p.83-95, 2000.

MACARI, M.; LUQUETTI, B.C. Fisiologia cardiovascular. In: MACARI, M.; FURLAN, R.L.; GONZALES. E. (Eds) **Fisiologia aviária aplicada a frango de corte**. Jaboticabal, Brasil: FUNEP/UNESP, 2002. 375p.

MAYNARD, L.D.; LOOSLI, J.K.;HINTZ, H.F. et al. **Nutrição animal**. 3.ed. Rio de Janeiro: FreitasBastos, 1984, 726p.

MILLER, E.R. Formulating swine, poultry rations using flash-dried blood meal. **Feedstuffs**, v.18 n.16, p.22-23, 1977.

NOSE, T. On the digestion of food protein by gold-fish (*Carassius auratus* L.) and rainbow trout (*Salmo irideus* G.). **Bull. Freshwater Fish. Res. Lab.**, v.10, p.11-22, 1960.

- OCKERMAN, H.W.; HANSEN, C.L. Blood utilization In: OCKERMAN, H.W., HANSEN, C.L. (Eds). **Animal By Product Processing**, 1.ed. New York: VCH Publishing Company, Inc. NY. 1988.
- OPSTVEDT, J.; MILLER, R.; HARDY, R.; et al. Heat-induced changes in sulfhydryl groups and disulfide bonds in fish protein and their effect on protein and amino acid digestibility in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). **J. Agric. Food Chem.** v.32, p.929-935, 1984.
- PAPADOPOULOS, M.C. Effect of processing on high-protein feedstuffs: a review. **Biol. Wastes**, v.29, p.123-138, 1989.
- PEZZATO, L.E.; MIRANDA, E.C.; BARROS, M.M. et al. Digestibilidade de ingredientes pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Rev. Bras. de Zootec.** v.31, n.4, p.1595-1604, 2002.
- PICKFORD, J.R. Effects of processing on the stability of heat labile nutrients in animal feeds. In: GARNSWORTHY, P.C., HARESIGN, W., COLE, D.J.A. (Eds.), **Recent Advances in Animal Nutrition**. Melksham, UK: Redwood Press, 1992. p.177-192.
- PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. São Paulo: Livraria Nobel S.A., 2000. 477p.
- SAMPAIO, F.G.; HISANO, H.; YAMAKI, R.A. et al. Digestibilidade aparente das farinhas de peixe nacional e importada e das farinhas de sangue tostada e *spray-dried*, pela tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (L.). **Acta Scientiarum**, v.23, n.4, p.891-896, 2001.
- SEERLEY, R.W. Major feedstuffs used in swine diets. In: MILLER, E.R.; ULLREY, D.E.; LEWIS, A.J.J. (Eds) **Swine nutrition**. 4.ed., Boston: Butterworth-Heinemann, 1991.

- SHIRLEY R.B., PARSON, C.M. Effect of pressure processing on amino acid digestibility of meat and bone meal for poultry. **Poult. Sci.**, v.79, p.1775-1781, 2000.
- SINDIRAÇÕES/ANFAL. **Compêndio brasileiro de alimentação animal**. 1.ed. Campinas: CBNA/SDR/MA, 1998. 371p.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEMS INSTITUTE - SAS. **User's guide**, 8.ed. Cary,USA: SAS®/STAT, SAS Institute Inc., 1999. 365p.
- VALENTINE, S.C.; BARTSH, B.D. Blood meal as a protein supplement for dairy cows. **Proc. Aust. Soc. Anim. Prod.**, v.21, p.349. 1996.
- WAIBEL, P.E.; CUPERLOVIC, M.; HURRELL, R.F. et al. Processing damage to lysine and others amino acids in the manufacture of blood meal. **J. Agric. Food Chem.**, v.25, p.171-175, 1977.
- WALTZ, D.M.; STERN, M.D.; ILLG, D.J. Effects of ruminal protein degradation of blood meal and feather meal on the intestinal amino acid supply to lactating cows. **J. Dairy Sci.**, v.72, p.1509-1518, 1989.
- WANG, X; PARSON, C.M. Effect of raw material source, processing system, and processing temperatures on amino acid digestibility of meat and bone meals. **Poult. Sci.**, v.77, p.834-841, 1998.
- WILDER, O.H.M.; OSTBY, P.C.; GREGORY, B.R. The use of chicken feather meal in feeds. **Poult. Sci.**, v.34, p.518-524, 1955.

Desempenho produtivo de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentadas com fração celular de sangue bovino atomizado e farinha de sangue bovino convencional na dieta

RESUMO - Foram avaliadas as características de desempenho e os índices de rendimento da tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentada com níveis crescentes de farinhas de sangue atomizada (FCSA) e farinha de sangue convencional (FSC) na dieta formulada com base em aminoácidos digestíveis para, de acordo com os resultados, determinar o melhor nível de inclusão dessas farinhas na ração. Foram utilizados 252 alevinos de tilápia-do-Nilo, revertidos sexualmente, com peso médio inicial de 5,30g, distribuídos num delineamento inteiramente casualizado, num esquema fatorial (2x4) +1, ou seja, duas classes de farinha de sangue com quatro níveis de inclusão de cada farinha na dieta, e uma dieta controle, com quatro repetições e 7 peixes por unidade experimental. A estrutura experimental foi formada por 36 caixas de fibra de vidro com 250 litros cada. Os tratamentos consistiram de uma dieta controle a base de farelo de soja, contendo 34% de proteína digestível (PD) e 3200 kcal de energia digestível/kg (ED), quatro rações formuladas com inclusão de 5, 10, 15 e 20% de FCSA e quatro rações formuladas com inclusão de 5, 10, 15 e 20% de FSC, mantendo-se os níveis de PD, ED, fósforo, cálcio, lisina, metionina, treonina e triptofano idênticos aos da dieta controle. Os resultados desta pesquisa permitem concluir que é possível utilizar níveis de até 15% da FSC em rações para tilápia-do-Nilo (*O. niloticus*) na fase de 5 a 150 g de peso vivo, o que corresponde a aproximadamente 19% da PD da dieta. Entretanto, o nível de 5% de farinha de sangue atomizada usado como mínimo de inclusão nesta pesquisa afetou o consumo, o ganho de peso e o desempenho em geral da tilápia, sendo necessárias pesquisas com níveis inferiores a 5% e em combinações com ingredientes ricos nos aminoácidos limitantes, ou ainda, ingredientes com característica palatilizante.

