



NUTRItime

REVISTA ELETRÔNICA
www.nutritime.com.br

ISSN 1519-7670

Revista Eletrônica Nutritime , v. 7, n°01 p.1116- 1138
Janeiro/Fevereiro 2010



Artigo Número 102

**AVALIAÇÃO DE DIGESTIBILIDADE DE
AMINOÁCIDOS COM SUÍNOS**

Eduardo Terra Nogueira ¹, Luciene Lomas Santiago ²

¹Médico Veterinário; *MSc., DSc.*, Pós-Doutor em Zootecnia. Eduardo_nogueira@bil.ajinomoto.com

² Médica Veterinária; *MSc., DSc.* em Zootecnia.



INTRODUÇÃO

O desempenho zootécnico de suínos é resultado da interação de fatores como genética, ambiente, sanidade, nutrição, entre outros. A nutrição adequada utilizando rações balanceadas, associada à práticas corretas de manejo da alimentação, permite que os suínos ingiram quantidades apropriadas de nutrientes essenciais para cada fase de produção e, conseqüentemente, apresentem ganho de peso e conversão alimentar eficientes de acordo com as características genéticas do animal.

A determinação das exigências nutricionais por fase de criação, a avaliação da qualidade nutricional dos alimentos utilizados nas dietas e a utilização de alimentos alternativos, que podem ser usados como substitutos aos ingredientes convencionais, entre outras técnicas aplicadas à nutrição de suínos, têm otimizado a utilização dos alimentos e dos nutrientes ingeridos, permitindo o adequado suprimento de aminoácidos, bem como de outros nutrientes essenciais.

Tradicionalmente, o balanceamento de dietas para suínos tem sido realizado com base na composição química dos alimentos. Todavia, as análises laboratoriais descrevem apenas o valor potencial dos alimentos, nada informando sobre a digestibilidade dos nutrientes, que pode ser significativamente menor. O conhecimento da digestibilidade de cada aminoácido é fundamental para se obter maior precisão na formulação de dietas para suínos, visto que há grande variação na digestibilidade entre os aminoácidos e entre os alimentos.

Inúmeros trabalhos têm sido realizados com o intuito de obter uma metodologia de avaliação nutricional que represente adequadamente a digestão do alimento no sistema digestivo do suíno, seja prática, de rápida execução, apresente baixo

custo e possa ser utilizada como rotina na avaliação de alimentos, não sendo fácil, até então, obter uma proposta unificada de avaliação da digestibilidade de proteína e aminoácidos.

Para o conhecimento da digestibilidade dos alimentos, o meio mais adequado é a determinação dos nutrientes digestíveis diretamente no animal, com os quais se obtêm valores confiáveis e com boa repetibilidade, em detrimento da digestibilidade "in vitro", que, segundo LOW (1982), não pode reproduzir as condições complexas e dinâmicas do intestino "in vivo", onde aminoácidos exógeno e endógeno são misturados, sofrendo os efeitos das interações entre concentração, competição, inibição, microbiota e fatores neurais e humorais, podendo tais métodos serem utilizados apenas para "ranquear" amostras em termos de digestibilidade aparente do nitrogênio.

A digestibilidade de proteína e aminoácidos, determinada pelo método de análise fecal, não reflete as quantidades destes nutrientes disponíveis para a absorção e subseqüente síntese protéica (SAUER et al., 1982), visto que não considera a ação da microflora do intestino grosso sobre as proteínas e os aminoácidos. Conforme LAPLACE (1986), a análise fecal resulta em erros na determinação da digestibilidade, que pode ser superestimada, quando ocorre degradação do nitrogênio e da proteína no intestino grosso, ou subestimada, quando há síntese. Desde que a digestão e a absorção da maioria dos nutrientes são essencialmente completas no intestino delgado, um índice mais acurado de utilização pode ter como base amostras coletadas no íleo terminal (EASTER e TANKSLEY JÚNIOR, 1973).

Embora a digestibilidade fecal tenha sido aceita como proposta metodológica por quase duas décadas, os estudos desenvolvidos a partir dos anos 70 por vários grupos de



pesquisadores, sob as mais diversas condições, mostraram que a digestibilidade ileal dos aminoácidos é melhor estimativa do valor nutricional das proteínas do que a digestibilidade fecal e, conseqüentemente, um método mais útil para se incluir na formulação de dietas para suínos (JUST et al., 1985; BELLAVER, 1994; WILLIAMS, 1995).

A qualidade da proteína é conseqüência do seu conteúdo de aminoácidos essenciais, das exigências específicas de cada espécie e categoria animal e da biodisponibilidade dos aminoácidos essenciais (ROZAN et al., 1997). Mesmo que o perfil aminoacídico da proteína seja importante para se avaliar sua qualidade nutricional, a digestibilidade desta proteína é o primeiro determinante da disponibilidade destes aminoácidos para o metabolismo animal (HSU et al., 1977).

Muitos trabalhos (EASTER e TANKSLEY JÚNIOR, 1973; LAPLACE, 1986) têm mostrado que a digestibilidade determinada por meio de amostras coletadas no íleo terminal, eliminando desta maneira o efeito da microflora do intestino grosso, é a mais apropriada para se determinar a digestibilidade de aminoácidos e, segundo SAUER e OZIMEK (1986), é o método ideal para se determinar a digestibilidade de alimentos com suínos.

Atualmente, o balanceamento de dietas a partir de valores de digestibilidade ileal dos aminoácidos tem permitido ao nutricionista formular dietas mais adequadas às exigências produtivas de cada animal, utilizar alimentos alternativos que podem diminuir os elevados custos com alimentação, sem prejudicar o desempenho produtivo, e reduzir a excreção de resíduos nitrogenados, que são fonte potencial para a produção de gases tóxicos e contaminação para o meio ambiente.

A constante realização de ensaios de digestibilidade ileal com suínos, a partir da década de 70, por

pesquisadores norte-americanos, europeus e asiáticos, tem permitido a obtenção de inúmeras informações sobre a digestibilidade dos aminoácidos dos alimentos, em que os resultados contidos em tabelas de composição de alimentos, têm servido de referência para a formulação de dietas, com base em aminoácidos digestíveis, pelos nutricionistas brasileiros.

Em virtude da escassez de informações sobre a digestibilidade ileal de alimentos, obtida nas condições brasileiras, inúmeros pesquisadores, de diversas instituições de renome nacional, não têm medido esforços para obterem os valores de digestibilidade ileal de aminoácidos e a composição de tabelas nacionais, que servirão para a adequada formulação de dietas com base na digestibilidade de aminoácidos.

