



NUTRITime

REVISTA ELETRÔNICA
www.nutritime.com.br

ISSN 1519-7670

Revista Eletrônica Nutritime , Artigo 104
v. 7, n° 01 p.1149-1159, Janeiro/Fevereiro 2010



Artigo Número 104

BIOTINA NA NUTRIÇÃO ANIMAL

Wagner Azis Garcia de Araújo¹; Guilherme Rodrigues Lelis¹; Fernando de Castro Tavernari¹; Luíz Fernando Teixeira Albino²; Juliano Pelição Molino³

¹ Zootecnista, Doutorando em Nutrição de Monogástricos, UFV. Bolsista do CNPq.

² Professor Titular. DZO/UFV.

³ Zootecnista, Mestrado em Zootecnia/Nutrição animal, UFV



INTRODUÇÃO

Em 1916, BATEMAN observou que ratos alimentados com clara de ovo, como única fonte de proteínas, desenvolviam desordens neuromusculares, dermatite e perda de cabelos. Esta síndrome poderia ser prevenida caso se cozinhasse a clara ou se fosse acrescentado fígado ou levedura à dieta.

Em 1936, KÖGL e TÖNIS isolaram da gema do ovo uma substância que era essencial para o crescimento da levedura e a denominaram de biotina. Depois, verificou-se que esse fator e aquele que prevenia a intoxicação da clara de ovo cozida eram o mesmo. Essa substância era idêntica a um fator de crescimento chamado de Coenzima R importante para bactérias em nódulos de legumes.

GYÖRGY em 1937 estudou a química desse fator protetor de tais alimentos, que foi denominado de fator H (vitamina H).

Em 1940, GYÖRGY descobriu que biotina, vitamina H e coenzima R eram a mesma substância. De 1943 a 1949 foi desenvolvida a técnica para produção industrial de biotina.

A biotina, também conhecida como vitamina H, vitamina B7 ou vitamina B8, é uma molécula da classe das vitaminas que funciona como cofator enzimático. Funciona no metabolismo das proteínas e dos carboidratos. Ela age diretamente na formação da pele e indiretamente na utilização dos hidratos de carbono (açúcares e amido) e das proteínas associada à piruvato carboxilase. Tem como principal função neutralizar o colesterol (diretamente ligado à obesidade).

ESTRUTURA QUÍMICA

A estrutura química da biotina contém 1 átomo de enxofre em seu anel. A fórmula empírica é $C_{11}H_{18}O_3N_2S$. A biotina é resultante da fusão de 1 anel imidazolidona com um anel tetrahidrotiofeno, carregando uma cadeia lateral de ácido valérico. Ela possui 3 carbonos assimétricos, portanto, é possível a formação de oito isômeros diferentes, sendo que apenas um tem atividade de vitamina, o isômero d-biotina.

A biotina livre é solúvel em álcali e água quente e praticamente insolúvel em gordura e solventes orgânicos. Pode ser destruída por ácidos e bases fortes e formaldeído. É inativado por gorduras rancificadas e colina e gradualmente destruída por radiação ultravioleta.

Existem substâncias análogas à biotina que podem variar quanto ao seu grau de antagonismo, podendo ser inativo, parcialmente ativo e antagonista.

A atuação de agentes fortes sobre a biotina resulta na substituição do enxofre por um oxigênio formando oxibiotina e destiobiotina. Sendo que a oxibiotina tem alguma atividade para aves (1/3), porém baixa para ratos (1/10). Destiobiotina e sulfóxido de biotina são ativos para leveduras, mas inibidoras para bactérias. Outros compostos podem ligar-se a biotina formando compostos estáveis, impedindo a utilização da biotina por animais e microrganismos. Biocitina, uma forma de biotina ligada, é também biologicamente ativa em várias espécies. A porção linear da estrutura é responsável pela ligação da biotina à cadeia polipeptídica da piruvato carboxilase.



METABOLISMO

A biotina é o cofator da enzima piruvato carboxilase por ser uma molécula especializada no transporte de dióxido de carbono (CO_2). Na reação catalizada pela piruvato carboxilase, a biotina capta uma molécula de CO_2 e transfere-a para uma molécula de piruvato, formando oxaloacetato. Esta transferência é possível graças à flexibilidade da porção linear da estrutura da biotina, que permite o movimento da parte da molécula envolvida no transporte do CO_2 .

reciclada e pode ser reutilizada pela carboxilases.