Palavras-chave: aminoácidos, desnaturação, farinha-de-sangue, proteína, , tilápia.

Growth response and carcass composition of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed with spray-dried bovine red blood cells and vat-dried bovine blood meal diets

ABSTRACT – The performance pattern and carcass composition index of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed with diets with increasing levels of spray-dried blood meal (SDBM) and vat-dried blood meal (VDBM) and formulated digestible amino acids base, were evaluated to determine the best level of blood meals inclusion. Two hundred and fifty two (252) fingerlings, which were sexually reversed with initial average weight of 5.30g, were distributed in a completely randomized design, in a factorial model of (2x4)+1, that is, two types of blood meal with for levels of every blood meal in the diet, and a control diet (with-out blood meal), with four replicates and seven fish per experimental unit. The treatments consisted of soybean meal base control diet, with 34% of digestible protein (DP) and 3200 kcal of digestible energy/kg (DE), four diets formulated with 5, 10, 15 and 20% of SDBM, and four diets with 5, 10, 15 and 20% of VDBM, containing DP, DE, phosphorus, calcium, lysine, methionine, threonine, and tryptophan levels, similar with those of the control diet. Fish were reared in 250-l circular fiberglass tanks. The results show that it is possible to use until 15% of VDBM level in diets of Nile tilapia (*O. niloticus*) between 5 to 150g of body weight, corresponding, approximately to 19% DP of the diet. However, the 5% of SDBM level used in this experiment affected the feed consumption, the weight gain and the general performance of Nile tilapia, non the less it's necessary future researches using lower levels to 5% or combination of SDBM, with ingredients containing high levels of limiting amino acids or good palatability characteristics.

Key Words: amino acids, blood meal, degradation, protein, tilapia.

Introdução

Em virtude do aumento da oferta de subprodutos de origem animal, a farinha de sangue, farinha de carne e ossos e a farinha de vísceras têm sido considerados alternativas de uso como fontes protéicas econômicas. Embora a inclusão de alguns destes subprodutos tenha sido realizada durante décadas na alimentação, principalmente de salmonídeos, tais ingredientes ainda apresentam restrições por diversas razões, tais como a baixa digestibilidade e variabilidade na composição e qualidade. Entretanto, nos últimos anos, têm sido adotadas melhores práticas de processamento, tentando-se ajustar a produção às exigências internacionais, cumprir com a normatividade ambiental para o funcionamento de abatedouros, bem como ofertar produtos padronizados e com preços competitivos.

No Brasil o abate de animais em 2005 alcançou 6.345.867 toneladas de bovinos, 2.555.290 toneladas de suínos e 7.899.981 toneladas de frangos (IBGE/DPE/COAGRO, 2006). Considerando-se a volemia média do bovino adulto, do suíno (Kantek & Pachaly, 1994) e do frango (Macari & Luqueti, 2002), a produção de sangue no mesmo ano foi de, aproximadamente, 1.081.711 toneladas, o que torna o sangue relevante fonte de proteínas para o abastecimento da crescente demanda por parte das fábricas de alimentos, pois é um subproduto considerado de baixo custo e com baixa demanda para alimentação humana e, se processado adequadamente, apresenta elevado nível de aminoácidos e não tem problemas de palatibilidade (Butolo, 2002).

O sangue é um tecido com 83% de umidade e 14% de nitrogênio na sua matéria seca. As proteínas hemoglobina, albumina e globulinas representam, respectivamente, 59, 16 e 13% do nitrogênio total, dando origem a um produto com mais de 800g de proteína e 90g de lisina por quilograma de matéria seca (Feldman et al., 2000). O alto conteúdo de

umidade e a elevada quantidade da maioria dos aminoácidos essenciais fazem o sangue ser altamente susceptível à deterioração por enzimas endógenas e putrefação microbiana, razão pela qual tem que ser processado antes de ser incorporado na dieta animal (Clark et al., 1987; Cheftel & Lorient, 1989; Wadhwa et al., 1993).

O produto resultante do processamento é denominado farinha de sangue, a qual é categorizada de acordo com método de processamento, podendo-se destacar a farinha de sangue convencional ou *vat-drier* (FSC), a farinha de sangue por tambor ou *drum-drier* ou *roller-drier* (FST) e a farinha de sangue atomizada ou *spray-drier* (FCSA). Pelo método de atomização o sangue ainda pode ser separado na sua fração celular e o plasma.

