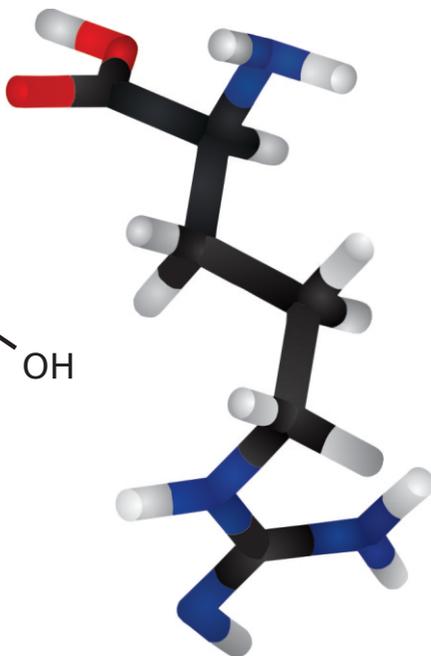
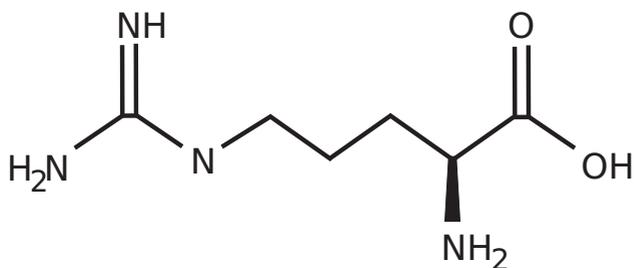


Efeito da Arginina no Desempenho Produtivo e Imunológico dos Peixes



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Tabuleiros Costeiros
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

Documentos 207

Efeito da Arginina no Desempenho Produtivo e Imunológico dos Peixes

Rudã Fernandes Brandão Santos
Fabiana Pilarski
Gabriela Pala
Lucas Valério Silva
Natalino Costa de Sousa
Alexandre Nizio Maria
Paulo Cesar Falanghe Carneiro
Rodrigo Yudi Fujimoto

Embrapa Tabuleiros Costeiros
Aracaju, SE
2016

Embrapa Tabuleiros Costeiros
Av. Beira Mar, 3250, CEP 49025-040, Aracaju, SE
Fone: (79) 4009-1300
Fax: (79) 4009-1369
www.embrapa.com.br/fale-conosco

Comitê Local de Publicações

Comitê Local de Publicações da Embrapa Tabuleiros Costeiros

Presidente: *Marcelo Ferreira Fernandes*

Secretária-executiva: *Raquel Fernandes de Araújo Rodrigues*

Membros: *Ana Veruska Cruz da Silva Muniz, Carlos Alberto da Silva, Elio Cesar Guzzo, Hymerson Costa Azevedo, João Gomes da Costa, Josué Francisco da Silva Junior, Julio Roberto de Araujo Amorim, Viviane Talamini e Walane Maria Pereira de Mello Ivo*

Supervisão editorial: *Raquel Fernandes de Araújo Rodrigues*

Revisão bibliográfica: *Josete Cunha Melo*

Editoração eletrônica: *Joyce Feitoza Bastos*

Capa: *Joyce Feitoza Bastos*

1ª Edição (2016)

On line (2016)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Efeito da arginina no desempenho produtivo e imunológico dos peixes / Rudã Fernandes Brandão Santos ... [et al.] – Aracaju : Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2016.

23 p. (Documentos / Embrapa Tabuleiros Costeiros, ISSN 1678-1953; 207).

Disponível em: <www.bdpa.com.br>

1. Peixe. 2. Piscicultura. 3. Nutrição animal. I. Santos, Rudã Fernandes Brandão. II. Pilarski, Fabiana. III. Pala, Gabriela. IV. Silva, Lucas Valério. V. Sousa, Natalino da Costa. VI. Maria, Alexandre Nizio. VII. Carneiro, Paulo Cesar Falanghe. VIII. Fujimoto, Rodrigo Yudi. IX. Série.

CDD 639.31 Ed. 21

©Embrapa 2016

Autores

Rudã Fernandes Brandão Santos

Engenheiro de Pesca, Recife, PE

Fabiana Pilarski

Bióloga, doutora em Aquicultura, pesquisadora
Centro de Aquicultura da Universidade Estadual
Paulista (Caunesp), Jaboticabal, SP

Gabriela Pala

Médica Veterinária, mestre em Aquicultura,
Jaboticabal, SP

Lucas Valério Silva

Engenheiro de Aquicultura, Recife, PE

Natalino da Costa Sousa

Engenheiro de Pesca, Castanhal, PA

Alexandre Nizio Maria

Zootecnista, doutor em Zootecnia, pesquisador
da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE

Paulo Cesar Falanghe Carneiro

Engenheiro-agrônomo, doutor em Zootecnia,
pesquisador da Embrapa Tabuleiros Costeiros,
Aracaju, SE

Rodrigo Yudi Fujimoto

Zootecnista, doutor em Aquicultura, pesquisador
da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE

Apresentação

Atualmente, a falta de pesquisas com espécies nativas e com diferentes sistemas de produção indica uma lacuna importante para a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) atuar, no que se refere a identificação de possibilidades para o aumento da produção pela utilização de dietas estratégicas. Os resultados dessas pesquisas poderão contribuir para o desenvolvimento de rações para peixes focados nas condições específicas que os mesmos são submetidos.

Compilar as informações relacionadas ao efeito da arginina no desempenho produtivo e imunológico dos peixes é importante para subsidiar a realização de pesquisas e apresentar suas aplicações aos diferentes públicos (técnicos da assistência técnica e extensão rural, pesquisadores, professores universitários, alunos de pós-graduação e produtores de pescado e fabricantes de ração).

Nesta publicação, são apresentados trabalhos que abordam os benefícios da utilização da arginina na dieta dos peixes, assim como as dosagens preconizadas para as diferentes espécies. Estudos sobre a influência dos aminoácidos, em especial a arginina, nos peixes possibilita que o conhecimento científico avance e mais aplicações sejam atribuídas a esse nutriente.