Quando a atividade da biotinidase é deficiente a biotina que está contida nos alimentos não pode ser utilizada pela carboxilases. As carboxilases são incapazes de exercer suas funções normais. Sem a atividade adequada da biotinidase, o organismo precisa de grandes quantidades de biotina livre, mais do que o consumido em uma dieta normal. Quando não há biotina disponível no organismo começam a surgir problemas de saúde.

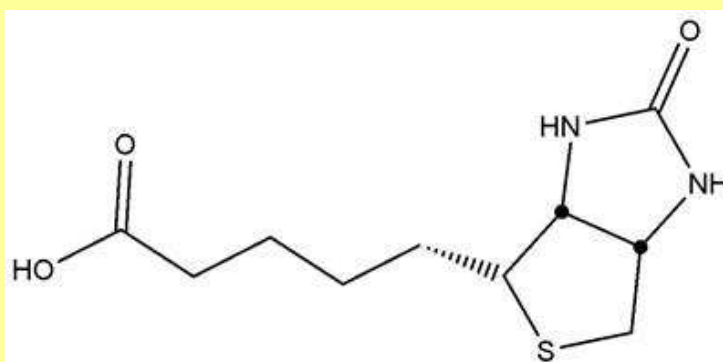


Figura 1- Estrutura da biotina

A biotina livre é necessária para que um grupo de enzimas chamado carboxilases funcione perfeitamente. Carboxilases são importantes no metabolismo de algumas gorduras, carboidratos e proteínas. Para que a carboxilases inativa se torne ativa, a biotina livre deve estar anexada ao aminoácido lisina, em um local específico da carboxilase inativa.

Eventualmente as carboxilases são degradadas, mas a biotina fica anexada na lisina. Este complexo biotina-lisina é conhecido como biocitina. Biocitina é normalmente degradada pela biotinidase em biotina livre e lisina. Deste modo, biotina é

A biotinidase é uma importante enzima no ciclo da biotina, cadeia de reações químicas envolvidas na utilização e reutilização da vitamina biotina. Uma importante tarefa da biotinidase é de separar ou liberar a biotina das proteínas dos alimentos. Além disso, a biotinidase permite que o organismo recicle a biotina várias vezes para que não haja necessidade de consumirmos grande quantidade desta vitamina na nossa dieta diária.

No metabolismo de carboidrato participa na fixação do CO_2 e na descarboxilação, processo que ocorre no ciclo de Krebs gerando energia. É sugerido que o efeito da biotina na produção de energia é através da



estimulação dos caminhos de fosforilação. A atividade da glicoquinase é afetada pela biotina, sendo que na sua deficiência há redução da atividade da glicoquinase.

Dentre as reações específicas que dependem da biotina está: carboxilação do piruvato a oxalacetato, conversão do malato em piruvato, interconversão do succinato para propionato, conversão do oxalalacetato para α -cetoglutarato.

No metabolismo de proteína a biotina é importante na síntese de proteína, deaminação de aminoácidos, síntese de purina e no metabolismo do ácido nucléico.

A biotina é necessária para a transcarboxilação na degradação de vários aminoácidos. A deficiência dessa vitamina resulta em retardo na conversão da leucina para acetil-CoA, sendo que falta de biotina no fígado resulta na redução da atividade da metilcrotonil-CoA carboxilase, que necessária para a degradação da leucina. A enzima do ciclo da ureia, ornitina transcarbamilase, foi significativamente menor em fígado de ratos deficientes em biotina.

Ela atua também, juntamente com a acetil-CoA carboxilase, na adição do CO_2 ao acetil-CoA para formar o malonil-CoA, essa é a primeira reação na síntese de ácidos graxos. É importante na elongação da cadeia dos ácidos graxos insaturados, linoléico e araquidônico, reduzindo assim a quantidade de prostaglandina E_2 no plasma.

A função da Biotina no metabolismo das aves está ligada às reações chamadas carboxilação, importante nas reações catabólicas de aminoácidos como leucina e isoleucina. Assim como a biotina também está envolvida no metabolismo de ácidos graxos de cadeia longa (ácidos palmítico e esteárico). Desta maneira, sabe-se que a biotina interfere, por exemplo, na síntese de uma importante proteína para as aves: albumina

sérica - proteína de transporte de grande parte das vitaminas do Complexo B e formadora da clara de ovo.

