

Nutrição de leitões neonatos: importância da suplementação

Manzke, N.E.^{1@}; Gomes, B.K.¹; Lima, G.J.M.M.² e Xavier, E.G.¹

¹Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas (UFPeL). Pelotas. RS. Brasil.

²Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Concórdia. SC. Brasil.

PALAVRAS CHAVE ADICIONAIS

Suínos.
Recém-nascidos.
Energia.
Mortalidade.

ADDITIONAL KEYWORDS

Swine.
Newborn.
Energy.
Mortality.

INFORMAÇÃO

Cronología del artículo.
Recibido/Received: 18.10.2015
Aceptado/Accepted: 03.06.2016
On-line: 15.10.2016
Correspondencia a los autores/Contact e-mail:
<mailto:nanamanzke@yahoo.com.br>

INTRODUÇÃO

Os pesquisadores na área de melhoramento genético na suinocultura têm optado por selecionar fêmeas mais prolíficas nos últimos 10-15 anos, com leitegadas ultrapassando 12 leitões nascidos vivos/parto e, em alguns casos, maiores que 15 (Guo *et al.*, 2015), porém com maior heterogeneidade no peso ao nascer. No Brasil, segundo a Agriness (2014), houve um aumento

RESUMO

A suinocultura vem apresentando uma grande evolução técnica na última década, devido, especialmente, aos grandes avanços atribuídos à genética. Observa-se maior número de leitões produzidos por matriz, o que aumenta os desafios nutricionais, sanitários e de manejo na fase de maternidade. O incremento no número de leitões nascidos reduz a uniformidade das leitegadas, aumentando a frequência de leitões de baixo peso, o que pode levar a um aumento na competição por colostro. Além disso, todos os recém-nascidos apresentam o desafio natural da termorregulação, uma vez que estes animais dispõem de escassas reservas de glicose e gordura corporal ao nascer, dependendo quase que exclusivamente da ingestão de colostro e leite para sobrevivência. Esses fatores levam à mortalidade crescente de leitões neonatos, o que representa um dos maiores problemas atuais na suinocultura, uma vez que o maior número de mortes ocorre nos três primeiros dias de vida. Desta forma, é importante que se realizem estudos sobre o fornecimento de fontes suplementares de energia para melhorar o desenvolvimento imune e o desempenho de leitões nesse momento da criação. O objetivo dessa revisão é caracterizar diferentes fontes que promovam uma suplementação energética adequada, reduzindo a mortalidade e melhorando o desempenho na fase de aleitamento.

Neonatal piglet nutrition: importance of supplementation

SUMMARY

The swine industry has shown a great technological progress during the last years, especially due to major advances in genetics. A higher number of piglets produced per litter and lower individual weights has been observed, which increased health challenges. The increasing litter size also reduces uniformity at birth by increasing the frequency of small piglets, which can increase the competition between littermates for colostrum and milk. In addition, all piglets have the natural challenge of facing the control of thermoregulation, having low reserves of glucose and fat at birth. This makes piglets rely almost exclusively on colostrum and milk intake for their survival. These factors may lead to an increase in piglet mortality, which mainly occurs in the first three days of life and represents one of the biggest issues facing the pork industry. The supply of energy sources becomes important in order to enhance the immunity development and the performance of young piglets. The purpose of this review is to present the potential use of different energy sources to promote adequate supplementation, reducing mortality and improving the performance of newborn piglets.

de 7,52% no número de leitões nascidos vivos entre os anos de 2007 e 2014, enquanto a taxa de mortalidade foi reduzida em apenas 0,6%. Esses dados refletem o déficit no aproveitamento do avanço genético na suinocultura, pois leitegadas maiores possuem maiores necessidades energéticas e nutricionais, maiores desafios sanitários, além de maiores necessidades de conforto e cuidados na fase de maternidade (Baxter *et al.*, 2013; Rutherford *et al.*, 2013).

A natimortalidade e as perdas pós-parto podem ser atribuídas à imaturidade fisiológica e à falta de armazenamento de energia nos leitões, resultando frequentemente em animais fracos. Em leitegadas numerosas existe o aumento da frequência de leitões de baixo peso (<1kg), que são desfavorecidos na competição pelo colostro. Além de apresentarem o desafio natural da termorregulação, pois ao nascimento os leitões apresentam baixas reservas de glicose (glicogênio) e gordura corporal para manter a temperatura corporal. Estratégias de manejo como a secagem e manutenção do conforto térmico dos leitões são importantes para auxiliar na manutenção da temperatura corporal nas primeiras horas de vida. No entanto, a ingestão de colostro e leite materno ainda são a chave para o adequado suprimento de energia na fase de aleitamento, uma vez que leitões bem alimentados podem dobrar de peso na primeira semana de vida (Xu e Cranwell, 2003). No entanto, na maioria das vezes, as porcas em final de gestação e lactação não recebem uma nutrição adequada, impedindo a produção de colostro e leite em quantidades suficientes (Kime Wu, 2009), o que pode levar a um aumento na mortalidade pré-desmame devido a desnutrição dos neonatos.