Manoel Moacir Costa Macedo

Chefe-geral da Embrapa Tabuleiros Costeiros

Sumário

| | |
|---|-----------|
| Efeito da Arginina no Desempenho Produtivo e Imunológico dos Peixes..... | 6 |
| Introdução..... | 6 |
| Arginina no desempenho produtivo..... | 7 |
| Efeito da arginina no sistema imunológico | 13 |
| Exigência nutricional e formulação de dietas | 16 |
| Considerações finais..... | 17 |
| Referências | 18 |

Efeito da Arginina no Desempenho Produtivo e Imunológico dos Peixes

Rudã Fernandes Brandão Santos

Fabiana Pilarski

Gabriela Pala

Lucas Valério Silva

Natalino Costa de Sousa

Alexandre Nizio Maria

Paulo Cesar Falanghe Carneiro

Rodrigo Yudi Fujimoto

Introdução

A arginina é um aminoácido essencial para peixes (ZHOU et al., 2011) e vários trabalhos têm demonstrado a sua importância em diversos aspectos relacionados ao aumento da produção aquícola. Estudar esse nutriente é relevante, pois, compõem as proteínas que promovem o desempenho produtivo e representam os maiores os custos com alimentação dos peixes (GAYLORD; BARROWS, 2009).

A arginina é o transportador de nitrogênio mais abundante nas proteínas dos tecidos corpóreos sendo utilizada em várias vias de síntese, envolvendo enzimas chave como a arginase, e a arginil-RNAt-sintetase, entre outras (MORRIS, 2006; POHLENZ et al., 2013). A arginina também é precursora para a síntese de creatina, ornitina, prolina, glutamato, poliaminas, e óxido nítrico e exibe versatilidade notável no metabolismo e regulação da proliferação celular (MORRIS, 2006; YAO et al., 2008).

A arginina ainda desempenha um papel fundamental na reprodução e desenvolvimento dos peixes, devido a sua capacidade de ativar a produção de hormônios que promovem a eficiência na utilização

de nutrientes (YAO et al., 2008; POHLENZ et al., 2013) além de desempenhar um papel fundamental na atividade global do sistema imune dos peixes (LALL, 1994).

Considerando as informações acima, esse trabalho compilou as pesquisas da suplementação de arginina na dieta de peixes, reunindo trabalhos com diferentes abordagens para identificar e compreender o efeito de baixas e elevadas doses de arginina e conseqüentemente seu efeito no desempenho produtivo assim como sua possível forma utilização em dietas para peixes e assim subsidiar pesquisas e a formulação de rações otimizando o uso da arginina.

Pela literatura compilada, a maioria dos trabalhos realizados com peixes e suplementação de arginina na dieta avaliaram o desempenho produtivo dos animais (37 trabalhos). Outras avaliações como análise de composição corporal, alterações morfológicas, rotas de metabolismo e excreção de nutrientes, modulação enzimática também foram realizadas, porém em menor quantidade. Dentre estes estudos, aqueles envolvendo o efeito da arginina no sistema imunológico dos peixes são os menos prevalentes e com os resultados menos conclusivos.

Arginina no desempenho produtivo

As variáveis mais avaliadas de desempenho produtivo são o ganho de peso; a taxa de crescimento específico; a eficiência alimentar; a deposição de proteína; a retenção de proteína; a retenção de arginina; além de índices bioquímicos. Pode-se observar dois comportamentos distintos (Tabela 1). No primeiro grupo, observa-se uma diminuição nos índices de desempenho produtivo com o aumento da inclusão de arginina. E no segundo grupo, um aumento no desempenho produtivo dos peixes com o aumento da inclusão de arginina na dieta.

Tabela 1. Desempenho produtivo de peixes submetidos a experimentos de dose resposta com a suplementação de arginina na dieta.

| Índices de desempenho | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|-------------------------------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----------|-----|-----|------|
| Duração (dias) | 60 | 60 | 45 | 40 | 124 | 84 | 63 | 60 | 60 | 70 | 84 | 84 | 84 | 54 |
| N de alimentações | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 6 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Alimentação (% , sç) | 5 | 4 | 5 | 5 | sc | sc | sc | 1,5 | 5 | 5 | sc | sc | sc | sc |
| Temperatura (°C) | 26,5 | 22 | 19,5 | 20,6 | | 28 | 26 | 18 | 26,7 | 28 | 27 | 17 | 17 | 28 |
| Local (aberto/indoor) | In | In | In | In | In | In | In | In | In | In | In | In | In | In |
| Água (salgada/doce) | D | D | S | S | S | S | D | D | D | D | D | S | S | S |
| Variação de arginina (%) | 1,25 | 1,25 | 2 | 2 | 17,3 | 1,16 | 1,5 | 2 | 2 | 1 | 1,25 | 2,4 | 2,4 | 2,24 |
| Peso inicial | 0,6 | 4,8 | 1,85 | 1,85 | 383 | 0,7 | 6,34 | 57,6 | 27 | 16,6 | 5,87 | 7,4 | 9,3 | 10 |
| Proteína bruta | 40 | 40 | 50 | 50 | 42 | 40 | 34 | 53 | 43 | 40 | 38 | 54 | 42 | 38 |
| Dieta (P/S) | P | P | S | P | S | P | P | P | S | P | P | P | P | S |
| Exigência (g/kg) | 18,4 | 16,32 | axl | 2,04 | 21,2 | 21,1 | 18 | 14 | 14 | 18 | 15,1-16,6 | | | Axl |
| Ganho de peso (calculado) | = | = | + | + | = | = | + | = | = | + | + | + | N | + |
| Ganho de peso (em %) | + | + | + | + | = | + | | = | | + | | | | |
| TCE | + | + | + | + | = | + | + | = | = | + | | | | |
| Consumo de ração | + | + | | + | = | | + | | | | + | | | = |
| Conversão alimentar | - | - | + | + | = | - | | | - | - | | | | |
| Eficiência alimentar | + | + | + | | = | | + | | | | | + | - | + |
| PER | + | + | | + | = | | + | | | | + | + | - | + |
| Efici. na retenção de N (%) | | | | + | = | | + | | | | + | + | + | |
| Efici. na retenção de lip (%) | | | | + | = | | + | | | | + | + | + | |
| Efici. na retenção de En (%) | | | | + | = | | + | | | | + | + | + | |
| Sobrevivência | = | = | + | + | + | + | | = | = | + | + | | | = |

Continua...