A síntese do ácido ascórbico requer a presença da biotina e esta é essencial para o metabolismo normal de gorduras e proteínas. É uma vitamina também sintetizada por bactérias intestinais. A deficiência espontânea de biotina ocorre raramente, se ocorrer em seres humanos à necessidade diária é pequena, e os micróbios intestinais sintetizam quantidades suficientes, que podem ser absorvidas sem fontes nutricionais adicionais. Outra função da biotina é sua atuação no sistema imunológico das aves, nos locais onde há infecção os macrófagos secretam avidina a fim de matar o agente patogênico de avitaminose em biotina (KORPELA, 1984).

A diferença na disponibilidade da biotina parece ser devido à diferença de susceptibilidade da digestão da biotina ligada a uma proteína na qual a vitamina é encontrada em produtos naturais. Esses elos (biotina - proteína) envolvem a formação de ligações covalentes entre o grupo carboxil da biotina com o aminoácido lisina ou uma proteína.

A biotidina, encontrada no suco pancreático e na mucosa intestinal, libera a biotina da biocitina durante a fase luminal da proteólise. Na maioria das espécies investigadas, a biotina liberada pela biotidina é absorvida no trato intestinal por transporte ativo dependente de sódio (esse tipo de transporte é inibido pela destina e biocitina), sendo maior no duodeno.

A biotina ingerida na alimentação é absorvida pelo intestino delgado, sendo logo em seguida encontrada no sangue e nos tecidos (Tabela 1). A pele é especialmente rica em biotina. A biotina é eliminada em parte da urina, e em parte pelas fezes. É impossível diferenciar nas fezes a biotina ingerida e a biotina



sintetizada pela flora intestinal, sendo que as quantidades excretadas pelas fezes diariamente poderiam representar o dobro ou até o quántuplo das quantidades ingeridas. Existe também absorção de biotina (sintetizada por microorganismos) no intestino grosso, porém da quantidade absorvida neste local apenas 1,7 a 17% supre a exigência de biotina do animal.

Apesar de existir pouca informação sobre o transporte, deposição e armazenamento da biotina sabe-se que a biotina é transportada como um componente livre hidrossolúvel e entra nas células por transporte ativo ligada as suas apoenzimas. A biotina é transportada dentro de fígado de humanos mediada por transportadores específicos dependente do gradiente de sódio.

No rim há um transporte ativo de biotina dependente de sódio, semelhante ao que ocorre no intestino. Este mecanismo possibilita a reabsorção da biotina no filtrado da urina. Quando esse mecanismo de absorção está saturado ocorre então excreção de biotina.

KOPINSKI et al., (1989) verificaram que a absorção cecal de biotina é limitada, verificando que a administração oral é mais eficiente devido à possibilidade de passagem pelo intestino delgado, sítio de maior absorção (figura 2).

MÉTODOS ANALÍTICOS

Em função da dificuldade de se estabelecerem métodos próprios de análise química, bioensaios têm sido utilizados para determinar os conteúdos e disponibilidade de biotina dos alimentos e suplementos vitamínicos. Não obstante, têm sido relatados progressos no uso de colorimetria, cromatografia gasosa e polarografia na análise de alimentos.

A proteína avidina, presente numa forma ativa em ovos crus inibe a ação da biotina ao ligar-se a esta, evitando a sua absorção normal no intestino. Esta propriedade é, no entanto, explorada em nível laboratorial: é possível adicionar moléculas de biotina a determinadas proteínas (um processo denominado biotinação); proteínas marcadas deste modo podem ser facilmente purificadas através de cromatografia de afinidade, usando uma matriz contendo avidina covalentemente ligada, que por sua vez capta os grupos biotina (e conseqüentemente as proteínas a si ligadas). A proteína marcada pode então ser eluída (separada da matriz) usando um excesso molar de biotina livre, que compete com a biotina ligada à proteína e força-a a desligar da matriz cromatográfica.

Outra metodologia de avaliação "in vivo" da biodisponibilidade de biotina em alimentos é a atividade da enzima carboxilase à suplementação dietética de biotina (Whitehead et al., 1982).

FONTES NATURAIS

A biotina existe na matéria natural na forma livre (em fruta, leite e vegetais) ou ligada a outro componente (tecido animal, sementes de plantas e levedura), sendo que a maioria das formas ligadas são indisponíveis para os animais. Para aves menos da metade da biotina biologicamente determinada em rações está biologicamente disponível.