A fração celular do sangue atomizada (FCSA) é o produto do processamento nos secadores pulverizadores ou *spray-dryers*, nos quais o processo tem início com a separação desta fração, constituinte de aproximadamente 40% do sangue, na qual a hemoglobina representa 90% da sua composição (Wismer-Pedersen, 1988), seguindo-se a pulverização do produto (Evangelista, 2001). A produção da FSC envolve temperaturas de até 200°C e tempo prolongado de 4 a 12 horas de cozimento, sendo obtida a partir do sangue colhido no matadouro, o qual é aquecido até coagular; então, por compressão, extrai-se a fração líquida para posterior evaporação, secagem e moagem, sob condições controladas (Evangelista, 2001).

A composição em aminoácidos das farinhas de sangue obtidas pelos diferentes métodos de processamento é muito similar entre elas (Doty, 1972) e igual à do produto original, sendo uma excelente fonte de lisina.

Sampaio et al. (2001), avaliando a digestibilidade em tilápias do Nilo, determinaram na FCSA e na FST, respectivamente, os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca em 82,47% e 53,36%, proteína bruta em 97,33% e 50,69%,

extrato etéreo em 52,22% e 89,36% e energia bruta em 74,97% e 57,97%. Os autores concluíram que a farinha de sangue atomizada apresenta-se como ótima fonte protéica para a tilápia, enquanto que, a farinha de sangue de tambor, por apresentar baixo coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta, não deve ser utilizada como fonte protéica de origem animal em rações para essa espécie.

Segundo Narváez-Solarte et al. (2006 dados não publicados), a FCSA é eficientemente digerida pela tilápia do Nilo, apresentando coeficientes de digestibilidade dos aminoácidos com médias superiores aos da FSC, sendo a isoleucina o primeiro aminoácido limitante, seguido pela metionina+cistina, arginina e treonina com o uso de farinha de sangue na dieta.

Asgard & Austreg (1986) concluíram que 50% da proteína da farinha de peixe pode ser substituída pela farinha de sangue na dieta da truta e do salmão. Otubusin (1987) verificou que níveis de substituição acima de 50% do farelo de soja pela farinha de sangue resultaram na diminuição significativa no crescimento da tilápia, enquanto que o nível de 10% foi o mais eficiente. Martins & Guzmán (1994) recomendam a inclusão de 5% de FSC, em substituição à farinha de peixe na dieta do tambaqui; entretanto, os autores observam que níveis de 10,3 e 17,8% de FSC reduzem drasticamente a taxa de crescimento, piorando a conversão alimentar e a taxa de eficiência protéica.

Tacon et al. (1983) relataram que o uso da farinha de carne e ossos e da farinha de sangue, na proporção de 4:1, respectivamente, com suplementação de metionina, substituiu com sucesso mais de 50% da farinha de peixe, em dietas para alevinos de tilápia do Nilo, resultado divergente do observado por Barros et al. (2004) com a mesma espécie durante a fase de crescimento.

Yousif et al. (1996) verificaram resultados negativos sobre a taxa de crescimento e eficiência alimentar com substituição total da farinha de peixe pela farinha de sangue

desidratada ao sol, na dieta para alevinos de tilápia azul (*Oreochromis aureus*). No mesmo laboratório da presente pesquisa, os resultados observados por Barros et al. (2004) mostram que níveis acima do 3,67% de farinha de sangue de tambor em rações para tilápia do Nilo (*O. niloticus*) originam queda significativa no ganho de peso e piora na conversão alimentar.

O objetivo da presente pesquisa foi avaliar os parâmetros de desempenho e os índices de rendimento da tilápia do Nilo (*O. niloticus*) alimentada com níveis crescentes de fração celular de sangue bovino atomizado e farinha de sangue bovino convencional na dieta formulada com base em aminoácidos digestíveis.

Material e Métodos

A pesquisa foi desenvolvida por um período de 12 semanas na Universidade Estadual Paulista – Unesp, no Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos – AquaNutri, da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Câmpus de Botucatu, unidade integrada ao Centro de Aqüicultura da Unesp, Estado de São Paulo.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, sendo os tratamentos distribuídos num esquema fatorial (2x4) +1, ou seja, dois ingredientes (FCSA e FSC) com quatro níveis de inclusão de cada ingrediente na dieta (5, 10, 15 e 20%) e uma dieta controle (isenta dos ingredientes-teste na sua composição).

A estrutura experimental foi formada por 36 caixas de fibra de vidro com 250 litros cada, dotadas de biofiltro comum para manutenção da qualidade físico-química da água. A temperatura da água foi controlada por termostatos e aquecedores, sendo mantida a $26\pm 1^{\circ}\text{C}$, temperatura considerada como de conforto térmico para a espécie em estudo.

Foi realizada a distribuição aleatória de 252 alevinos de tilápia do Nilo, revertidos sexualmente, com peso médio inicial de 5,30 g, perfazendo uma lotação de sete peixes por unidade experimental.

A qualidade da água foi monitorada semanalmente, observando-se a temperatura, concentração de oxigênio dissolvido e pH, que foram mantidos dentro da faixa de conforto para a tilápia do Nilo, com valores médios de $26,0 \pm 1,0^{\circ}\text{C}$; $6,1 \pm 0,5$ mg/l e $6,7 \pm 0,2$, respectivamente. Foram realizadas sifonagens semanais nos aquários para retirada de fezes.

Os tratamentos consistiram em uma dieta controle a base de farelo de soja, contendo 34% de proteína digestível (PD) e 3200 kcal de energia digestível/kg (ED), e oito rações com inclusão de 5, 10, 15 e 20% de FCSA e FSC, mantendo-se níveis de PD, ED, fósforo disponível (Pdisp), cálcio (Ca) e aminoácidos digestíveis (lisina, metionina, treonina e triptofano) idênticos ao da dieta controle, e formuladas de acordo com a composição dos alimentos determinada por Pezzato et al. (2002) e com os níveis de nutrientes usados no Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos da Universidade Estadual Paulista, Câmpus de Botucatu, para a espécie (Tabela 1).