Tabela 1. Continuação.

| | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 |
|-------------------------------|-----|-----------|------|-----|------|-----|------|---------|------|------|------|---------|
| Índices de desempenho | | | | | | | | | | | | |
| Duração (dias) | 63 | 84 | 42 | 54 | 54 | 54 | 84 | 60 | 84 | 63 | 63 | 30 |
| N de alimentações | 2 | | 3 | 2 | | 3 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 |
| Alimentação (% sç) | sc | sc | | sc | sc | | 10-4 | sc | sc | sc | sc | 8 |
| Temperatura (°C) | 17 | 15 | 15 | 15 | 24 | 15 | 29 | 26-28,5 | 19 | 21 | 29 | 25 |
| Local (aberto/indoor) | Ab | In | In | In | In | In | In | In | In | Ab | In | In |
| Água (salgada/doce) | | | | | | | | | | | | |
| Variação de arginina (%) | 1,4 | 1 | 2,03 | | 1,53 | 2,8 | 2 | 2,4 | | 2,53 | 1,99 | 1,25 |
| Peso inicial | 100 | 5 | 12,6 | 110 | 16,1 | 0,9 | 2,56 | 1,7 | 0,35 | 2,6 | 3,38 | 6,35 |
| Proteína bruta | 46 | 40 | 50 | 40 | 48 | | 48 | 40 | 40 | 34 | 46 | 40 |
| Dieta (P/S) | S | P | P | P | P | S | S | P | S | S | P | P |
| Exigência (g/kg) | 1,2 | 20,4-22,6 | 1,41 | 1,6 | 2,7 | | 18,2 | 23 | 27 | 2,26 | 2,96 | 17,8/20 |
| Ganho de peso (calculado) | = | + | + | + | + | = | | = | + | + | + | + |
| Ganho de peso (em %) | = | | + | + | = | | | + | + | + | + | + |
| TCE | = | | + | + | = | | | = | + | + | + | + |
| Consumo de ração | | | | | + | | | | | | | |
| Conversão alimentar | | - | | | | | | = | - | | | - |
| Eficiência alimentar | | | + | + | | | | | | + | + | + |
| PER | = | | | | | + | | | + | + | | + |
| Efici. na retenção de N (%) | | + | + | + | + | = | | | + | + | | |
| Efici. na retenção de lip (%) | | | | + | | = | | | + | + | | |
| Efici. na retenção de En (%) | | + | | + | | = | | | + | + | | |
| Sobrevivência | | | = | | | | | = | | = | = | |

Continua...

Tabela 1. Continuação.

| Índices de desempenho | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 |
|-------------------------------|------|-----|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|
| Duração (dias) | 56 | | 54 | 63 | 54 | 42 | 56 | 84 | 45 | 70 | 84 |
| N de alimentações | 4 | 3 | 2 | 8 | 3 | 2 | 2 | | 2 | 3 | 3 |
| Alimentação (% , sç) | -- | 2,5 | sc | 6 | sc | 6,5-5 | sc | | sc | 3-5 | sc |
| Temperatura (°C) | 26,5 | 28 | 28 | 25 | 28 | 29 | 28 | | 27 | 27,5 | 27,2 |
| Local (aberto/indoor) | In | In | In | In | In | In | In | | In | In | In |
| Água (salgada/doce) | D | D | S | S | D | D | D | | D | D | D |
| Variação de arginina (%) | 0,7 | 1 | 1,4 | 1,8 | 1,39 | 2,1 | 1,61 | 1,93 | 3,5 | 1,48 | 1,25 |
| Peso inicial | 21,6 | 4,3 | 24 | 2,1 | 6 | 56,6 | 10,5 | | 22,9 | 3,84 | 0,61 |
| Proteína bruta | 36 | 55 | 45,9 | 46 | 28 | 35 | 38 | | 26,5 | 38 | 33 |
| Dieta (P/S/Pr) | Pr | P | P | S | S | S | P | | S | S | P |
| Exigência (g/kg) | -- | -- | 19,1 | 18,1 | 15,3 | | 2,79 | | | 2,17 | 1,67 |
| Ganho de peso (calculado) | + | + | + | + | + | + | + | | + | + | = |
| Ganho de peso (em %) | | | | | | | | | | | |
| TCE | + | + | + | + | + | + | + | | | + | = |
| Consumo de ração | + | = | + | + | + | + | + | | = | + | = |
| Conversão alimentar | | = | = | = | = | | | | = | - | = |
| Eficiência alimentar | + | | | | | + | + | | + | | |
| PER | | + | = | + | + | + | + | | + | | = |
| Efici. na retenção de N (%) | | = | + | + | + | = | + | | + | | = |
| Efici. na retenção de lip (%) | | | | | | | | | | | |
| Efici. na retenção de En (%) | | | | | | | | | | | |
| Sobrevivência | | | = | | = | = | = | | = | = | = |