A biotina está presente em vários alimentos (tabela 2). As principais fontes são: fígado, rins, leveduras, melaço, amendoim, e ovos. Por outro lado, cereais, carnes e peixes são fontes relativamente pobres. Além disso, a disponibilidade é extremamente variável.



EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS

A exigência de biotina é difícil de ser determinada para os animais devido às grandes variações no conteúdo e biodisponibilidade dos alimentos e a participação da síntese de vitaminas pelos microrganismos no intestino grosso.

A contribuição da síntese de vitaminas por estes organismos pode ser evidenciada quando se utilizam drogas, a base de sulfas, pode induzir a deficiência em algumas circunstâncias.

Sua presença nos alimentos, via de regra, é extremamente baixa e em alguns casos, esta sob forma é, a não biodisponível, isto ave não consegue utilizar a Biotina do alimento (por exemplo, a Biotina do trigo).

A exigência de biotina pode ser afetada pela presença de ácidos graxos poli-insaturados na ração, uma vez que essa vitamina é rapidamente destruída na presença de alimentos rancificados.

Biotina pura foi inativada em 96% após 12 horas quando adicionado ácido linoléico altamente oxidado a dieta. Na presença de α -tocoferol, esta destruição chegou somente em 40% após 48 horas. A vitamina C e outras vitaminas do complexo B podem influenciar na exigência de biotina. Na tabela 3 são apresentados valores de exigência de biotina para alguns animais.

WATKINS et al. (1991) ao suplementar biotina para matrizes suínas em reprodução não verificou qualquer efeito na perda de peso da porca após o desmame, lesões no casco, período de serviço, perda de pelo, número de leitões nascidos, e porcentagem de mortalidade aos 21 dias de idade (tabela 4).

Entretanto, KOPINSKI et al., (1989) verificaram maior ganho ponderal diário em animais suplementados com biotina em comparação aos animais sem suplementação (tabela 5).

LOVELL & BUSTON (1984) alimentaram exemplares de "catfish" com dietas purificadas, à base de milho e farelo de soja e utilizando uma fonte de proteína animal, suplementando ou não com biotina e utilizando a avidina como inativador da biotina presente nos alimentos. Estes autores verificaram que houve carência de biotina apenas na dieta purificada sem biotina, concluindo que a biotina presente nos alimentos já atenderia às exigências (tabela 6).

SUPLEMENTAÇÃO

A biotina é uma das mais caras vitaminas usadas em suplementos para animais, devido ao considerável custo de produção da biotina sintética.

A utilização de ingredientes de baixa disponibilidade de biotina (como por exemplo, trigo, sorgo e cevada), a presença de antagonistas na dieta (mofos e rancificação), aliado ao alto potencial genético de alguns animais, como aves e suínos, recomenda-se à suplementação de biotina. Essa necessidade de suplementação pode reduzir quando se utiliza dieta a base de milho e farelo de soja de alta qualidade sob condições sanitárias favoráveis.

AVITAMINOSE

Muito raras e praticamente só aparecem se houver destruição das bactérias intestinais, administração de anti-metabólicos da biotina e alimentação com clara de ovo crua para que aconteça a carência de



biotina. Nestes casos surgem glossite atrófica, dores musculares, falta de apetite, flacidez e dermatite. Ratos que se alimentam por longo tempo somente de ovos crus têm apresentado estas manifestações. As lesões da pele caracterizam-se por dermatite esfoliativa severa e queda de pelos que são reversíveis com a administração de biotina.

O principal sinal clínico da deficiência de biotina é a dermatite severa, porém, ela é importante para o funcionamento normal das glândulas tireóide e adrenal, para o trato reprodutivo e sistema nervoso.

Para ruminantes observa-se paralisia dos membros e reduzida excreção de biotina na urina quando ocorre deficiência dessa vitamina. Em bezerros, pode ocorrer uma interrelação biotina potássio, sendo que o problema é agravado em caso de deficiência simultânea. Porém, é difícil a deficiência em ruminantes, devido à possibilidade de síntese ruminal da vitamina.

Peixes apresentam anorexia, crescimento reduzido e alterações na coloração da pele.

Em aves reportam-se os seguintes sintomas de avitaminose: Dermatites, rachaduras nas patas, queda na eclosão dos ovos e aumento dos cistos de penas (bolas).