A epidemiologia da mortalidade pré-desmame é complexa, porém, dados existentes na literatura mostram claramente que a carência de energia é a principal causa (Lin *et al.*, 2015), a qual leva a hipotermia (Kammersgaard *et al.*, 2011), levando à mortalidade por esmagamento, debilitação, entre outras causas (Caramori Jr. *et al.*, 2010). Além disso, a taxa de mortalidade varia de acordo com o sistema de criação, manejo e o tamanho da granja. Segundo dados de propriedades comerciais acompanhadas pela Agriness (2014), granjas de suínos com mais de 3000 matrizes possuem índices de mortalidade, em média, 32% maiores do que em granjas com até 200 matrizes.

Com o intuito de minimizar as perdas de leitões na maternidade, alternativas para melhorar o aporte energético desses animais vêm sendo estudadas. O uso de dietas líquidas, bem como de estratégias de alimentação com dietas pré-iniciais complexas, enriquecidas com leite e gorduras, tem dado bons resultados, afetando positivamente o crescimento de leitões pequenos, durante a lactação ou após o desmame. O objetivo dessa revisão é caracterizar diferentes fontes que promovam uma suplementação energética adequada, reduzindo a mortalidade e melhorando o desempenho de leitões na fase de aleitamento.

IMPORTÂNCIA DO CONSUMO DE ENERGIA EM LEITÕES RECÉM-NASCIDOS

Um bom aporte energético para leitões recém-nascidos é especialmente importante para a manutenção da temperatura corporal. As reservas de gordura dos neonatos são escassas (ao redor de 20 g/kg) e não contribuem significativamente para o fornecimento de energia, pois a capacidade de gliconeogênese nesse período não é totalmente desenvolvida (Boyd *et al.*, 1982). Dentro da zona de termoneutralidade (32-34°C), as reservas de glicogênio dos leitões que não tiveram acesso ao colostro estarão escassas em 16 horas (Theil *et al.*, 2011). Sob temperaturas mais baixas (18-26°C),

essas reservas podem se esgotar entre 10 a 16 horas, dependendo das condições ambientais e corporais do leitão ao nascimento. As consequências da exaustão dessa fonte de energia são hipoglicemia, hipotermia e morte (Xu e Cranwell, 2003).

Os três primeiros dias de vida constituem a fase mais crítica, devido ao desafio da manutenção do balanço energético, onde a fonte de energia é rapidamente substituída de carboidratos no útero, por lipídeos predominantes no leite. O conteúdo de lipídeos no leite das porcas aumenta de 6% ao nascimento para 10% nas primeiras 24 horas de vida, e constitui 60% da energia contida no leite, indicando que esse alimento é a principal fonte de energia para leitões logo após o nascimento (Lin *et al.*, 2015), portanto deve ser consumido na quantidade adequada.

É conhecido que existe um aumento na competição pelo colostro e leite, com o aumento no tamanho das leitegadas, e, muitas vezes, alguns leitões não conseguem ingerir quantidades suficientes desses alimentos. Assim, outras fontes precursoras de energia podem ser importantes para a homeostase metabólica. Assim, óleos vegetais têm sido estudados com o objetivo de melhorar o aporte energético e o sistema imune de neonatos (Santos *et al.*, 2015; Turner *et al.*, 2015). Os altos níveis de atividade de lactase no intestino delgado nos primeiros dias de vida favorecem o uso de sucedâneos lácteos como opção alternativa de energia (Xu e Cranwell, 2003). Outra possibilidade é o fornecimento de aminoácidos, uma vez que esses nutrientes têm mostrado eficiência na melhora do desempenho e imunidade, já que o leite da porca nem sempre é capaz de suprir as exigências aminoacídicas nesse período (Xu e Cranwell, 2003; Wu *et al.*, 2004).

USO DE FONTES LÍPIDICAS NA SUPLEMENTAÇÃO NUTRICIONAL DE LEITÕES

A eficiente utilização da gordura do leite como fonte de energia nos primeiros dias de vida é crítica para a sobrevivência dos leitões. O colostro contém cerca de 3,5% de lactose e 5,9% de gordura, ambos imediatamente viáveis para metabolização e produção de calor (Xu e Cranwell, 2003). No entanto, 80% do acetil-CoA produzido pela β -oxidação na mitocôndria e/ou peroxissomos é convertido em acetato ao invés de corpos cetônicos (Lin *et al.*, 2010), o que indica uma capacidade limitada de oxidação de gordura para produção de energia ao nascimento (Lin *et al.*, 2015). Apesar disso, existem ácidos graxos específicos com alta capacidade oxidativa, como o ácido oleico (C18:1n9C) e ácidos graxos de cadeia curta (C<14), sendo que o ácido oleico contribui em cerca de 35% no total de ácidos graxos do leite da porca (Rosero *et al.*, 2015). Esses novos estudos contrariam antigas pesquisas que relatavam aumento nos níveis sanguíneos de corpos cetônicos em leitões recebendo triglicerídeos de cadeia média, o que reduziria a atividade dos animais, aumentando a mortalidade (Odle *et al.*, 1991; Lin *et al.*, 1995).