Associação positiva (+), não mensurável (=) ou negativa (-), P: purificada; S: semi-purificada ; sc: até a saciedade; TCE: taxa de crescimento específico; PER: eficiência na retenção de proteína; 1, Ahemed e Khan, 2004 (*Cirrhinus mrigala*); 2, Ahemed, 2013 (*Heteropneustes fossilis*); 3, Alam et al., 2002 (*Paralichthys olivaceus*) A; 4, Alam et al., 2002 (*Paralichthys olivaceus*) B; 5, Berge et al., 1997 (*Salmo salar*); 6, Borlongan, 1991 (*Chanos chanos*); 7, Chen et al., 2011 (*Cyprinus carpio*); 8, Costas et al., 2012 (*Scophthalmus maximus*); 9, Daikiri et al., 2013 (*Salminus brasiliensis*); 10, Fagbenro et al., 1999 (*Clarias gariepinus*); 11, Farhat e Khan (2012) (*Heteropneustes fossilis*); 12 e 13, Fournier et al., 2003 (*Oncorhynchus mykiss* e *Psetta maxima*); 14, Zhou et al., 2011 (*Acanthopagrus schlegelii*); 15, Kaushik et al., 1988 (*Salmo gairdneri* R.); 16, Khan e Abid, 2011 (*Heteropneustes fossilis*); 17, Kin et al., 1992 (*Oncorhynchus mykiss*); 18, Lall et al., 1994 (*Salmo salar*); 19, Luo et al., 2007 (*Epinephelus coioides*); 12 e Abid, 1998 (*Oncorhynchus kisutch*); 21, Murilo-Gurrea et al., 2001 (Asian sea bass); 22, Murthy e Varghese et al., 1995 (*Labeo rohita*); 23, Ngamsae et al., 1999 (*Bidyanus bidyanus*); 24, Ren et al., 2013 (*blunt snout bream*); 25, Ren et al., 2014 (*Rachycentron canadum*); 26, Singh e Khan et al., 2007 (*Clarias gariepinus* - *Clarias macrocephalus*); 27, Suprayudi et al., 2000 (*Osphronemus gouramy*); 28, Tesser et al., 2005 (*Piaractus mesopotamicus*); 29, Zhou et al., 2012 (*Micropterus salmoides*); 30, Tibaldi et al., 1994 (*Dicentrarchus labrax*); 31, Yue et al., 2012 (*Oreochromis niloticus*); 32, Barziza et al., 2000 (*Sclaeonops Ocellatus*); 33, Zhou et al., 2010 (*Sparus macrocephalus*); 34, Walton et al., 1986 (truta arco-íris); 35, Pohlzen et al., 2012 (*Ictalurus punctatus*); 36, Gao et al., 2014 (*Ctenopharyngodon idella*); 37, Zehra e Khan, 2013 (*Carlia catla*).

O baixo desempenho produtivo com a suplementação da arginina pode ser atribuído a um quadro de deficiência de arginina na dieta que implica na redução do crescimento, da retenção de proteína e na redução dos suprimentos de poliaminas (TIBALDI et al., 1994; LUZZANA et al., 1998; KHAN; ABID, 2007; KHAN; ABID, 2011). Sendo que esta última é precursora da espermidina e espermina substâncias necessárias para o crescimento dos animais (LUZZANA et al., 1998).

Já o excesso de arginina na dieta pode resultar em baixo crescimento dos peixes devido a diferentes mecanismos como: desbalanço de aminoácidos da dieta que afeta a absorção e utilização do pool de aminoácidos; a um efeito tóxico da arginina; a uma acumulação de aminoácidos ou dos seus produtos de degradação que podem atuar como agentes estressores das enzimas digestivas, diminuindo sua eficiência; o aumento do gasto metabólico do animal para excretar e desaminar o excesso de aminoácidos do corpo; e a um aumento da liberação de insulina que atuaria diminuindo o apetite e consequentemente diminuindo o desempenho dos peixes (PLISETSKAY et al., 1991; CHOO et al., 1991; COLOSO, et al., 1999; MURILO-GURREA et al., 2001; ALAM et al., 2003; AHMED; KHAN, 2004; CHEN et al., 2011; KHAN; ADIB, 2011; CHEN et al., 2011; ZEHRA; KHAN et al., 2013).

Ressalta-se nesses experimentos o antagonismo existente entre a arginina e a lisina sendo este apontado também como um fator que diminui o desempenho produtivo dos peixes quando a dieta é suplementada com excesso de arginina (MURILO-GURREA et al., 2001). Essa premissa é baseada principalmente nos dados obtidos por Berge et al. (1999) que afirmaram que a arginina inibe a absorção de lisina, uma vez que os dois aminoácidos utilizam o mesmo transportador para serem absorvidos através da membrana celulares do intestino sendo que a arginina tem maior afinidade com esse transportador.

Contudo, alguns autores não observaram essa interação antagônica (TIBALDI et al., 1994; ALAM et al., 2002a; AHMED; KHAN, 2004). Níveis excessivos de lisina na dieta não tem efeito aparente sobre a exigência de arginina quando a dieta apresenta níveis satisfatórios de

lisina, inclusive dietas com arginina e excesso de lisina apresentam melhora significativa na taxa de retenção de proteína (ROBINSON et al., 1981; ALAM et al., 2002; ZHOU et al., 2010).

A redução no crescimento provocada pelo excesso de arginina na dieta pode ser explicada também a partir da diminuição do apetite dos peixes provocada pela diminuição da palatabilidade da dieta que resulta em uma diminuição da ingestão da ração (BORLONGAN 1991; KHAN; ADIB, 2011).

Já os trabalhos que encontraram desempenho produtivo positivo com o acréscimo de arginina na dieta indicam que essa melhora pode ser atribuída ao aumento das concentrações plasmáticas de insulina e do hormônio do crescimento, do aumento da síntese de proteínas e do aumento da expressão gênica (KIM et al., 2004; POHLENZ et al., 2012; KONG et al., 2012).

Isso ocorre devido a capacidade da arginina em transportar compostos nitrogenados no organismo e associação da sua participação em diversas vias sintéticas (MORRIS, 2006; WU, et al., 2009). Pohlenz et al. (2012) apontaram que a suplementação de arginina na dieta pode aumentar os níveis de substâncias como a ornitina, glutamina e glutamato para a biossíntese de poliaminas.