Frangos em crescimento apresentam anorexia, retardo no crescimento e problemas de patas. Os sintomas mais comuns são penas eriçadas, dermatite no bico e patas. A suplementação de biotina na dieta de matrizes pesadas reduz os problemas de patas da progênie. A mortalidade embrionária de embriões deficientes em biotina aumenta durante a primeira e a terceira semana de incubação. E em perus é possível a ocorrência de condostrofia.

Para suínos a deficiência resulta em redução do crescimento e da eficiência alimentar, além da

presença de uma série de sinais clínicos como:

- Alopecia (queda de pelo);
- Atraso de desenvolvimento;
- Hipotonia;
- Acidemia láctica;
- Convulsões;
- Erupções de pele/ infecções de pele;
- Ataxia;
- Letargia;
- Hiperamonemia leve;
- Problemas respiratórios;
- Diminuição do consumo;
- Infecções fúngicas;
- Achaduras do casco;
- Hepatomegalia (aumento do fígado);
- Esplenomegalia (aumento do baço).

Outro fator que pode causar avitaminose é a ausência da enzima biotinidase, que cliva a biotina de seus conjugados. Os sintomas iniciais da deficiência da biotinidase geralmente incluem convulsões de vários tipos, especialmente convulsões mioclônicas, e hipotonia. Estes sintomas não são exclusivos da deficiência da biotinidase, mas são uma pista para investigá-la. Outros sintomas que ocorrem precocemente incluem taquipneia (respiração rápida), hiperventilação, estridor (respiração ruidosa), apneia, erupções de pele, dermatite atópica, e ataxia.

O sistema imune aparentemente se altera e infecções virais e bacterianas podem ocorrer nos animais. Metabólitos podem ficar acumulados anormalmente causando danos permanentes a órgãos como cérebro, pele, ouvidos e olhos.

CONCLUSÃO

A biotina é uma vitamina essencial para o funcionamento do organismo animal. A maioria dos animais utiliza a biotina proveniente da flora intestinal, entretanto, para animais de alta produção a ingestão de biotina se torna fator limitante para o desenvolvimento animal, sendo necessário suplementá-la.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BATEMAN, W. G. (1916). **J. bid. Chenz.** 26, 263.

BRYDEN, W. L. Intestinal distribution and absorption of biotin in the chicken. **Br. J. Nutr.**, v. 62, p. 389-398, 1989.

GYORGY, P. 1937 Attempts to isolate the anti-egg injury factor (vitamin H). *J. Biol. Chem.*, vol. 119, p. xliii.

GYORGY, P., D. B. MELVILLE, D. BURK AND V. DU VIGNEAUD 1940 The possible identity of vitamin H with biotin and coenzyme R. *Science*, vol. 91, p. 243.

KOEGEL, F., AND TOENNIS, B. (1936) *Z. Physiol. Chem.* 242, 43-73

KOPINSKI, J.S.; LEIBHOLZ, J.; LOVE, R.J. Biotin studies in pigs. **Br. J. Nutr.**, v. 62, p. 781-789, 1989.

KORPELA, J. Chicken macrophages synthesize and secrete avidin in culture. **Eur. J. Cell Biol**, v. 33, p.105-111, 1984.

LOVELL, R.T.; BUSTON, J.C. Biotin Supplementation of Practical Diets for Channel Catfish. **J. Nutr.**, v. 114, p.1092-1096, 1984.

McDOWEL, L. R. **Vitamin in animal and human nutrition.** 2. ed. Iowa State University Press. 2000. 793p.

WATKINS, K.L.; SOUTHERN, L.L.; MILLER, J.E. Effect of dietary biotin supplementation on sow reproductive performance and soundness And pig growth and mortality. **J. Anim. Sci.**, v. 69, p. 201-206, 1991.

WHITEHEAD, C.C.; ARMSTRONG, J.A.; WADDINGTON, D. The determination of the availability to chicks of biotin in feed ingredients by a bioassay based on the response of blood pyruvate carboxylase (EC 6.4.1.1) activity. **Br. J. Nutr.**, v. 48, p. 81- 88, 1982.