DIGESTIBILIDADE DE AMINOÁCIDOS

Compete ao nutricionista de suínos formular dietas, a partir de uma variedade de ingredientes, e atender, a um menor custo, as quantidades corretas e balanceadas dos aminoácidos essenciais requeridos para suportar um específico nível ou tipo de crescimento.

A formulação de dietas, com base em aminoácidos digestíveis, parece ser mais acurada do que a formulação com base em aminoácidos totais, quando a digestibilidade dos aminoácidos dos alimentos diferir grandemente ou quando aminoácido cristalino for adicionado para se diminuir o conteúdo de proteína da dieta e simultânea redução de custo da produção (KNABE, 1991).

WILLIAMS (1995) concluiu que, a partir do aumento da oferta de subprodutos da indústria de alimentos para humanos e da maior disponibilidade destes subprodutos



para a composição das dietas para animais, torna-se importante determinar o valor nutricional destes alimentos para que as novas dietas sejam adequadamente formuladas. O uso de valores de digestibilidade ileal na formulação de dietas aumenta o número de alimentos que podem ser utilizados na formulação, sem prejuízos na qualidade nutricional da dieta. Este autor finaliza ressaltando a importância dos valores de digestibilidade ileal na formulação de dietas, para a redução da poluição nitrogenada, visto que a excreção de nitrogênio está diretamente relacionada com a digestibilidade dos aminoácidos, podendo-se reduzir, desta forma, os custos ambientais, econômicos e sociais da poluição ambiental a partir dos dejetos de suínos.

Estes aspectos têm estimulado a realização de constantes estudos que visam desenvolver novas metodologias de avaliação nutricional e estimativa das exigências dos animais com base na digestibilidade de proteína e de aminoácidos.

O termo digestibilidade refere-se ao desaparecimento de um nutriente pelo trato digestivo, enquanto o termo disponibilidade é definido como uma porção dos nutrientes consumidos que é absorvida no trato digestivo e está disponível para o metabolismo animal, segundo SAUER e OZIMEK (1986). De acordo com LOW (1982), é definido como a proporção de aminoácidos em uma dieta que não está combinada com compostos que possam interferir com a digestão, a absorção e o metabolismo animal.

Existem muitas propostas metodológicas de avaliação de proteína e de aminoácidos nos alimentos e, segundo MEJÍA e FERREIRA (1996), dois fatos marcantes devem ser considerados nestas propostas. O primeiro é que muitas técnicas clássicas descritas na literatura são realizadas com pequenos animais, principalmente com ratos e

aves, com ênfase no desenvolvimento de estratégias úteis para humanos. Destas técnicas, de acordo com Fuller (1988), citado por MEJÍA e FERREIRA (1996), fazem parte a relação de eficiência protéica, o valor biológico da proteína, o índice de balanço de nitrogênio e a utilização líquida da proteína, nas quais se baseiam alguns dos princípios mais importantes para se avaliar a disponibilidade de alguns aminoácidos. O segundo fato a se destacar é que existem vários trabalhos isolados, utilizando inúmeras metodologias de avaliação nutricional, não sendo possível obter uma proposta unificada de avaliação. Segundo BELLAVÉ (1989), há a necessidade de se padronizar as diferentes propostas de avaliação nutricional para que possam haver comparações válidas entre os resultados e o enriquecimento das tabelas de composição de alimentos, devendo-se também utilizar tais padrões para se estimarem as exigências nutricionais dos animais.

A digestibilidade é determinada a partir de ensaios de digestão, nos quais a dieta é fornecida e a excreta correspondente (digesta ileal ou fezes) é coletada (KNABE, 1991) e, segundo SAUER e OZIMEK (1986), a digestibilidade de aminoácidos pode ser definida como a diferença entre a quantidade de aminoácidos na dieta e a presente na digesta ileal ou fecal, dividida pela quantidade de aminoácido na dieta.

A digestibilidade é um método direto e simples de se estimar a qualidade dos alimentos, sendo a forma mais simples denominada digestibilidade fecal, preconizada por KUIKEN e LYMAN (1948), que mede a diferença entre a quantidade ingerida e a excretada nas fezes. Entretanto, tal método tem sido criticado em virtude das mudanças que podem ocorrer no metabolismo dos aminoácidos, na síntese ou na degradação, devido à ação da microflora do intestino grosso (SAUER et al., 1977; TANKSLEY JÚNIOR et al., 1981), e ainda por haver pouca ou



nenhuma absorção de aminoácidos após a passagem pelo intestino delgado (LOW, 1980).

A proteína dietética está sujeita à degradação no trato digestivo pela ação das enzimas digestivas do animal e pela microflora intestinal (FULLER et al., 1994). Os valores de digestibilidade de aminoácidos, determinados a partir da digesta coletada próxima ao segmento posterior do intestino delgado, são geralmente considerados mais acurados para mensurar a absorção de aminoácidos nos suínos do que os valores de digestibilidade determinados a partir das fezes (HAYDON et al., 1984). Tem sido demonstrado que proteínas e aminoácidos que entram no intestino grosso apresentam pouco ou nenhum valor nutricional para o animal. Segundo Masom (1973), citado por FULLER et al. (1994), estes nutrientes são degradados, tendo como produto final NH_3 , que é absorvido e seguido de aumento na excreção de nitrogênio na urina, ou é incorporado na proteína microbiana que representa a maior parte do nitrogênio excretado nas fezes.

JUST et al. (1985) observaram que proteína ou aminoácidos metabolizados no intestino grosso não possuem valor nutricional para os suínos, uma vez que o nitrogênio resultante da fermentação microbiana é incorporado aos próprios microorganismos ou é absorvido na forma de amônia ou aminas e eliminado pela urina. SCHMITZ et al. (1991), utilizando a homoarginina como modelo para se estimar a absorção de aminoácido no intestino grosso, constataram que menos de 10% do aminoácido infundido no ceco dos suínos foi absorvido, contribuindo desta forma com menos de 3% do total de proteína requerida para manutenção, o que corrobora o observado anteriormente por JUST et al. (1985), utilizando a lisina como modelo.

Amostragem ileal tem sido

usada para estimar digestibilidade de aminoácidos desde a década de 70, quando EASTER e TANKSLEY JÚNIOR (1973) desenvolveram a metodologia para implantação de cânula reentrante íleo-cecal.

Segundo KÖHLER et al. (1991b), diferentes técnicas vêm sendo desenvolvidas na última década para se coletar digesta ileal, sendo usados, em geral, quatro diferentes métodos: 1. canulação do íleo anterior à válvula íleo-cecal (cânula T simples, cânula reentrante íleo-cecal); 2. canulação do intestino após a válvula (procedimento ileocólico pós valvular descrito por Darcy et al., 1980); 3. cânula pós-valvular em T (PVTC) de Van Leeuwen et al. (1991); e 4. anastomose íleo-retal (técnica de bypass do cólon descrita por Picard (1984), Darcy-Vrillon e Laplace (1985) e Souffrant et al. (1995).