Poliaminas como putrescina, espermidina e espermina exercem efeito significativo sobre o crescimento da mucosa gastrointestinal de diferentes animais (MCCORMACK; JOHNSON, 1991; LARQUÉ, SABATER-MOLINA; ZAMORA, 2007), incluindo peixes (PERES; ZAMBONINO-INFANTE, 1997) e vários estudos correlacionaram altos níveis intracelulares de poliaminas com períodos de maior crescimento em diferentes organismos como bactérias, plantas e animais (MCCORMACK; JOHNSON, 1991; LI et al., 2009; WU, 2010). Assim, é possível que a arginina também influencie o crescimento de peixes através deste mecanismo.

Além disso, a maior retenção de nitrogênio devido a maior nível de arginina reflete no ganho de peso sendo este o parâmetro mais preciso e sensível para estimar as exigências nutricionais de aminoácidos,

uma vez que somente o ganho de peso pode ser resultado também da deposição de gordura, ao invés do aumento da síntese de proteínas, (CHO et al., 1992; COWEY, 1992; RODEHUTSCORD et al., 1995; LUZZANA et al., 1998).

Efeito da arginina no sistema imunológico

O efeito imunológico da arginina é bem estabelecido em animais superiores, tais como humanos (EVOY et al., 1998). Nos últimos anos, a função imune de arginina tem recebido atenção em estudos com peixes, dentre outros motivos porque arginina é um precursor para a síntese de óxido nítrico, sendo essa substância importante nos processos fisiológicos que controlam o tônus dos vasos sanguíneos, neurotransmissão, agregação e adesão das plaquetas, proliferação celular e a atividade de macrófagos (EDDY; TIBBS, 2003; NRC, 2011; REN et al., 2013).

Os estudos que avaliam a resposta imune dos peixes que receberam dietas suplementadas com arginina se concentraram na avaliação do óxido nítrico, nitrito plasmático, *burst* respiratório (nbt), lisozima, sistema complemento, cortisol, taxa de fagocitose, mieloperoxidase, imunoglobulina e antiprotease (Tabela 2). Porém, as respostas observadas ainda não possuem um padrão nas alterações dos valores dos parâmetros imunológicos, evidenciando que os mecanismos dos efeitos reguladores de arginina na dieta sobre a resposta imune em peixes ainda não são claros e precisam ser melhor investigadas (REN et al., 2014).

O óxido nítrico é o parâmetro que apresenta maior associação positiva com o incremento de arginina na dieta dos peixes (Tabela 2). Todos os autores observaram acréscimo do óxido nítrico e suas isoformas em seus experimentos (COSTAS et al., 2011; COSTAS et al., 2013; REN et al., 2013; REN et al., 2014; RAHIMEJAD et al., 2014; YUE et al., 2012; ZHOU et al., 2012).

Tabela 2. Variáveis imunológicas e enzimas de peixes submetidos a experimentos de dose resposta com a suplementação de arginina na dieta.

| Parâmetro | 1a | 1b | 2a | 2b | 3 | 4 | 5 | 6 | 7a | 7b | 8 |
|--|----|----|----|----|---|---|---|---|----|----|---|
| Oxido nítrico (μM) | + | + | + | + | | + | + | + | = | + | |
| <i>Burst</i> respiratório (O.D) | + | + | = | + | ~ | = | | | | | + |
| Complemento (unidade/ ml^{-1}) | + | + | + | = | | | | | | | = |
| Mieloperoxidase (absorbância) | | | | | | + | | | | | |
| Peroxidase (unidade/ ml^{-1}) | = | = | | | | | | | | | |
| Superoxido dismutase (% inibição) | | | = | = | | = | = | | | | |
| Lisozima (U ml^{-1}) | + | = | = | + | = | + | | | = | + | + |
| Cortisol (ml^{-1}) | | | = | = | | | | | | | |
| Imunoglobulina (mg ml^{-1}) | | | | | | + | | | | | |

1, Costas et al., 2011, (*Solea senegalensis*); 2, Costas et al., 2013 (*Scophthalmus maximus*), 60 dias de experimento; 3, Pohlenz et al., 2012 (*Ictalurus punctatus*); 4, Rahimnejad e Lee, 2014 (*Pagrus major*); 5, Ren et al., 2013 (*Megalobrama amblycephala*); 6, Ren e Mai, 2014 (*Rachycentron canadum*); Yue et al., 2013 (*Oreochromis niloticus*); 8, Zhou et al., 2012 (*Micropterus salmoides*); a, controle, b, sob estresse.

No entanto alguns estudos somente observaram aumento do óxido nítrico após os peixes serem desafiados com agentes estressores (COSTAS et al., 2011; YUE et al., 2013), evidenciando que talvez a forma mais eficaz de determinar a concentração de arginina ideal nas dietas seja através da realização de desafios experimentais de diferentes naturezas, uma vez que a condição de homeostase dos animais pode mascarar o ponto onde a suplementação extra do nutriente faz diferença no aumento da sua resposta imune.

O óxido nítrico total tende a aumentar com a suplementação de arginina na dieta, mesmo os peixes não estando sob estresse, contudo, o mesmo não foi observado para o oxido nítrico na sua isoforma I, que é produzido pelas células de defesa e possivelmente precisa de algum fator estressante para desencadear sua formação (ZHOU et al., 2012).

Além do óxido nítrico, o *burst* respiratório juntamente com a lisozima foram os parâmetros mais avaliados. O *burst* respiratório tende a aumentar com o aumento de arginina na dieta (COSTAS et al., 2011) exceto pelo trabalho realizado por Raminejad et al. (2013) que não observou diferenças significativas na resposta desse parâmetro. Costas et al. (2011) apontaram que é normal uma diminuição do *burst* respiratório quando os peixes são expostos a agentes estressantes como a manipulação, anóxia, adensamento e exposição a cortisol. Contudo, esses autores identificaram o aumento do *burst* respiratório na concentração mais elevada de arginina na dieta mesmo quando os peixes estavam expostos a um fator estressante.