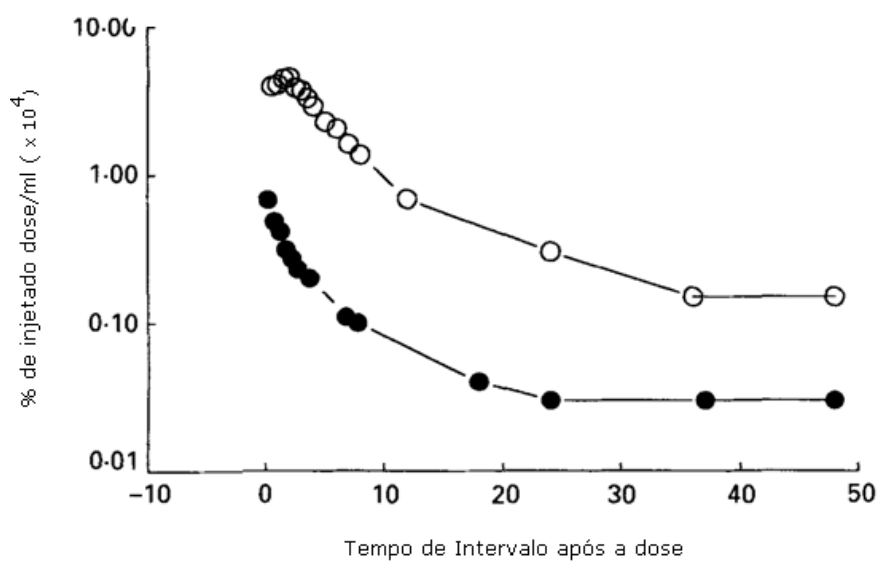


Figura 2 – Radioatividade específica da biotina (^{14}C) no plasma de suínos com administração oral (pontos brancos) e cecal (pontos pretos) de biotina (KOPINSKI et al., 1989).

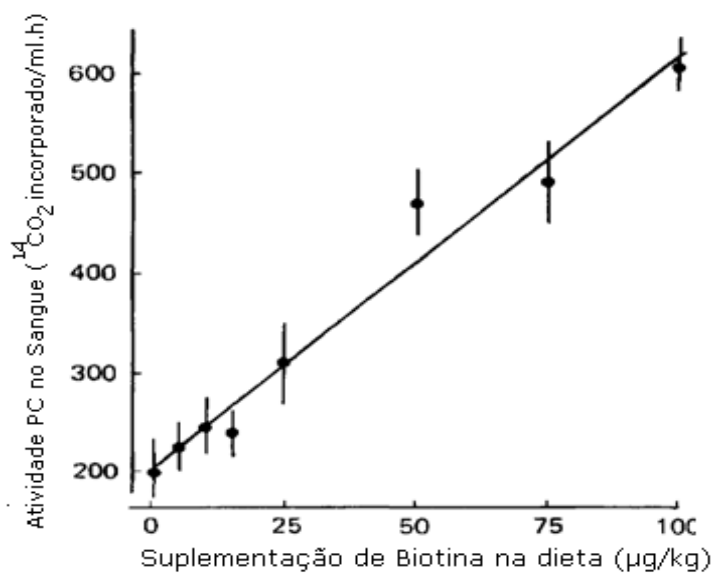


Figura 3 – Resposta da atividade da enzima carboidrato carboxilase (PC) à suplementação dietética de biotina para pintainhos (WHITEHEAD et al., 1982).



Tabela 1 – Distribuição e absorção de biotina no trato gastrointestinal de frangos e tempo de retenção da digesta.

	Duodeno		Jejuno		Alto Íleo		Baixo Íleo		Reto		Ceco	
	Média	SE	Média	SE	Média	SE	Média	SE	Média	SE	Média	SE
Biotina (ng/g MS)	575	58	420	14	352	19	187	32	377	96	2110	
Fluxo de Biotina ($\mu\text{g}/\text{d}$)	14,23	4,5	11,26	0,2	9,33	2,8	7,79	3,2	10,09	4,0	-	72
Absorção de Biotina ($\mu\text{g}/\text{d}$)	5,36	0,78	2,97	0,11	1,93	0,09	1,54	0,09	2,30	0,36	-	
Partição de Biotina na digesta**	1,05	0,07	0,38	0,04	0,18	0,06	0,11	0,03	0,43	0,06	0,66	0,05
Tempo de retenção (min)	8,5	1,1	42,1	3,8	46,0	1,4	45,0	1,4	51,6	5,4	-	

MS, matéria seca

* Consumo diário médio de biotina 19,59 $\mu\text{g}/\text{d}$

**Taxa de biotina na fase sólida/líquida da digesta

Tabela 2 – Conteúdo e disponibilidade de biotina em alguns alimentos

Origem vegetal	$\mu\text{g} / \text{g}$	Disponibilidade biotina
Cevada	0,14	10
Farinha de peixe	0,14	100
Milho	0,08	100
Farinha de carne e ossos	0,08	100
Ovo inteiro	0,25	-
Farelo de soja	0,27	100
Leite desnatado em pó	0,25	65
Fígado	1,00	-
Farelo de amendoim	1,63	53
Aveia	0,25	35
Sorgo	0,29	20
Farelo de trigo	0,36	20

Fonte: MCDOWELL (2000)



Tabela 3 - Exigências de biotina.