Da mesma forma que a digestibilidade fecal, a digestibilidade ileal pode ser expressa como verdadeira ou aparente, dependendo se são ou não consideradas as correções feitas pelos aportes endógenos de compostos nitrogenados. A digestibilidade aparente, segundo LOW (1982), é definida como a diferença entre o total de aminoácidos presentes na dieta e na digesta ileal ou nas fezes, dividida pelo total de aminoácidos da dieta e a digestibilidade verdadeira é igualmente definida, exceto pela correção dos valores obtidos pelo total de aminoácidos endógenos, do metabolismo, presentes na digesta ileal ou nas fezes. A digestibilidade aparente de aminoácido corrigida pela perda endógena de aminoácido, determinada por via direta ou pelo método de regressão, é referida como digestibilidade verdadeira (SAUER e OZIMEK, 1986). Para estes autores, parece ser mais apropriado relatar a digestibilidade de aminoácido em termos de digestibilidade aparente, visto que há a necessidade de se realizarem novos estudos para determinar o verdadeiro nível de aminoácidos endógenos e os fatores



que podem afetá-los na digesta ileal, reavaliando os métodos tradicionais até então aplicados.

O nitrogênio e os aminoácidos endógenos provêm principalmente das secreções no trato gastrointestinal da saliva, da bile e das secreções do estômago, pâncreas e intestino delgado e também da descamação das células superficiais do epitélio intestinal. De acordo com SOUFFRANT (1991), o nitrogênio observado no quimo ou nas fezes, quando se fornece uma dieta isenta de proteína (DIP), provém de enzimas, mucinas, amidas, aminas, bactérias e células de descamação da mucosa, durante a passagem do alimento ou do quimo, bem como é resultado do nitrogênio reabsorvido próximo ao local de coleta do quimo/fezes. Segundo este autor, os principais componentes dessas secreções endógenas são as mucoproteínas e enzimas digestivas, que são ricas em prolina, glicina, ácido glutâmico, asparagina, serina, alanina, treonina e valina.

FURUYA e KAJI (1989) observaram que os valores de digestibilidade verdadeira de aminoácidos podem ser determinados a partir dos valores de digestibilidade aparente, se for obtida a estimativa da perda endógena de cada aminoácido. Estes autores concluíram que a perda endógena de aminoácido pode ser estimada a partir da técnica de regressão, com suínos alimentados com dietas contendo quantidades crescentes de caseína, como a única fonte protéica, e a digestibilidade ileal verdadeira de aminoácido é mais acurada do que a digestibilidade aparente, visto que esta se reduz, quando a quantidade de aminoácido diminui na dieta.

De modo geral, métodos convencionais, como o da dieta isenta de proteína e o da regressão, são similares e normalmente subestimam os valores do nitrogênio de origem endógena. Por outro lado, as técnicas "alternativas", como a técnica de diluição de isótopos e da

homoarginina, concordam razoavelmente bem, quando dietas semelhantes são usadas, porém apresentam limitações para uso rotineiro. Assim, LAPLACE (1986) comenta que, do ponto de vista prático e de rotina de laboratório, o método da dieta isenta de proteína parece ser o mais importante para a determinação do nitrogênio de origem endógena.

Muitas metodologias para digestibilidade "in vitro" da proteína e aminoácidos vêm sendo descritas, mas não têm sido amplamente aceitas, pois não apresentam correspondência com os valores determinados "in vivo", requerem procedimentos complexos, demandam muito tempo e, conseqüentemente, são difíceis para a aplicação na rotina do controle de qualidade de alimentos (HSU et al., 1977) ou não são aplicáveis a qualquer tipo de alimento.

Pode-se concluir que as técnicas "in vitro" geralmente oferecem um processo de controle de qualidade rápido e preciso para "ranquear" previamente as amostras de alimentos, sendo posteriormente submetidas a análises acuradas dos valores absolutos de digestibilidade ileal dos aminoácidos (WILLIAMS, 1995).

Os métodos de digestibilidade ileal, quando comparados aos métodos "in vitro", têm custos bem mais altos, com elevada complexidade, exigem muito tempo para sua realização e só permitem a avaliação de uma fonte de proteína de cada vez. Apesar disso, refletem de forma mais exata as relações que existem entre os alimentos e o animal, permitindo analisar todos os alimentos (MEJÍA e FERREIRA, 1996).



DETERMINAÇÃO DA DIGESTIBILIDADE ILEAL DE AMINOÁCIDOS

A digestibilidade de aminoácidos tem sido estudada por meio de amostras coletadas no íleo terminal. Várias técnicas têm sido descritas, incluindo o uso de animais intactos (denominado método do abate ou método do sacrifício) e de animais modificados cirurgicamente (canulados ou anastomosados). Os métodos de canulação podem, por sua vez, ser classificados em três categorias: cânulas T simples, cânulas pós-valvular em T (PVCT) e cânulas reentrantes.

Análise ileal é o método mais comum para a determinação da digestibilidade dos alimentos com suínos, mas requer o uso de animais fistulados (LETERME et al., 1991a). De acordo com MOUGHAN e SMITH (1987), as cânulas T são artifícios eficientes para a coleta de digesta ileal e não há interferência na digestibilidade dos nutrientes. Os problemas relacionados ao uso de cânulas (simples ou reentrante) são conhecidos, principalmente a dificuldade em se obterem amostras representativas de digesta e o entupimento das cânulas (LETERME et al., 1991b).

A anastomose íleo-retal consiste na transecção completa do intestino e posterior fixação da parte terminal do íleo ao cólon imediatamente anterior ao reto, permitindo o trânsito direto de digesta do intestino delgado ao meio exterior, com ou sem remoção do intestino grosso da cavidade abdominal. A anastomose íleo-retal foi proposta como um método alternativo à canulação, com o objetivo de resolver os problemas relacionados com as cânulas (LAPLACE, 1986).

CÂNULA T SIMPLES

Entre os modelos de cânulas, o da cânula T para coleta de digesta ileal utiliza a cânula T inserida no íleo-terminal a aproximadamente 5 a 15 cm anterior à válvula íleo-cecal.