Efeito positivo também foi observado com as lisozimas com a inclusão de arginina na dieta, porém esse efeito somente foi observado quando os peixes passaram por alguma situação estressante, afirmando que o efeito imunoestimulante da arginina é mais promissor em peixes em condições de estresse (YUE et al., 2013). Por outro lado, peixes que receberam dietas com nível inadequado de arginina, após o desafio bacteriano diminuíram o valor de óxido nítrico no plasma quando comparados com peixes que não foram desafiados. Evidenciando mais uma vez que, a forma mais eficaz de determinar a concentração de arginina ideal nas dietas seja através de desafios, que sejam estressantes aos peixes, uma vez que a condição de homeostase dos animais mascara o ponto onde a suplementação extra do nutriente provoca aumento da resposta imune. Pohelenz et al. (2013) complementaram essa linha de raciocínio ao apontar que o valor da lisozima pode estar ligado à taxa de renovação dos granulócitos e monócitos no sangue.

As análises de sistema complemento cortisol, taxa de fagocitose, mieloperoxidase, imunoglobulina e antiprotease foram realizadas em uma escala menor e seus resultados foram inconclusivos. Porém são variáveis que apresentam potencial para serem utilizados em ensaios que objetivam determinar o efeito imunoestimulante da arginina (RAMINEJAD et al., 2014).

Exigência nutricional e formulação de dietas

Pôde-se observar que há grandes variações na exigência de arginina entre as diferentes espécies. Resultado que pode ser atribuído a variações entre condições de laboratório, incluindo a qualidade da água, a vazão de água, a biomassa, o tipo de dieta (purificada, semipurificada ou prática), a quantidade de energia da dieta, a digestibilidade dos ingredientes e aminoácidos, a frequência e taxa de alimentação adotada, o tamanho, a idade do peixe, o modelo matemático adotado para se determinar a exigência, as diferenças genéticas entre as famílias de peixes e até mesmo os níveis de eletrólitos na dieta (CHIU, 1984; AKIYAMA et al., 1997; LUZZANA et al., 1998; MILLAMENA et al., 1998; SIMMONS et al., 1999; DE SILVA et al., 2000; MURILO-GURREA et al., 2001; ALAM et al., 2004; ZHOU et al., 2010; KHAN; ABID, 2011; ZHOU et al., 2012; AHMED, 2012; YUE et al., 2013; REN et al., 2013; YUE et al., 2013; REN et al., 2014).

De qualquer forma experimentos que visam determinar a exigência de arginina devem ser realizados com os animais em condições a campo para validar essas concentrações de arginina.

Outro ponto que deve ser analisado com cuidado na formulação de dietas que visam determinar a exigência em arginina é a suplementação de glutamato na dieta, uma vez que o mesmo é um precursor da arginina endógena, e o nível de glutamato dietético pode afetar a exigência dietética da arginina em peixes (REN et al., 2013). Buentello e Gatlin (2000) encontraram a exigência de arginina, 33% mais elevada quando o glutamato substituiu glicina na dieta de catfish americano (*Ictalurus punctatus*).

Uma alternativa na formulação de rações para determinar a exigência em arginina em espécies que não possuem estudos é estimá-la com base na composição corporal em aminoácidos (WILSON; COWEY, 1985). Twibell e Brown (1997), realizando estudos com juvenis de perca amarela, identificaram que independente do habito alimentar, tolerância a salinidade e temperatura, a exigência em aminoácidos

da espécie foi semelhante à aquela obtida a partir da composição de aminoácidos da carcaça, fato reiterado por Ngamsanae et al. (1999) e Zhou et al. (2012) que apontaram o padrão de aminoácidos da carcaça como referência na formulação de rações.

Considerações finais

De um modo geral, o que podemos observar é que a arginina tem um efeito significativo sobre o desempenho produtivo e sobre as variáveis relacionadas com a retenção de nutrientes. Sua associação com o aumento da excreção de nitrogênio pelos peixes é evidente. A interação entre lisina e arginina precisa ser melhor elucidada e ainda não está claro a existência de um antagonismo entre esses aminoácidos para a maioria das espécies de peixes. Em relação aos estudos que avaliaram o efeito da arginina na sanidade e imunologia dos peixes, ainda não estão totalmente esclarecidas quais são as variáveis que respondem positivamente ou negativamente à suplementação de arginina na dieta, exceto o óxido nítrico. Ressaltando que a realização de desafios seja por manejo ou bacteriano se mostra como uma ferramenta para avaliar o efeito imunoestimulante desse aminoácido.

Denota-se que a determinação da exigência em condições adversas é importante para formulação de dietas estratégicas. Porém há uma lacuna a ser preenchida nestes estudos de exigência da arginina que consistem em estudos a campo para validação desses resultados em laboratório.

Referências

ABIDI, S. F.; KHAN, M. A. Dietary arginine requirement of fingerling Indian major carp, *Labeo rohita* (Hamilton) based on growth, nutrient retention efficiencies, RNA/DNA ratio and body composition. **Journal of Applied Ichthyology**, Malden, v. 25, n. 6, p. 707-714, 2009.

AHMED, I; KHAN, M. A. Dietary arginine requirement of fingerling Indian major carp, *Cirrhinus mrigala* (Hamilton). **Aquaculture Nutrition**, Malden, v. 10, n. 4, p. 217-225, 2004.

AKIYAMA, T.; OOHARA, I.; YAMAMOTO, T. Comparison of Essential Amino Acid Requirements with A/E Ratio among Fish Species (Review Paper). **Fisheries science**, Rockville Pike, v. 63, n. 6, p. 963-970, 1997.

ALAM, Md S. ; TESHIMA, S; KOSHIO, S.; ISHIKAWA, M. Arginine requirement of juvenile Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* estimated by growth and biochemical parameters. **Aquaculture**, Malden, v. 205, n. 1, p. 127-140, 2002.

BERGE, G. E.; BAKKE-MCKELLEN, A. M.; LIED, E. In vitro uptake and interaction between arginine and lysine in the intestine of Atlantic salmon (*Salmo salar*). **Aquaculture**, Malden, v. 179, n. 1, p. 181-193, 1999.