No preparo das rações, ingredientes foram padronizados por meio de moagem e peneiramento (0,46 mm de abertura de malha), sendo então homogeneizados em misturador automático e submetidos a extrusão com adição de 25% de água quente a $50 \pm 5^{\circ}\text{C}$. O material extrusado foi seco em estufa com circulação de ar forçada, a 55°C , por 16 horas. A composição químico-bromatológica das dietas foi determinada segundo a AOAC (2000), no Laboratório de Bromatologia da empresa Agrocere Nutrição Animal Ltda., Rio Claro, São Paulo e no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal, da FMVZ, Unesp, Câmpus de Botucatu.

As rações foram oferecidas diariamente nos horários das 7h, 9h, 11h, 14h, 16h e 18h, objetivando-se atingir a saciedade aparente dos animais.

Foram avaliados o ganho de peso, consumo de ração, conversão alimentar, taxa de crescimento específico, viabilidade e características da carcaça. Para avaliação das características da carcaça foram retirados quatro peixes de cada repetição ao final do experimento, determinando-se os rendimentos em carcaça e filé, percentagem de proteína bruta do filé, do índice de gordura visceral e a taxa de eficiência protéica.

Para a análise estatística foi utilizado o procedimento GLM do SAS (1999). Os resultados foram submetidos à análise de variância e, na presença de efeito significativo dos tratamentos procedeu-se ao desdobramento da soma de quadrados dos tratamentos em contrastes ortogonais para comparar grupos de médias de tratamentos. Para determinar diferença entre médias de tratamentos se aplicou o teste de Tukey ($P \leq 0,05$) e verificou-se efeito linear e quadrático através dos modelos de regressão polinomial dentro de níveis, com a significância de $P \leq 0,05$.

Resultados e Discussão

Os resultados de ganho de peso, consumo de ração, conversão alimentar, taxa de crescimento específico e viabilidade são apresentados na Tabela 2.

Pela análise de contrastes ortogonais, ao compararmos a média de ganho de peso do tratamento controle (133,20g) com a média dos tratamentos contendo FCSA e FSC, verificou-se que existe efeito negativo da inclusão destes ingredientes ($P \leq 0,05$) sobre o ganho de peso. Observou-se também interação significativa ($P \leq 0,05$) entre tipo de ingrediente utilizado e o nível de inclusão sobre ganho de peso, taxa de crescimento específico, assim como para consumo de ração; entretanto, esta interação não foi observada nas variáveis sobrevivência e conversão alimentar.

Os peixes submetidos a rações com níveis crescentes de FSC apresentaram resposta linear positiva ($P \leq 0,05$) no ganho de peso e na taxa de crescimento específico, enquanto que estas características foram influenciadas negativamente nos peixes que receberam rações com níveis crescentes de FCSA.

Ao contrastar a média de consumo de ração dos peixes alimentados pela dieta-controle com as médias dos peixes consumindo dietas com FCSA e FSC na sua composição, observou-se efeito negativo ($P \leq 0,05$) da inclusão das farinhas sobre esta característica. Este resultado deve-se principalmente ao efeito negativo dos níveis crescentes da FCSA nas dietas, cuja média é significativamente inferior ($P \leq 0,05$) à média dos peixes alimentados com os níveis crescentes de FSC (111,38 g versus 168,30 g), os quais apresentaram o melhor consumo de ração, mesmo quando comparado à dieta controle.

A sobrevivência dos peixes foi afetada ($P \leq 0,05$) pela inclusão das farinhas de sangue na dieta, sendo que apresentaram maior viabilidade (100%) aqueles alimentados com a FCSA, seguidos dos que receberam a FSC (96,73%) e a dieta-controle (94,37%). Entretanto, não foi observada diferença ($P > 0,05$) entre os níveis crescentes dos ingredientes testados.

Não houve efeito dos diferentes tratamentos sobre a conversão alimentar ($P > 0,05$). A análise conjunta do ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar das tilápias são coerentes entre si, pois os peixes que consomem mais apresentam maior ganho de peso e vice-versa, sem influenciar significativamente a conversão alimentar entre tratamentos.

A resposta contrária observada para o ganho de peso pelos peixes que consumiram os níveis crescentes FSC e FCSA não era esperada, pois, segundo Narváez-Solarte et al. (2006 dados não publicados), a FCSA apresenta maior concentração de aminoácidos, com exceção da isoleucina, e possui também melhor média dos coeficientes de digestibilidade

dos aminoácidos, por ser processada por um método menos drástico de desnaturação, comparada com a FSC. Cada farinha de sangue, segundo o seu processamento de fabricação, é um produto diferenciado, e cada espécie piscícola responde de maneira diferente à presença da farinha de sangue na dieta.

Na literatura muitos são os trabalhos que não especificam o tipo de farinha utilizada, dificultando a comparação de resultados, que também são dependentes da espécie em estudo e de seus hábitos alimentares (Asgard & Austreg, 1986; Martins & Guzmán, 1994; Yousif et al., 1996).

A diminuição no ganho de peso com os peixes alimentados com níveis crescentes de FCSA se deve principalmente à diminuição no consumo de alimento. Embora os níveis crescentes de FSC tenham apresentado efeito linear positivo no ganho de peso, o teste de comparações múltiplas mostra que os peixes que consumiram 15% da farinha de sangue apresentaram melhor ganho e maximizaram o consumo de alimento. Isso demonstra que esta farinha, a partir de 15% de inclusão na dieta, pode gerar uma queda no desempenho.