Durante o procedimento cirúrgico, não há necessidade de transecção completa do intestino (SAUER e de LANGE, 1992), o que garante a manutenção de um estado fisiológico do intestino e, por conseguinte, a passagem de digesta normalmente através do local de canulação (FULLER, 1991). A cirurgia é considerada simples e menos invasiva, quando comparada aos demais métodos cirúrgicos para a determinação da digestibilidade ileal de nutrientes, permitindo a realização dos ensaios de digestibilidade após recuperação cirúrgica de 14 dias (EASTER e TANKSLEY JUNIOR, 1973).

Os suínos são submetidos a um período de adaptação de 5 a 10 dias, durante os quais o consumo da dieta a ser testada é estabelecido e estabilizado, após os quais se realizam as coletas. Normalmente, os animais são alimentados duas vezes ao dia e as amostras de digesta são coletadas por um período de 12 ou 24 horas, durante dois ou três dias.

Esta técnica de avaliação nutricional permite que os animais sejam alojados em gaiolas mais confortáveis e, por isso, menos estressantes do que aquelas semelhantes à descrita por PEKAS (1968) e normalmente utilizadas por animais submetidos à anastomose íleo-retal. Outra vantagem é que podem ser realizadas coletas por um longo período de tempo, sendo possível o uso de um mesmo grupo de suínos para maior número de análise, e também a coleta de amostras fecais, se necessário. A cânula T simples permite repetidas observações sobre a taxa de passagem e a composição da digesta, por poder ser inserida em um



ou mais locais do intestino do suíno, permitindo a análise por períodos de várias semanas ou meses (LOW, 1980).

Esta técnica requer o uso de indicador de digestibilidade inerte, pois somente uma fração da digesta que passa pelo íleo terminal é coletada, o que pode ser uma fonte de erros, devido à dificuldade de se obter uma mistura uniforme do indicador na dieta e na digesta e, também, aos problemas analíticos da recuperação quantitativa do cromo nas amostras. Outra preocupação relacionada ao uso desta técnica inclui: diâmetro interno da cânula, fluxo de digesta de dietas de diferentes composições, tamanho das partículas da digesta e quantidade coletada e a duração de período de coleta de digesta para se obter uma amostra representativa (SAUER e de LANGE, 1992). O fluxo e a coleta de dietas ricas em alimentos fibrosos podem apresentar dificuldades, podendo envolver fracionamento dos componentes da dieta (FULLER, 1991).

A determinação da digestibilidade ileal aparente ou verdadeira da matéria seca, da proteína bruta e de aminoácidos de alimentos utilizando a técnica da cânula T requer o uso de indicador de digestibilidade, por exemplo o óxido crômico (Cr_2O_3), e os valores de digestibilidade são obtidos relacionando o fator de indigestibilidade do indicador utilizado às quantidades ingerida e excretada do nutriente a ser avaliado:

1 - Fator de indigestibilidade (FI)

$$FI = \frac{Cr_2O_3(Dieta)}{Cr_2O_3(Digesta)}$$

2 - Coeficiente de digestibilidade da matéria seca (CMSD)

$$MSD(\%) = 100 - (FI_1 \times 100)$$

em que

FI_1 = fator de indigestibilidade da dieta testada

3 - Coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta ($CD_{ap}PB$)

$$CD_{ap}PB = \frac{PB \cdot dieta - (PBE_1 \times FI_1)}{PB \cdot dieta} \times 100$$

em que

E_1 = digesta da dieta testada

4 - Coeficiente de digestibilidade verdadeira da proteína bruta (CD_vPB)

$$CD_vPB = \frac{PB \cdot dieta - (PB \cdot digesta_1 \times FI_1 - PBe \times FI_2)}{PB \cdot dieta} \times 100$$

em que

PBe = proteína bruta endógena excretada na digesta ileal

FI_2 = fator de indigestibilidade da dieta isenta de proteína (DIP)

5 - Coeficiente de digestibilidade aparente de aminoácidos (CD_{apAA}) - (ROSTAGNO e FEATHERSTON, 1977)

$$CD_{apAA}(\%) = \frac{mgAA / g(dieta) - mgAA / g(E_1) \times FI_1}{mgAA / g(dieta)} \times 100$$

6 - Coeficiente de digestibilidade verdadeira de aminoácidos (CD_{vAA}) - (ROSTAGNO e FEATHERSTON, 1977)

$$CD_{vAA}(\%) = \frac{mgAA / g(dieta) - (mgAA / gE_1 \times FI_1 - mgAA / gE_2 \times FI_2)}{mgAA / g(dieta)} \times 100$$

CÂNULA PÓS-VALVULAR EM T (PVTC)

Esta técnica envolve a remoção do ceco, com exceção da região do



esfíncter íleo cecal, a qual é preparada para a implantação da cânula (VAN LEEUWEN et al., 1991). Esta técnica primeiramente sugerida por VAN LEEUWEN (1988) permite coleta quantitativa da digesta ileal, não sendo necessário o uso de indicadores de digestibilidade. A pressão exercida pela digesta força a abertura da válvula ileocecal dentro da cânula, quando esta está aberta, permitindo o fluxo livre e contínuo de digesta através da cânula para o tubo coletor fixado externamente à cânula. Quando a cânula está fechada, a digesta flui diretamente para o cólon, o que permite a coleta total de fezes se necessário.

A técnica cirúrgica é um pouco mais complicada que a técnica para implantação de cânula T simples, porém permite adequada determinação da digestibilidade ileal de dietas contendo altos níveis de fibra e causa segundo VAN LEEUWEN (1988), pouco desconforto ao animal. Entretanto, desconhecem-se os possíveis danos à fisiologia do trato digestivo devido à cecotomia.

KÖHLER et al. (1991b), em uma série de trabalhos comparando várias técnicas de determinação da digestibilidade ileal com suínos, não observaram diferenças nos resultados determinados com animais submetidos à técnica de PVTC, quando comparada ao modelo de cânula T simples e cânulas reentrantes. Os autores concluíram que a técnica de PVTC é uma alternativa apropriada para avaliação da digestibilidade ileal dos aminoácidos com suínos.

CÂNULAS REENTRANTES

Diferentes modelos de cânulas reentrantes têm sido descritos como os modelos íleo-ileal (CUNNINGHAM et al. 1963), íleo-cecal (EASTER e TANKSLEY JÚNIOR, 1973) ou íleo-cólico (pós-valvular), proposto por pesquisadores franceses (DARCY et

al., 1980), sendo os dois últimos modelos desenvolvidos na tentativa de solucionar os problemas iniciais do modelo íleo-ileal, que são a completa secção do intestino delgado e suas conseqüências sobre a fisiologia do órgão e a alta incidência de obstrução das cânulas (FULLER, 1991; SAUER e de LANGE, 1992). Os modelos de cânulas reentrantes permitem a coleta total de digesta, dispensando o uso de indicadores na dieta.