BERGE, G. E.; LIED, E.; SVEIER, H. Nutrition of Atlantic salmon (*Salmo salar*): the requirement and metabolism of arginine. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology**, Rockville Pike, v. 117, n. 4, p. 501-509, 1997.

BORLONGAN, I. G. Arginine and threonine requirements of milkfish (*Chanos chanos Forsskal*) juveniles. **Aquaculture**, Malden, v. 93, n. 4, p. 313-322, 1991.

BUENTELLO, J. A.; GATLIN, D. M. The dietary arginine requirement of channel catfish (*Ictalurus punctatus*) is influenced by endogenous synthesis of arginine from glutamic acid. **Aquaculture**, Malden, v. 188,

n. 3, p. 311-321, 2000.

CHEN, G.; FENG, L.; KUANG, S.; LIU, Y.; JIANG, J.; HU, K.; JIANG, W.; LI, S.; TANG, L.; ZHOU, X. Effect of dietary arginine on growth, intestinal enzyme activities and gene expression in muscle, hepatopancreas and intestine of juvenile Jian carp (*Cyprinus carpio* var. Jian). **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 108, n. 2, p. 195-207, 2012.

CHIU, Y. N.; AUSTIC, R. E.; RUMSEY, G. L. Effect of feeding level and dietary electrolytes on the arginine requirement of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). **Aquaculture**, Malde), v. 69, n. 1, p. 79-91, 1988.

COLOSO, R. M.; MURILLO-GURREA, D.P.; BORLONGAN, I. G.; CATAUTAN, M.R. Sulphur amino acid requirement of juvenile Asian sea bass *Lates calcarifer*. **Journal of Applied Ichthyology**, Malden, v. 15, n. 2, p. 54-58, 1999.

COSTAS, B.; ARAGÃO, C.; SOENGAS, J. L; CONCEIÇÃO, L. E. C. Effects of dietary amino acids and repeated handling on stress response and brain monoaminergic neurotransmitters in Senegalese sole (*Solea senegalensis*) juveniles. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology**, Rockville Pike, v. 161, n. 1, p. 18-26, 2012.

COWEY, C. B. Nutrition: estimating requirements of rainbow trout. **Aquaculture**, Malden, v. 100, n. 1, p. 177-189, 1992.

COWEY, C. B. Protein and amino acid requirements: a critique of methods. **Journal of Applied Ichthyology**, Malden, v. 11, n. 3-4, p. 199-204, 1995.

EDDY, F. B.; TIBBS, P. Effects of nitric oxide synthase inhibitors and a substrate, L-arginine, on the cardiac function of juvenile salmonid fish. **Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology**, Rockville Pike, v. 135, n. 2, p. 137-144, 2003.

GAYLORD, T. G.; BARROWS, F. T. Multiple amino acid supplementations to reduce dietary protein in plant-based rainbow

trout, *Oncorhynchus mykiss*, feeds. **Aquaculture**, Malden, v. 287, n. 1, p. 180-184, 2009.

HANSEN, N. E. Lysozyme in haematology. **Scandinavian Journal of Haematology**, Malden, v. 14, n. 3, p. 160-165, 1975.

KHAN, M. A.; ABIDI, S. F. Dietary arginine requirement of *Heteropneustes fossilis* fry (Bloch) based on growth, nutrient retention and haematological parameters. **Aquaculture Nutrition**, Malden, v. 17, n. 4, p. 418-428, 2011.

KIM, J. D.; KAUSHIK, S. J. Contribution of digestible energy from carbohydrates and estimation of protein/energy requirements for growth of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, Malden, v. 106, n. 2, p. 161-169, 1992.

KIM, S. W.; MCPHERSON, R. L.; WU, G. Dietary arginine supplementation enhances the growth of milk-fed young pigs. **The Journal of Nutrition**, Rockville Pike, v. 134, n. 3, p. 625-630, 2004.

KIM, S. W.; MCPHERSON, R. L.; WU, G. Dietary arginine supplementation enhances the growth of milk-fed young pigs. **The Journal of Nutrition**, Rockville Pike, v. 134, n. 3, p. 625-630, 2004.

KONG, X.; TAN, B.; YIN, Y.; GAO, H.; LI, X.; JAEGER, L. I-Arginine stimulates the mTOR signaling pathway and protein synthesis in porcine trophectoderm cells. **The Journal of Nutritional Biochemistry**, Rockville Pike, v. 23, n. 9, p. 1178-1183, 2012.

LALL, S.P.; KAUSHIK; S. J.; LE BAIL, P. Y.; KEITH, R.; AANDRESON, J.S.; PLISETSKAYA, E. Quantitative arginine requirement of Atlantic salmon, *Salmo salar* reared in sea water. **Aquaculture**, Maden, v. 124, p. 13-25, 1994.

LANDOLT, M. L. The relationship between diet and the immune response of fish. **Aquaculture**, Malden, v. 79, n. 1, p. 193-206, 1989.

LI, P.; MAI, K.; TRUSHENSKI, J.; WU,G. New developments in fish amino acid nutrition: towards functional and environmentally oriented aquafeeds. **Amino Acids**, Rockville Pike, v. 37, n. 1, p. 43-53, 2009.

LUO, Z. ; LI, X.; BAI, H.; GONG, S. Effects of dietary fatty acid composition on muscle composition and hepatic fatty acid profile in juvenile *Synechogobius hasta*. **Journal of Applied Ichthyology**, Malden, v. 24, n. 1, p. 116-119, 2008.

LUZZANA, U.; HARDY, R. W.; HALVER, J. E. Dietary arginine requirement of fingerling coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). **Aquaculture**, Malden, v. 163, n. 1, p. 137-150, 1998.

MCCORMACK, SHIRLEY A.; JOHNSON, Leonard R. Role of polyamines in gastrointestinal mucosal growth. **American Journal of Physiology-Gastrointestinal and Liver Physiology**, Rockville Pike, v. 260, n. 6, p. G795-G806, 1991.