As dietas experimentais utilizadas nesta pesquisa foram formuladas com base nos aminoácidos digestíveis, sendo isoaminoacídicas para os aminoácidos fabricados em escala comercial, como a DL-metionina, L-lisina, L-treonina e L-triptofano, mas sem controle do conteúdo dos demais aminoácidos. As relações leucina:isoleucina, dentro dos níveis de farinha de sangue convencional, foram de 2,55:1; 2,77:1; 3,02:1 e 3,28:1 respectivamente para 5, 10, 15 e 20% de inclusão, enquanto que as mesmas relações dentro da farinha de sangue atomizada apresentaram os valores de 3,05:1; 4,08:1; 5,54:1 e 7,64:1 para os níveis de 5, 10, 15 e 20% de inclusão, respectivamente. Segundo os resultados apresentados por Narváez-Solarte et al (2006 dados não publicados), a isoleucina é o primeiro aminoácido limitante na farinha de sangue para a tilápia do Nilo e a FCSA apresenta o menor conteúdo. Na FCSA, a maior deficiência neste aminoácido e a pior relação

leucina/isoleucina propiciam o antagonismo entre os aminoácidos, que provavelmente ocasionam as respostas negativas da farinha de sangue sobre o consumo desse alimento em peixes (de Silva & Anderson, 1995).

A FSC apresenta uma relação aminoácidos essenciais/não-essenciais mais próxima da observada na carcaça da tilápia do Nilo em relação a FCSA (Narváez-Solarte et al., 2006 dados não publicados). Segundo Cowey (1995), essa proporção deve ser próxima de 50:50, para maximizar o ganho de peso e a eficiência alimentar. A FSC, comparada com a FCSA, apresenta melhor relação lisina/arginina, em relação à encontrada na carcaça da tilápia do Nilo (Narváez-Solarte et al., 2006, dados não publicados) e, com isso, possui menor risco de antagonismo entre estes aminoácidos. As relações lisina/arginina das dietas experimentais, nas quais, dentro da FSC são de 1,27:1; 1,31:1; 1,37:1 e 1,42:1 para os níveis de 5, 10, 15 e 20% de farinha respectivamente, enquanto que, dentro dos níveis da FCSA são de 1,30:1; 1,42:1; 1,57:1 e 1,87:1 para 5, 10, 15 e 20% de inclusão na dieta, respectivamente.

O plasma é separado durante o processamento da FCSA, enquanto que na FSC permanece e encontra-se misturado com a fração celular, o que pode favorecer a preferência desta última farinha para um maior consumo pelos peixes, graças à ação palatilizante desta fração sanguínea. As pesquisas de DeRouchev et al. (2002), Sohn et al. (1991) e Rodas et al. (1995) confirmam a importância do plasma animal como palatilizante, seja em forma separada ou como parte da farinha de sangue integral, na alimentação de suínos.

Vale ressaltar que o conteúdo de ferro nestes ingredientes é da ordem de 2045,25mg/kg e 2511,25mg/kg para a FSC e FCSA, respectivamente, valores extremamente superiores às necessidades deste mineral pela tilápia do Nilo, que é de 60mg/kg (Kleemann, 2003). Segundo Lim et al. (2001), o excesso de ferro na dieta pode

ser tóxico para os peixes, com sinais clínicos que se manifestam pela diminuição do crescimento, pior eficiência alimentar e danos nas células hepáticas. Além disso, o ferro na presença de ácidos graxos insaturados na dieta favorece a peroxidação e formação de radicais livres, com diminuição da integridade das membranas celulares.

Os resultados comparados com os obtidos por Martins & Guzmán (1994) e Asgard & Austreg (1986) mostram que a tilápia aceita maiores níveis de FSC na dieta que o tambaqui e, inferiores quando se compara com a truta arco-íris. Existe piora no ganho de peso e no consumo de alimento dos peixes que recebem ração contendo FCSA, o que possivelmente demonstra a existência de fatores na sua composição, como excesso de aminoácidos, desequilíbrio aminoacídico, palatabilidade e/ou outros prováveis agentes químicos, que são detectados pelos peixes.

Barros et al. (2004) mostraram que níveis acima do 3,67% de FST na ração da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) originaram uma queda significativa no ganho de peso e uma piora na conversão alimentar. Pode-se pressupor que tais resultados sejam decorrentes de um desequilíbrio aminoacídico, que se tivesse sido corrigido poderia permitir maior inclusão de farinha de sangue de tambor sem prejudicar o crescimento como foi observado neste estudo, uma vez que a farinha de sangue de tambor apresenta, na sua composição aminoacídica e digestibilidade de proteína, valores intermediários aos daqueles das farinhas de sangue convencional e da atomizada.

Os resultados de rendimento e matéria seca de carcaça e filé, assim como da concentração de proteína no filé e a taxa de eficiência protéica são apresentados na Tabela 3.

Os peixes alimentados com a dieta-controle apresentaram em média um rendimento em carcaça de 91,20%, valor semelhante ($P>0,05$) ao apresentado pelos peixes que recebem os níveis crescentes de FSC e FCSA.

No que diz respeito à matéria seca da carcaça, não houve efeito estatístico significativo dos tratamentos sobre esta característica ($P > 0,05$).