Alimentos com alto teor de fibra ou alta viscosidade provocam alta incidência de obstrução da cânula (NYACHOTI et al., 1997). A infusão de uma solução salina na parte proximal da cânula reentrante tem sido sugerida para solucionar os problemas de obstrução, embora seja mais trabalhosa (VAN LEEUWEN, 1987). Restrição no consumo é outro artifício usado para solucionar este problema, porém este procedimento pode ser outra fonte de erro na determinação da digestibilidade ileal de aminoácidos. A técnica exige a secção completa do intestino delgado (cânula reentrante íleo-ileal), podendo alterar a fisiologia intestinal, além de ser um modelo mais complicado do ponto de vista cirúrgico.

A inserção de cânulas simples ou reentrantes não parece exercer efeitos significativos sobre o processo de digestão dos suínos, bem como o uso de alimentação restrita não parece ser problema para a determinação dos valores de digestibilidade de aminoácidos (SAUER et al., 1982).

ANASTOMOSE ÍLEO-RETAL

Os primeiros a sugerirem a técnica de anastomose íleo-retal foram FULLER e LIVINGSTONE (1982) e, posteriormente, outros pesquisadores sugeriram modificações (GREEN et al., 1987; LOPES et al., 1998), existindo uma variedade de técnicas descritas na literatura.



A principal vantagem da anastomose íleo-retal é que a digesta é facilmente coletada direto do ânus e em quantidade suficiente para as análises. Este método é importante para dietas contendo subprodutos fibrosos (KÖHLER et al., 1991a).

LAPLACE et al. (1994) compararam o efeito de quatro modelos de anastomose íleo-retal com suínos. Os modelos avaliados foram o término-terminal e término-lateral, ambos com ou sem a permanência da válvula íleo-cecal. Estes autores concluíram que o modelo de anastomose término-terminal, sem a permanência da válvula íleo-cecal, foi o mais apropriado para os estudos de digestibilidade de proteína, ao passo que os modelos de anastomose término-lateral não apresentaram resultados satisfatórios, principalmente em função do refluxo de digesta no intestino grosso e da interferência de sua flora microbiana. Do mesmo modo, GREEN et al. (1987), avaliando os modelos de anastomose íleo-retal pré e pós- valvular, concluíram que o modelo pós- valvular não apresentou melhora sobre o modelo pré- valvular (de cirurgia mais simples), quanto aos resultados de digestibilidade.

LOPES et al. (1998) propõe um modelo de anastomose íleo-retal término-terminal, no qual, em vez da colocação da cânula para eliminação de gases do intestino grosso, faz-se uma colostomia através da sutura do cólon à pele. Posteriormente, FONTES et al. (1998), avaliando a digestibilidade ileal aparente de aminoácidos de alguns alimentos com suínos, utilizando o modelo descrito por LOPES et al. (1998), observaram que os valores dos coeficientes de digestibilidade de aminoácidos de uma dieta inicial foram coerentes com os referenciados em tabelas de digestibilidade de aminoácido (RHONE POULENC, 1993).

Darcy-Vrillon e Laplace (1985), citados por FONTES (1998), constataram, em estudos com animais submetidos à anastomose íleo-retal e

com cânula íleo-cólica pós- valvular, coeficientes de digestibilidade de nitrogênio e aminoácidos similares entre as duas técnicas, quando os suínos foram submetidos a uma dieta à base de cevada, milho e farelo de soja, ou com uma dieta à base de farelo de trigo. Entretanto, para uma dieta à base de polpa de beterraba, os coeficientes de digestibilidade de nitrogênio e aminoácidos foram significativamente menores para os animais submetidos à anastomose íleo-retal término-terminal. LAPLACE (1986) comenta que esses resultados podem estar associados à ausência da válvula íleo-cecal e do tempo de permanência do alimento no íleo, visto que a polpa de beterraba normalmente apresenta trânsito intestinal rápido. Porém, como citado em estudos posteriores, LAPLACE et al. (1994) não observaram diferenças nos valores de digestibilidade dos aminoácidos, quando se utilizou o modelo de anastomose íleo-retal com ou sem válvula íleo-cecal, concluindo que o modelo de anastomose íleo-retal sem válvula, por ser mais simples, foi o mais apropriado para esses estudos. Os estudos anteriores de GREEN (1988) concordam com estas observações.

FULLER (1991) comparou a digestão de suínos mantidos com anastomose íleo-retal e com cânulas T simples por um período de dois anos. Estes autores observaram que a destruição funcional do intestino grosso causou modificações na fisiologia digestiva dos animais submetidos à anastomose, visto que afetou grandemente a absorção de água e eletrólitos, sendo necessária a suplementação de sódio e outros minerais. A consistência da digesta ileal, inicialmente, foi semelhante à dos suínos submetidos à canulação, porém, com maior tempo decorrido desde a cirurgia, a consistência das fezes foi alterada, tornando-se mais consistente, indicando maior retenção de água, o que pôde ser reafirmado pela menor frequência das evacuações. Essas alterações



sugeriram modificação progressiva da função intestinal, o que pôde ser confirmado com 26 semanas após a cirurgia, a partir de mudanças histológicas no íleo, com hipertrofia do músculo liso, aumento do número de células globet, alongamento das críptas e atrofia dos enterócitos do ápice das vilosidades. A concentração de ácidos grácos voláteis na digesta também esteve mais elevada, quando comparada à dos suínos canulados. Essas mudanças sugerem que houve adaptação do íleo, que assumiu algumas funções do intestino grosso, sendo evidenciada a alteração da digestão da matéria orgânica, não se alterando, contudo, a digestão do nitrogênio.

KÖHLER et al. (1991b), em uma série de trabalhos comparando metodologias para a determinação da digestibilidade ileal com suínos, não observaram diferenças nos resultados determinados com animais submetidos à técnica de PVTC, quando comparados aos da cânula T simples e cânulas reentrantes. Porém, quando comparados com os animais submetidos à anastomose íleo-retal, apresentaram aumento na digestibilidade da matéria seca, o que pode ser explicado pelo aumento da fermentação bacteriana, indicado pela maior concentração de ácidos grácos voláteis na digesta destes animais. Ressaltam, ainda, que a atividade bacteriana e a síntese de proteína bacteriana podem influenciar a digestibilidade dos aminoácidos.

LETERME et al. (1991b), avaliando a taxa de passagem de digesta com suínos submetidos à anastomose íleo-retal e com suínos adaptados com cânula T simples, observaram aumento da taxa de passagem com os animais submetidos à anastomose.