MILLAMENA, O. M.; BAUTISTA-TERUEL, M. N.; REYES, O. S.; KANAZAWA, A. Requirements of juvenile marine shrimp, *Penaeus monodon* (Fabricius) for lysine and arginine. **Aquaculture**, Malden, v. 164, n. 1, p. 95-104, 1998.

MORRIS, S. M. Arginine: beyond protein. **The American Journal of Clinical Nutrition**, Rockville Pike, v. 83, n. 2, p. 508S-512S, 2006.

PLISETSKAYA, E. M.; BUCHELLI-NARVAEZ, L. I.; HARDY, R. W.; DICKHOFF, W.W. Effects of injected and dietary arginine on plasma insulin levels and growth of Pacific salmon and rainbow trout. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology**, Rockville Pike, v. 98, n. 1, p. 165-170, 1991.

POHLENZ, C.; BUENTELLO, A.; MWANGI, W.; GATLIN, D. M. Arginine and glutamine supplementation to culture media improves the performance of various channel catfish immune cells. **Fish & Shellfish Immunology**, Rockville Pike, v. 32, n. 5, p. 762-768, 2012.

RAHIMNEJAD, S.; LEE, K. J. Dietary arginine requirement of juvenile red sea bream *Pagrus major*. **Aquaculture**, Malden, v. 434, p. 418-424, 2014.

RAHIMNEJAD, S.; LEE, K. J. Dietary valine requirement of juvenile red sea bream *Pagrus major*. **Aquaculture**, Malden, v. 416, p. 212-218, 2013.

ROBINSON, E. H.; WILSON, R. P.; POE, W. E. Arginine requirement and apparent absence of a lysine-arginine antagonist in fingerling channel catfish. **The Journal of Nutrition**, Rockville Pike, v. 111, n. 1, p. 46-52, 1981.

RODEHUTSCORD, M.; JACOBS, S.; PACK, M.; PFEFFER, E. Response of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) growing from 50 to 170 g to supplements of either L-arginine or L-threonine in a semipurified diet. **The Journal of Nutrition**, Rockville Pike, v. 125, n. 4, p. 970-975, 1995.

SIMMONS, L.; MOCCIA, R. D.; BUEREAU, D. P.; SIVAK, J. G.; HERBERT, K. Dietary methionine requirement of juvenile Arctic charr *Salvelinus alpinus* (L.). **Aquaculture Nutrition**, Malden, v. 5, n. 2, p. 93-100, 1999.

TIBALDI, E.; TULLI, F.; LANARI, D. Arginine requirement and effect of different dietary arginine and lysine levels for fingerling sea bass (*Dicentrarchus labrax*). **Aquaculture**, Malden, v. 127, n. 2, p. 207-218, 1994.

TWIBELL, R. G.; BROWN, P. B. Dietary arginine requirement of juvenile yellow perch. **The Journal of Nutrition**, Rockville Pike, v. 127, n. 9, p. 1838-1841, 1997.

WILSON, R. P.; COWEY, C. B.; ADRON, J. W. Effect of dietary electrolyte balance on growth and acid-base balance in rainbow trout (*Salmo gairdnerii*). **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology**, Rockville Pike, v. 82, n. 2, p. 257-260, 1985.

WU, G.; BAZER, F. W.; DAVES, T. A.; KIM, S. W.; LI, P.; MARC RHOADS, J.; CAREY SATTERFIELD, M.; SMITH, S.B.; SPENCER, T.E.; YIN, Y. Arginine metabolism and nutrition in growth, health and disease. **Amino Acids**, Rockville Pike, v. 37, n. 1, p. 153-168, 2009.

WU, G. Functional amino acids in growth, reproduction, and health. **Advances in Nutrition: An International Review Journal**, Rockville Pike, v. 1, n. 1, p. 31-37, 2010.

YAO, K.; YIN, Y.; CHU, W.; LIU, Z.; DENG, D.; LI, T.; HUANG, R.; ZHANG, J.; TAN, B.; WANG, W.; WU, G. Dietary arginine supplementation increases mTOR-signaling activity in skeletal muscle of neonatal pigs. **The Journal of Nutrition**, Rockville Pike, v. 138, n. 5, p. 867-872, 2008.

YUE, Y.; ZOU, Z.; ZHU, J.; LI, D.; XIAO, W.; HAN, J. Effects of dietary arginine on growth performance, feed utilization, haematological parameters and non specific immune responses of juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). **Aquaculture Research**, Malden, 2013.

ZEHRA, S.; KHAN, M. A. Dietary arginine requirement of fingerling Indian major carp, *Catla catla* (Hamilton). **Journal of the World Aquaculture Society**, Malden, v. 44, n. 3, p. 363-373, 2013.

ZHOU, F.; SHAO, Q.; XIAO, J.; PENG, X.; NGANDZALI, B.; SUN, Z.; NG, W. Effects of dietary arginine and lysine levels on growth performance, nutrient utilization and tissue biochemical profile of black sea bream, *Acanthopagrus schlegelii*, fingerlings. **Aquaculture**, Malden, v. 319, n. 1, p. 72-80, 2011.

ZHOU, F.; XIONG, W.; XIAO, J.; SHAO, Q.; NGANDZALI, B.; HUA, Y.; CHAI, X. Optimum arginine requirement of juvenile black sea bream, *Sparus macrocephalus*. **Aquaculture Research**, Malden, v. 41, n. 10, p. e418-e430, 2010.

ZHOU, H.; CHEN, N.; QIU, X.; ZHAO, M.; JIN, L. Arginine requirement and effect of arginine intake on immunity in largemouth bass, *Micropterus salmoides*. **Aquaculture Nutrition**, Malden, v. 18, n. 1, p. 107-116, 2012.

ZHOU, Q.; ZENG, W. P.; WANG, H. L.; XIE, F. J.; ZHENG, C. Q. Dietary arginine requirement of juvenile yellow grouper *Epinephelus awoara*. **Aquaculture**, Malden, v. 350, p. 175-182, 2012.



Tabuleiros Costeiros

Ministério da
**Agricultura, Pecuária
e Abastecimento**