Não foi observada diferença significativa entre tratamentos ao se avaliar a matéria seca e a concentração de proteína bruta do filé ($P > 0,05$). Entretanto, a média do rendimento de filé obtida com a inclusão de FCSA nas rações foi significativamente inferior ($P \leq 0,05$) à dos peixes que receberam a dieta-controle e com FSC (26,05% vs 28,25% e 29,81%).

A decomposição da soma de quadrados em contrastes ortogonais dos resultados da taxa de eficiência protéica mostra que esta variável não é afetada ($P > 0,05$) pela inclusão da FSC e FCSA quando se compara com a dieta-controle. Pelo mesmo teste estatístico, os peixes alimentados com níveis crescentes de FCSA apresentaram maior taxa de eficiência protéica ($P < 0,05$), comparados aos que receberam FSC (2,54 vs 2,46). Entretanto, não foi verificada diferença significativa entre as médias de taxa de eficiência protéica dos peixes alimentados com os tratamentos dentro de cada uma das farinhas pesquisadas.

Não foi constatado efeito da inclusão da FCSA e FSC sobre o índice de gordura visceral dos peixes. A média do índice de gordura visceral apresentada pelos animais que receberam a dieta-controle foi de 0,58%, estatisticamente igual à apresentada pelos peixes que receberam a FSC e FCSA, que em média apresentam índices de 0,68% e 0,73%, respectivamente.

Os peixes que receberam rações com FCSA tiveram o crescimento comprometido com o aumento do nível deste ingrediente na ração. Por outro lado, a taxa de eficiência protéica não acompanhou os resultados de ganho de peso, pois os animais com os menores ganhos de peso e consumo de ração apresentaram os maiores valores para este índice, o que se justifica em virtude do menor consumo de ração, em que o *turnover* de proteína

para manutenção é mantido e ocorre menor deposição de reservas de energia, representada pelas gorduras.

Conclusões

Os resultados desta pesquisa permitem concluir que, apesar dos baixos valores de proteína e aminoácidos digestíveis da farinha de sangue convencional, é possível utilizar níveis de até 15% deste ingrediente em rações para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) na fase de 5 a 150 g de peso vivo, o que corresponde a aproximadamente 19% da proteína digestível da dieta.

O nível de 5% de fração celular do sangue bovino atomizado usado como mínimo de inclusão nesta pesquisa afetou o consumo, o ganho de peso e o desempenho em geral da tilápia. Por isso não se recomenda incluir esse ingrediente, em nenhum dos níveis pesquisados, sendo necessárias pesquisas com níveis inferiores a 5% e em combinações com ingredientes ricos nos aminoácidos limitantes, ou ainda, ingredientes com características palatilizantes.

Tabela 1. Composição percentual e químico-bromatológica das dietas experimentais.

Ingredientes	Tratamentos								
	Controle	Farinha de sangue Convencional				Fração celular do sangue bovino atomizado			
		0	5	10	15	20	5	10	15
Soja, farelo	46,70	40,58	36,78	33,40	29,89	30,40	17,74	7,80	2,90
Levedura autolisada	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Algodão, farelo	13,10	7,55	7,55	6,55	7,70	12,00	12,00	11,78	2,90
Milho, glúten	12,00	15,00	15,00	15,20	15,0	15,00	15,00	14,80	15,39
Sangue, f. atomizada	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,00	10,00	15,00	20,00
Sangue, f. convencional	0,00	5,00	10,00	15,00	20,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Milho, fubá	11,09	5,20	4,97	5,60	6,75	8,30	5,10	8,90	4,94
Trigo, farelo	0,00	7,05	7,00	6,40	3,12	11,47	20,50	19,20	20,63
Arroz, quirera	5,25	7,25	5,38	4,34	3,29	5,65	7,60	11,00	15,00
Milho, amido	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,36
Celulose	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,77
L – lisina	1,29	1,34	1,32	1,29	1,27	1,28	1,16	1,01	0,75
DL – metionina	0,55	0,53	0,54	0,54	0,54	0,50	0,47	0,45	0,41
L - triptofano	0,00	0,01	0,02	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01
L - treonina	0,56	0,56	0,55	0,53	0,52	0,55	0,52	0,49	0,45
Soja, óleo	3,07	3,55	4,10	4,32	5,00	2,90	2,85	2,23	2,95
Fosfato bicálcico	5,37	5,20	5,20	5,06	5,05	5,24	5,12	5,18	5,32
Calcário calcítico	0,03	0,17	0,24	0,40	0,50	0,33	0,60	0,82	0,87
Vitamina C	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Sal comum	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Supl. Vit. e Mineral ¹	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
BHT ²	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,020	0,02	0,02	0,02
Composição químico-bromatológica calculada									
ED (kcal /kg)	3306	3300	3300	3293	3298	3304	3300	3310	3302
PD (%)	34,00	34,00	34,00	34,00	34,00	34,07	34,00	34,02	34,00
PB (%)	39,11	40,45	41,88	43,30	44,77	38,86	38,46	38,08	37,49
FB (%)	5,22	4,62	4,39	4,00	3,69	5,02	4,98	4,25	5,27
EE (%)	4,87	5,55	6,04	6,18	6,70	5,15	5,34	4,70	5,24
Ca (%)	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
P disponível (%)	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Met _{dig} (%)	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91
Met + Cys _{dig} (%)	1,26	1,26	1,27	1,26	1,25	1,27	1,26	1,25	1,23
Lys _{dig} (%)	2,72	2,72	2,72	2,72	2,72	2,72	2,72	2,72	2,71
Trp _{dig} (%)	0,35	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,35	0,36	0,36
Thr _{dig} (%)	1,59	1,59	1,59	1,59	1,59	1,59	1,59	1,59	1,59
Ile _{dig} (%)	1,40	1,32	1,24	1,16	1,08	1,16	0,94	0,74	0,59
Leu _{dig} (%)	3,11	3,37	3,43	3,50	3,54	3,54	3,82	4,08	4,47