MÉTODO DO ABATE OU DO MÉTODO DO SACRIFÍCIO

É um método normalmente empregado para se determinar a digestibilidade ileal de aminoácidos de alimentos para leitões, que apresenta vantagens como não interferir com a fisiologia intestinal visto que o animal não sofre nenhuma intervenção para implantação de cânula ou anastomose, permite a coleta de digesta em diferentes segmentos do intestino delgado, requer menor período de preparação de animais e adaptação às dietas experimentais e não apresenta problemas relacionados à textura do alimento, como com os ricos em fibra que podem compactar e obstruir o trânsito da digesta quando ocorre modificação cirúrgica. Em contrapartida, este método tem como desvantagem a dificuldade de se obter quantidade representativa de digesta por cada animal, o que pode requerer um maior número de animais por tratamento experimental para se obter um pool de digesta, e além de poder ocorrer passagem de digesta de um segmento para o outro do intestino durante o abate uma vez que pode ocorrer contração da musculatura intestinal.

FATORES QUE PODEM INTERFERIR NA DIGESTIBILIDADE ILEAL DE AMINOÁCIDOS

Segundo WILLIAMS (1995), entre os fatores que influenciam a digestibilidade ileal dos alimentos estão incluídos o nível de alimentação, os efeitos associativos entre os alimentos, o tamanho da partícula, o tipo de amido e os efeitos do processamento dos alimentos.

As condições de processamento e estocagem podem produzir benefícios ou danos aos nutrientes presentes nos alimentos.



Para SWAISGOOD e CATIGNANI (1991), muitas variáveis afetam química e fisicamente as interações entre os nutrientes nos alimentos, como as variações de temperatura durante o processamento, a concentração e as características dos nutrientes, a atividade da água, o tempo e a temperatura de estocagem e também o pH; conseqüentemente, é extremamente difícil predizer a qualidade nutricional dos alimentos submetidos a todos esses efeitos.

MAYNARD et al. (1984) relataram que os inibidores da tripsina e quimiotripsina prejudicam a digestibilidade da proteína, tendo sido observadas hipertrofia do pâncreas e redução da energia disponível do alimento. O aquecimento excessivo e a estocagem prolongada podem acarretar prejuízos à qualidade da proteína, devido à ligação entre radicais amino livres da cadeia polipeptídica e grupos aldeídicos de açúcares redutores na formação de um amino-açúcar, que prejudica a hidrólise de peptídeos pela tripsina.

Ruckebush e Bueno (1976), citados por HAYDON et al. (1984), reportaram redução da motilidade do estômago e do intestino delgado em suínos alimentados uma ou duas vezes ao dia, quando comparados com suínos alimentados à vontade. A limitação do consumo da dieta e água e a alimentação dos suínos em intervalos de tempo fixos, comumente observados em ensaios de digestibilidade ileal de aminoácidos, podem influenciar o tempo de retenção da digesta no intestino delgado e, conseqüentemente, afetar a digestibilidade. HAYDON et al. (1984) observaram redução nos valores de digestibilidade ileal aparente da matéria seca, do nitrogênio e de aminoácidos (isoleucina, leucina, metionina, fenilalanina, valina e tirosina), quando o nível de alimentação foi reduzido de 4,5 para 3,0% do peso corporal.

LI e SAUER (1994) observaram aumento linear nos

coeficientes de digestibilidade ileal da proteína bruta e dos aminoácidos, com exceção de metionina, cisteína e serina, com suínos, quando os níveis de inclusão de óleo de canola foram aumentados nas dietas. O retardo no enchimento gástrico, quando se aumentam os níveis de gordura dietética, relatado por Hunt e Knox (1968), citados por LI e SAUER (1994), pode resultar em menor taxa de passagem da digesta pelo intestino delgado e, conseqüentemente, maior digestibilidade dos aminoácidos.

Segundo DONKOH et al. (1994), quando a ingestão de matéria seca é semelhante e os níveis de proteína bruta ingeridos são diferentes, quantidade semelhante de material endógeno indigerido no íleo terminal contribuirá desproporcionalmente na determinação da digestibilidade aparente. Por isto, a digestibilidade aparente é influenciada pelo nível de proteína na dieta (FURUYA e KAJI, 1989).

A digestibilidade dos nutrientes decresce consistentemente com o aumento do conteúdo de fibra na dieta. Contudo, de acordo com FERNÁNDEZ e JORGENSEN (1986), a magnitude desta influência negativa depende da fonte de fibra (tipo e origem), do grau de moagem, do tratamento térmico e da peletização, do período de adaptação à dieta, do nível de alimentação, da idade e peso corporal do suíno, entre outros fatores.

MITARU et al. (1984) testaram diferentes fontes de fibra com suínos e observaram menores coeficientes de digestibilidade aparente da proteína bruta e aminoácidos na dieta que continha maior concentração de lignina, atribuindo tal redução à capacidade da lignina em adsorver os aminoácidos, devido à interação hidrofóbica estabelecida.

A digestibilidade dos aminoácidos pode ser afetada pelas propriedades físicas e químicas das proteínas. PARSONS (1985) comentou que proteínas com alto teor de cisteína



e pontes bissulfídicas são particularmente resistentes às enzimas digestivas e a seqüência dos aminoácidos pode ser responsável pela baixa digestibilidade de algumas proteínas, em decorrência da limitada disponibilidade de pontos para clivagem das mesmas por meio das enzimas proteolíticas.

LOW (1980) relatou que a ausência de proteína na dieta isenta de proteína pode afetar o metabolismo normal da proteína do corpo e reduzir a secreção de compostos nitrogenados no lúmen intestinal, o que resultaria em uma avaliação subestimada das perdas dos aminoácidos endógenos totais. Por outro lado, FULLER e CADENHEAD (1991) observaram menor teor de nitrogênio de origem endógena em suínos alimentados com dietas isentas de proteína adicionadas de caseína e aminoácidos industriais, quando comparados a suínos alimentados com uma dieta isenta de proteína (4,3 e 5,8 g/dia, respectivamente).

A secreção e, ou, reabsorção de nitrogênio endógeno é influenciada por diversos fatores, incluindo peso corporal, conteúdo e qualidade da proteína, fibra e gordura dietética, ingestão de matéria seca e presença de fatores antinutricionais (LI e SAUER, 1994; LI et al., 1994; e DONKOH et al., 1994).

SAUER et al. (1977), trabalhando com diferentes níveis de fibra bruta em dietas isentas de proteína, constataram que a ingestão decresceu, à medida que se aumentou o nível de fibra bruta, o que também pôde ser observado com relação à digestibilidade dos aminoácidos.