Animal	Categoria	Exigência	Fonte
Gado de corte	Adulto	Síntese microbiana	NRC (1996)
Gado de leite	Bezerro	0,1 ppm (sucedâneo)	NRC (1989)
Gado de leite	Adulto	Síntese microbiana	NRC (1989)
Frangos	Legorn: 0 – 12 semanas	0,15 mg/kg	NRC (1994)
	Legorn: 6 – 18 semanas	0,10 mg/kg	NRC (1994)
	Poedeira	0,10 mg/kg	NRC (1994)
	Frangos 0-6 semanas	0,15 mg/kg	NRC (1994)
Ovinos	Adulto	Síntese microbiana	NRC (1985)
Caprinos	Adulto	Síntese microbiana	NRC (1981)
Suínos	Cresc. - terminação	0,05 mg/kg	NRC (1998)
	Gest. -lact.	0,20 mg/kg	NRC (1998)
Humano	Infantil	10-15 µg /dia	RDA (1989)
	Adultos	30-100 µg /dia	RDA (1989)
Peixes	Carpa comum	1,0 mg/kg	NRC (1993)
	Salmão do Pacífico	1-1,5 mg/kg	NRC (1993)
	Truta arco-íris	0,05-0,14 mg/kg	NRC (1993)

Fonte: MCDOWELI (2000)

Tabela 4 - Efeito da suplementação de biotina sobre as características reprodutivas das matrizes^{a,b}.

	Tratamentos		
	Controle	Controle + biotina	SE
Peso da matriz 107-d, Kg	214,70	207,10	7,60
Peso da matriz a desmama, Kg	193,00	186,50	6,80
Score de aprumos	3,91	3,06	1,52
Score de pelos	1,74	1,56	0,12
Score de solidez	2,34	2,43	0,19
intervalo entre partos, d	6,35	5,80	0,74
Nº de leitões nascidos	11,19	11,35	0,57
% de nascidos vivos	77,98	80,49	3,18
Peso do leitão ao nascer, kg	1,47	1,49	0,06
Nº de leitões desmamados 21-d	6,85	7,74	0,49
% de leitões desmamados 21-d	80,53	86,62	3,72
peso dos leitões à desmama, 21-d, Kg	5,05	4,97	0,16

a Dados de 112 leitegadas (basal) e 111 leitegadas (basal + biotin). Não significativo ($P > 0,10$)

b % de leitões nascidos vivos

Fonte: WATKINS et al. (1991).



Tabela 5 - Efeito da suplementação biotina sobre as o crescimento ponderal diário de suínos aos 42 dias de idade.

Tratamentos	GPD (g/d)	CA (g consumo/g ganho)
Controle sem biotina	446	3,65
400 µg de biotina oral / dia	591	2,64
400 µg de biotina infusão cecal / dia	427	3,84
Sem	108-2	0,583

Fonte: KOPINSKI et al., (1989).

Tabela 6 - Atividade da enzima carboidrato carboxilase em fígado de "catfish" alimentados com diferentes dietas¹.

Dieta	Atividade PCO ²
	mmol NADH (min. G protein) ³
Purificada	
Biotina	66 ± 6,1 a
Sem biotina	28 ± 8,1 a
Sem biotina + avidina	31 ± 5,7 a
Milho e farelo de soja	
Biotina	59 ± 5,1 a
Sem biotina	51 ± 9,2 a
Sem biotina + avidina	63 ± 4,9 a
Milho + Farelo de Soja + farinha de peixe	
Biotina	61 ± 7,0 a
Sem biotina	62 ± 6,6 a
Sem biotina + avidina	58 ± 5,5 a

1 Média de três amostras compostas de três peixes por grupo.

2 médias na coluna seguidas de uma mesma letra não diferem significativamente a P < 0,05.

3 Micromoles de NADH convertido por min por grama de proteína.

Fonte: LOVELL & BUSTON (1984).