¹ Suplemento vitamínico e mineral (SupreMais): níveis de garantia por kg do produto: Vitaminas: A=1.200.000 UI; D3=200.000 UI; E=12.000 mg; K3=2.400 mg; B1=4.800 mg; B2=4.800 mg; B6=4.000 mg; B12=4.800 mg; ac. Fólico=1.200 mg; pantotenato de Ca=12.000 mg; C=48.000 mg; biotina=48mg; colina=65.000mg; niacina=24.000mg; minerais: ferro=10.000 mg; cobre=600 mg; manganês=4.000 mg; zinco=3.0000 mg; iodo=20 mg; cobalto=2 mg e selênio=20 mg.

² BHT = antioxidante (Butil hidroxi toluene).

Tabela 2. Ganho de peso (GP), viabilidade (VIAB), consumo ração (CR), conversão alimentar (CA) e taxa de crescimento específico (TCE) da tilápia do Nilo, durante a fase de crescimento, alimentada com níveis crescentes de fração celular do sangue bovino atomizado (FCSA) e farinhas de sangue convencional (FSC) na dieta.

Tratamento	Nível	GP	VIAB	CR	CA	TCE
	%	g/peixe	%	g/peixe	g/g	%/dia
Controle	0	133,20	94,37	164,70	1,24	1,64
FSC	5	129,60 d	97,18	161,10	1,20	1,64
	10	133,20 c	97,78	161,10	1,21	1,65
	15	155,70 a	94,88	178,20	1,14	1,72
	20	144,90 b	97,06	173,70	1,20	1,70
Efeito linear		**	NS	NS	NS	*
FCSA	5	115,20 a	100,00	142,20 a	1,23	1,60
	10	91,80 b	100,00	100,80 b	1,10	1,48
	15	104,40 b	100,00	115,20 b	1,10	1,55
	20	73,80 c	100,00	87,30 c	1,18	1,38
Efeito linear		**	NS	**	NS	*
CV%		8,95	4,39	6,78	6,27	2,80

Ingrediente	Equação Linear	Coefficiente de Determinação
FSC	GP = 1,44050 + 0,01055x	R ² = 0,78
	TCE = 1,61999+0,00465x	R ² = 0,63
FCSA	GP = 1,4385-0,02890x	R ² = 0,82
	CR = 1,7600-0,04035x	R ² = 0,84
	TCE = 1,64790-0,1175x	R ² = 0,59

C.V%: Coeficiente de variação; **: P<0,01; *: P<0,05

Médias de tratamentos dentro de cada farinha de sangue seguidas por letras diferentes na mesma coluna são estatisticamente diferentes (P<0,05), pelo teste de Tukey.

Tabela 3. Rendimento em carcaça (RCAR), matéria seca da carcaça (MSCAR), índice de gordura visceral (IGV), matéria seca de filé (MSFIL), proteína bruta do filé (PBFIL) e taxa de eficiência protéica (TEP) da tilápia do Nilo na fase de crescimento alimentada com níveis crescentes de fração celular do sangue bovino atomizado (FCSA) e farinhas de sangue convencional (FSC) na dieta.

Tratamento	Nível	RCAR	MSCAR	IGV	MSFIL	PBFIL	TEP
	%	%	%		%	%	g/g
Controle	0	91,20	35,02	0,58	23,79	73,78	2,37
	5	91,90	34,76	0,80	22,35	79,75	2,38
FSC	10	91,47	40,13	0,59	22,29	80,60	2,43
	15	90,34	42,58	0,49	23,83	73,50	2,57
	20	91,68	38,17	0,82	22,95	70,79	2,45
	5	91,82	37,37	1,09	23,78	75,18	2,37
FCSA	10	92,26	37,79	0,65	21,72	73,94	2,67
	15	91,55	32,59	0,76	22,18	75,11	2,65
	20	90,26	26,263	0,43	22,61	72,40	2,49
CV%		1,25	18,24	50,23	7,05	5,92	5,68

CV% = Coeficiente de Variação.

Literatura Citada

- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS INTERNATIONAL -
AOAC. **Official methods of analysis**, 17.ed., Gaithersburg, Maryland, USA,; 2000.
3413p.
- ASGARD, T.; AUSTRENG, E. Blood, ensiled or frozen, as feed for salmonids.
Aquaculture, v.55, p.263-284, 1986.
- BARROS, M.M.; PEZZATO, L.E.; HISANO, H. et al. Farinha de sangue tostada em dietas
práticas para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.). **Acta Scientiarum. Animal
Sciences**, v.26, n.1, p.5-13, 2004.
- BUTOLO, J.E. **Qualidade de ingredientes na alimentação animal**. 1.ed. Campinas:
Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 2002. 430p.
- CHEFTEL, J.C.; LORIENT, D. Propiedades nutricionales de las proteínas. In: CHEFTEL,
J.C.; CUQ, J.L.; LORIENT, D. **Proteínas alimentarias. Bioquímica - Propiedades
funcionales. Valor Nutritivo. Modificaciones químicas**. 1.ed. Zaragoza, España:
Editorial Acribia. 1989. p.107-139.
- CLARK, J.H.; MURPHY, M.R.; CROOKER, B.A. Symposium: alternate feed sources for
dairy cattle. Supplying the protein needs of dairy cattle from by-product feeds. **J.
Dairy Sci.**, v.75, p.2304-2323, 1987.
- COWEY, C.B. Intermediary metabolism in fish with reference to output of end products of
nitrogen and phosphorus. **Water Science and Technology**, v.31, n.10, p.21-28, 1995.
- DeROUCHEY, J.M.; TOKACH, M.D.; NELSEN, J.L. et al. Comparison of spray-dried
blood meal and blood cells in diets for nursery pigs. **J. Anim. Sci.**, v.80, p.2879-2886,
2002.