A excreção de aminoácidos endógenos é influenciada pela proteína da dieta, pelo teor de fibra e pela presença de fatores antinutricionais (SAUER e OZIMEK, 1986). O tanino, segundo estes autores, deve ligar-se à proteína e aos aminoácidos, formando complexos resistentes às enzimas proteolíticas, ou ligar-se diretamente às enzimas, afetando a digestão das fontes endógena e exógena.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A determinação dos coeficientes de digestibilidade de aminoácidos de alimentos utilizados em nutrição de suínos de forma contínua ao longo dos últimos anos, empregando diferentes métodos de avaliação, gerou avanços significativos no balanceamento nutricional de rações.

Rações formuladas em aminoácidos digestíveis, preferencialmente em digestibilidade verdadeira ou estandardizada ileal, permitem desempenho zootécnico adequado por atender às exigências nutricionais sem excesso ou deficiência de aminoácidos, aumentam a eficiência de utilização do nitrogênio ingerido porque diminuem o excesso de proteína ingerida, normalmente são mais baratas e apresentam maior retorno do investimento em alimentação e, são menos poluentes porque menor quantidade de alimento não digerido, principalmente o nitrogênio, é excretado para o meio ambiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BELLAVER, C. **Estimation of amino acid digestibility and its usefulness in swine feed formulation.** Urbana-Champaign: University of Illinois, 1989. 99p. Thesis (Ph.D). University of Illinois, 1989.



BELLAVER, C. Metodologias para determinação do valor das proteínas e utilização de valores disponíveis nas dietas de não ruminantes. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE NÃO RUMINANTES, 31, 1994, Maringá. **Anais...** Maringá: SBZ, 1994, p.31-47.

CUNNINGHAM, H.M., FRIEND, D.W., NICHOLSON, J.W.C. Observations on digestion in the pig using a reentrant intestinal fistula. **Canadian Journal of Animal Science**, v.43, p.215-225, 1963.

DARCY, B., LAPLACE, J.P., VILLIERS, P.A. Obtention des digesta parvenant au gros intestine par fistulation iléo-colique post-valvulaire: Note préliminaire. **Reproduction Nutrition Développement**, v.20, n.4B, p.1197-1202, 1980.

DONKOH, A., MOUGHAN, P.J., SMITH, W.C. True digestibility of amino acids in meat and bone meal for the growing pig-application of a routine rat digestibility assay. **Animal Feed Science and Technology**, v.49, p.73-86, 1994.

EASTER, R.A., TANKSLEY JÚNIOR, T.D. A technique for re-entrant ileocecal cannulation of swine. **Journal of Animal Science**, v.36, p.1099-1103, 1973.

FERNÁNDEZ, J.A., JORGENSEN, J.N. Digestibility and absorption of nutrients as affected by fiber content in the diet of the pig. Quantitative aspects. **Livestock Production Science**, v.15, p.53-71, 1986.

FONTES. D.O., MASCARENHAS, A.G., DONZELE, J.L., GOMES, C.A.G. Digestibilidade de aminoácidos de alimentos energéticos determinados com suínos submetidos à anastomose íleo-retal. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35, 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: SBZ, 1998, v.4, p.177-179.

FULLER, M.F. Methodologies for the measurement of digestion. In: DIGESTIVE PHYSIOLOGY IN PIGS, 5, 1991, Wageningen. **Proceedings...** Wageningen: Pudoc, 1991, p.273-288.

FULLER, M.F., CADENHEAD, A. Estimation of undigested dietary protein by the use of ^{125}I -labelled protein. In: DIGESTIVE PHYSIOLOGY IN PIGS, 5, 1991, Wageningen. **Proceedings...** Wageningen: Pudoc, 1991, p.330-333.

FULLER, M.F., DARCY-VRILLON, LAPLACE, J.P., PICARD, M. CADENHEAD, A., JUNG, J., BROWN, D., FRANKLIN, M.F. The measurement of dietary amino acid digestibility in pigs, rats and chickens: a comparison of methodologies. **Animal Feed Science and Technology**, v.48, p.305-324, 1994.

FULLER, M.F., LIVINGSTONE, R.M. In: **Animal Nutrition and Allied Sciences**, 1982, 39p.



FURUYA, S., KAJI, Y. Estimation of the true ileal digestibility of amino acids and nitrogen from their apparent values for growing pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v.26, p.271-285, 1989.

GREEN, S., BERTRAND, S.L., DURON, J.C., MAILLARD, R.A. Digestibility of amino acids in maize, wheat and barley meal, measured in pigs with ileo-rectal anastomosis and isolation of the large intestine. **Journal of Science Food Agriculture**, v.41, p.29-43, 1987.

HAYDON, K.D., KNABE, D.A., TANKSLEY JÚNIOR., T.D. Effects of level of feed intake on nitrogen, amino acid and energy digestibilities measured at the end of the small intestine and over the total digestive tract of growing pigs. **Journal of Animal Science**, v.59, n.3, p.717-724, 1984.

JUST, A., JORGENSEN, H., FERNÁNDEZ, J.A. Correlations of protein deposited in growing female pigs to ileal and faecal digestible crude protein and amino acids. **Livestock Production Science**, v. 12, p. 145-159, 1985.

KNABE, D.A. Bioavailability of amino acids in feedstuffs for swine. In: MILLER, E.R., ULLREY, D.E., LEWIS, A.J. J. **Swine nutrition**, 4th ed., 1991, p.327-339.

KÖHLER, T., MOSENTHIN, R., DEN HARTOG, L.A., HUISMAN, J., VERSTEGEN, M.W.A. Adaptative effects of ileo-rectal anastomosis on digestion in pigs. In: DIGESTIVE PHYSIOLOGY IN PIGS, 5, 1991, Wageningen. **Proceedings...** Wageningen: Pudoc, 1991a, p.349-355.

KÖHLER, T., VERSTEGEN, M.W.A., HUISMAN, J., VAN LEEUWEN, P., MOSENTHIN, R. Comparison of various techniques for measuring ileal digestibility in pigs In: DIGESTIVE PHYSIOLOGY IN PIGS, 5, 1991, Wageningen. **Proceedings...** Wageningen: Pudoc, 1991b, p.296-303.

KUIKEN, K.A., LYMAN, C.M. Availability of amino acids in some foods. **Journal of Nutrition**, v.36, n.3, p.359-368, 1948.

LAPLACE, J.P. Amino acid availability in pig feeding. In: WORLD CONGRESS OF ANIMAL FEEDING, 19, Madrid, **Anais...** Madrid, 1986, p.109-128.