- DeSILVA, S.S.; ANDERSON, T.A. **Fish nutrition in aquaculture**. 1.ed. London:Chapman & Hall, 1995.
- DOTY, D.M. Developments in processing meat and blood by-products. In: ENHANCEMENT OF PROTEIN SUPPLIES FROM KNOWN FEEDS, 1972. **Proc...** PISU: Symp. Alt. Sources Prot. An. Production., 1972. p.61-72.
- EVANGELISTA, J. **Tecnologia de alimentos**, 1.ed. São Paulo, Brasil: Ed. Atheneu, 2001. p.1913-1999.
- FELDMAN, B.F.; ZINKL, J.G.; JAIN, N.C. 5.ed. **Schalm's Veterinary Hematology**. Philadelphia: Lippincott:Williams & Wilkins, 2000. 1344p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE/DPE/COAGRO, Pesquisa trimestral do abate de animais, 4º Trimestre de 2005. www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/producaoagropecuaria/teabat42005.pdf (Maio 18 de 2006).
- KANTEK G.C.E.; PACHALY, J.R. **Manual de hematologia veterinária**. 1.ed. São Paulo, Brasil: Livraria Varela Ltda, 1994. 169p.
- KLEEMANN, G.K.; BARROS, M. M.; PEZZATO, L.E. Productive performance of Nile tilapia on different dietary iron levels supplement. In: WORLD AQUACULTURE, 2003, Salvador. **Proc...** World Aquaculture 2003, 2003a, v.1, p.84.
- LIM, C.; KESIUS, P.H.; SHOEMAKER, C.A. Dietay iron and fish health. In: LIM, C.; WEBSTER, C.D. (ed.). **Nutrition and fish health**. New York: The Waworth Press, 2001. p.189-199.

- MACARI, M.; LUQUETTI, B.C. Fisiologia cardiovascular. In: MACARI, M.; FURLAN, R.L.; GONZALES, E. (Eds) **Fisiologia aviária aplicada a frango de corte**. Jaboticabal, Brasil: FUNEP/UNESP, 2002. 375p.
- MARTINS, S.N.; GUZMÁN, E.C. Effect of drying method of bovine blood on the performance of growing diets for tambaqui (*Colossoma macropomum*, Cuvier 1818) in experimental culture tanks. **Aquaculture**, v.124, p.335-341. 1994.
- NARVAEZ-SOLARTE, W.V. **Avaliação biológica da farinha de sangue como fonte de proteína na tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)**. Botucatu: Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 2006. 9999p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Câmpus de Botucatu, 2006.
- OTUBUSIN, S.O. Effects of different levels of blood meal in pelleted feeds on tilapia, *Oreochromis niloticus*, production in floating bamboo net-cages. **Aquaculture**, v.65, p.263-266, 1987.
- PEZZATO, L.E; MIRANDA, E.C.; BARRO, M.M; et al. Digestibilidade aparente ingredientes pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Rev. Bras. de Zootec.** v.31, n.4, p.1595-1604, 2002.
- RODAS, B.Z.; SOHN, K.S.; MAXWELL, C.V. et al. Plasma protein for pigs weaned at 19 to 24 days of age. Effect on performance and plasma insulin-like growth factor-I, growth hormone, insulin and glucose concentrations. **J. Anim. Sci.**, v.73, p.3657-3665. 1995.
- SAMPAIO, F.G.; HISANO, H.; YAMAKI, R.A.; KLEEMANN, G.K.; PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M. Digestibilidade aparente das farinhas de peixe nacional e importada e das farinhas de sangue tostada e *spray-dried*, pela tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (L.). **Acta Scientiarum**. v.23, n.4, p.891-896, 2001.

- SOHN, K.S.; MAXWELL, C.V; BUCHANAN, D.S. Plasma protein as an alternative protein source for early weaned pigs. **J. Anim. Sci.** v.69(Suppl. 1), p.362 (Abstr.), 1991.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEMS INSTITUTE - SAS. **User's guide**, 8.ed. Cary, USA: SAS®/STAT, SAS Institute Inc., 1999. 365p.
- TACON, A.G.J.; HAASTER, J.U.; FEATHERSTONE, P. et al. Studies on the utilization of full-fat soybean meal and solvent extracted soybean meal in a complete diet for rainbow trout. **Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.**, v.40, p.1437-1443.1983.
- WADHWA, M.; MAKKAR, G.S.; ICHPONANI, J.S. Disappearance of protein supplements and their fractions “in sacco”. **Anim. Feed Sci. Technol.**, v.40, p.285-293, 1993.
- WISMER-PEDERSEN, J. Use of hemoglobin in foods – A review. **Meat Science**, v.24, p.31-45, 1988.
- YOUSIF, O.M. OSMAN, M.F.; ALHADRAMI, G.A. et al. Evaluation of dates and date pits as dietary ingredients in tilapia (*Oreochromis aureus*) diets differing in protein sources. **Bioresour. Technol.**, Essex, v.57, p.81-85, 1996.