LAPLACE, J.P., SOUFFRANT, W.B., HENNIG, U., CHABEAUTI, E., FERVRIER, C. Measurement of precaecal dietary protein and plant cell wall digestion in pigs: comparison of four surgical procedures for ileo-rectal anastomosis. **Livestock Production Science**, v.40, p.313-328, 1994.

LETERME, P., PIRARD, L., THÉWIS, A., FRANÇOIS, E. A note on the rate of passage of digesta in pigs ileo-rectostomized or fitted with ileal T-cannula. **British Society of Animal Production**, v.53, p.253-256, 1991a.



LETERME, P., PIRARD, L., THÉWIS, A., FRANÇOIS, E. Comparison of the rate of passage of digesta in pigs modified by ileo-rectal anastomosis or fitted with an ileal t-cannula. In: DIGESTIVE PHYSIOLOGY IN PIGS, 5, 1991, Wageningen. **Proceedings...** Wageningen: Pudoc, 1991b, p.361-366.

LI, S., SAUER, W.C. The effect of dietary fat content on amino acid digestibility in young pigs. **Journal of Animal Science**, v.72, p.1737-1743, 1994.

LI, S., SAUER, W.C., HARDIN, R.T. Effect of dietary fibre level on amino acid digestibility in young pigs. **Canadian Journal of Animal Science**. v.74, n2, p.327-333, 1994.

LOPES, M.A.F., FONTES, D.O., SOUZA, A.V.C., ANTUNES, F., POMPERMAYER, L.G., SILVA, J.C.P. Anastomose íleo-retal em suínos com colostomia (técnica de LAPLACE modificada). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35, 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: SBZ, 1998, v.4, p.327-329.

LOW, A.G. Digestibility and availability of amino acids from feedstuffs for pig: a review. **Livestock Production Science**, v.9, p.511-520, 1982.

LOW, A.G. Nutrient absorption in pigs. **Journal of Science Food and Agriculture**, v. 31, p. 1087-1130, 1980.

MAYNARD, L. D., LOOSLI, J. K., HINTZ, H. F., WARNER, R. G. **Nutrição animal**. 3. Ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 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: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE MONOGÁSTRICOS, 1996, Seropédica. **Anais...** Seropédica: UFRRJ, 1996, p. 1-29.

MITARU, B.N., BLAIR, R., REICHERT, R.D., ROE, W.E. Dark and yellow rapeseeds hulls, soyabean hulls and a purified fiber source: their effects on dry matter, energy, protein and amino acid digestibilities in cannulated pigs. **Journal of Animal Science**, v.59, p.1510-1518, 1984.

MOUGHAN, P.J., SMITH, W.C. A note on the effect of cannulation of the terminal ileum of the growing pig on the apparent ileal digestibility of amino acids in ground barley. **Animal Production**, v.44, p.319-321, 1987.

NYACHOTI, C.M., de LANGE, C.F.M., McBRIDE, B.W., SCHULZE, H. Significance of endogenous gut nitrogen losses in the nutrition of growing pigs : a review. **Canadian Journal of Animal Science**, v.77, p.149-163, 1997.



PARSONS, C.M. Amino acids availability in feedstuffs for poultry and swine. In: **Recent advances in amino acid nutrition**. Ajinomoto Inc. Publication, 1985, p.35-48.

PEKAS, J.C. Versatile swine laboratory apparatus for physiologic and metabolic studies. **Journal of Animal Science**, v.27, p.1303-1306, 1968.

RHÔNE POULENC. Feed ingredients formulation in digestible amino acids. **Rhodimet Nutrition guide**. Rhône Poulenc Animal Nutrition, France, 2.ed., 1993, 55p.

ROSTAGNO, H.S., FEATHERSTON, W.R. Estudos de métodos para determinação de disponibilidade de aminoácidos. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.6, n.1, p.64-75, 1977.

ROZAN, P., LAMGHARI, R., LINDER, M., VILLAUME, C., FANNI, J., PARMENTIER, M., MÉJEAN, L. "In vivo" and "in vitro" digestibility of soybean, lupine, and rapeseed meal proteins after various technological processes. **Journal of Agriculture Food Chemistry**, v.45, p.1762-1769, 1997.

SAUER, W.C., DE LANGE, C.F.M. Novel methods for determining protein and amino acid digestibilities in feedstuffs. In: **Modern methods in protein nutrition and metabolism**, London: Academic Press Inc., 1992 London, 1992, p.87-120.

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.

SAUER, W.C., CICHON, R., MISIR, R. Amino acid availability and protein quality of canola and rapeseed meal for pigs and rats. **Journal of Animal Science**, v.54, p.292-301, 1982.

SAUER, W.C., STOTHERS, S.C., PHILLIPS, G.D. Apparent availabilities of amino acids in corn, wheat and barley for growing pigs. **Canadian Journal of Animal Science**, v.57, p.585-597, 1977.

SCHMITZ, M., AHRENS, F., SCHÖN, J., HAGEMEISTER, H. Amino acid absorption and its significance for protein supply in the pig. In: DIGESTIVE PHYSIOLOGY IN PIGS, 5, 1991, Wageningen. **Proceedings...** Wageningen: Pudoc, 1991, p.85-87.

SOUFFRANT, W.B. Endogenous nitrogen losses during digestion in pigs. In: DIGESTIVE PHYSIOLOGY IN PIGS, 5, 1991, Wageningen. **Proceedings...** Wageningen: Pudoc, 1991, p.147-166.



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.

TANKSLEY JÚNIOR, T.D., KNABE, D.A., PURSER, K., ZEBROWSKA, T., CORLEY, J.R. Apparent digestibility of amino acids and nitrogen in three cottonseed meals and one soybean meal. **Journal of Animal Science**, v.52, p.769-777, 1981.

VAN LEEUWEN, P., VAN KLEEF, D.J., VAN KEMPEN, G.J.M., HUISMAN, J., VERSTEGEN, M.W.A. The post-valve T caecum cannulation technique in pigs applicated to determine the digestibility of amino acids in maize, groundnut and sunflower meal. **Journal Animal Nutrition and Animal Physiology**, p.124-135, 1991.

VAN LEEUWEN. A new technique for collection of ileal chyme in pig. In: DIGESTIVE PHYSIOLOGY IN PIGS, 4, 1988, Jablona. **Proceedings...** Jablona: Polish Academic of Sciences, 1988, p.234-245.

VAN LEEUWEN. P. Methodical aspects for determination of amino acid digestibilities in pigs fitted with ileocecal re-entrant cannulas. **Journal Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 58, p.122-133, 1987.

WILLIAMS, P.R.V. Digestible amino acids for non-ruminant animals: theory and recent challenges. **Animal Feed Science and Technology**, v.53, p.173-187, 1995.