É importante enfatizar que a regulação da oxidação de ácidos graxos de cadeia longa (AGCL) é feita pela enzima carnitina palmitoiltransferase I (CPT I), a qual tem sua atividade estimulada pela enzima L-carnitina (Karlic *et al.*, 2002). A atividade da CPT Inas mitocôn-

drias hepáticas de leitões pode dobrar do nascimento às 24 horas de vida (Xi *et al.*, 2012), assim como a taxa de oxidação de AGCL, que varia juntamente com mudanças na atividade dessa enzima (Lin *et al.*, 2010). O aumento na oxidação pode ser atribuído a redução na sensibilidade da CPT I à enzima malonil-CoA. Esse processo está diretamente relacionado com a ingestão de alimento pelo neonato, sem relação com o aumento na expressão do gene que codifica para a enzima, enfatizando a importância do consumo nas primeiras horas de vida para regulação do metabolismo de ácidos graxos (Xi *et al.*, 2012). Além disso, leitões de baixo peso ao nascer (<1,1 kg) teriam menor capacidade de oxidação, comparados com leitões de peso médio, devido à menor quantidade da enzima L-carnitina (Lösel *et al.*, 2009). A taxa de absorção de ácidos graxos é negativamente relacionada com o tamanho da cadeia de carbono. Sendo assim, ácidos graxos de cadeia média (AGCM), que estão presentes na gordura do leite como triglicerídeos de cadeia média (TCM), são rapidamente digeridos e absorvidos passivamente, sem serem hidrolisados pela lipase, além de não necessitarem da ação da L-carnitina para entrarem na mitocôndria (Odle *et al.*, 1989).

Em leitões recém-nascidos, a suplementação oral com gordura de coco (composto por AGCM), nas primeiras 12 horas, pode possibilitar maiores condições de sobrevivência, com um razoável aporte energético, sem redução no consumo de colostro (Chiang *et al.*, 1989), embora há relatos de ausência de efeitos benéficos (Odle, 1997). Benevenga *et al.* (1989) sugeriram que triglicerídeos de cadeia média podem ser usados como fonte suplementar de energia para leitões de baixo peso ao nascer (<900 g), pois leitões de peso médio ($\leq 1,200$ kg) não aproveitam a suplementação de ácidos graxos da mesma forma. Em estudo semelhante, Odle *et al.* (1989) concluíram que a utilização de AGCM é melhor depois do primeiro dia de vida e, mesmo dentro da mesma classificação de cadeia média, pequenas mudanças no perfil dos ácidos graxos ou sua posição no triglicerídeo, podem ter utilização distinta por leitões recém-nascidos. Esses mesmos autores encontraram menores níveis de excreção de nitrogênio 24 horas após o fornecimento de AGCM, assim como aumento na glicose sanguínea, sugerindo que AGCM podem reduzir a quebra de proteína corporal por auxiliar no fornecimento de energia. Posteriormente, Domingues (2001) observou aumento numérico nos valores de proteína total sérica para leitões suplementados com gordura de coco. O mesmo autor também relatou aumento significativo ($p < 0,05$) nos níveis de albumina sérica nos animais suplementados, o que pode estar relacionado com o aumento dos ácidos graxos livres no sangue, já que a albumina possui função carreadora (Murray *et al.*, 2007).

Em leitões recém-desmamados AGCM têm sido estudados por sua atividade antibacteriana (Skrivanova *et al.*, 2006), apesar da falta de informações consistentes sobre a dose ideal (Hong *et al.*, 2012). Além disso, em leitões desmamados com 21 dias de idade, a adição de triglicerídeos de cadeia mediana dieta pode apresentar resultado semelhante às dietas com antibióticos. Já em leitões desmamados com 28 dias o ganho de peso da

primeira semana é maior do que em animais recebendo antibióticos na ração (Hong *et al.*, 2012). Os AGCM são estudados também por possuírem efeitos protetores na estrutura intestinal, resultando em aumento na altura das vilosidades, redução na profundidade de criptas e aumento na relação vilosidade/cripta, além do menor número de linfócitos intraepiteliais (Dierick *et al.*, 2003). Altura de vilosidades e profundidade de criptas são frequentemente utilizados como indicadores na avaliação do *turnover* da mucosa. A redução no número de linfócitos intraepiteliais poderia refletir na redução na taxa de apoptose, sendo associado com o aumento na altura das vilosidades e redução na profundidade de criptas (Zentek *et al.*, 2011). Estudando o uso de triglicerídeos de cadeia média para leitões recém-desmamado Hong *et al.* (2012) não observaram diferença na produção de linfócitos ou IgG comparado aos animais do grupo controle. Já em humanos e ratos foram observados efeitos imunomoduladores através da estimulação de macrófagos por lipopolissacarídeo (LPS), aumentando a produção de IL-12, porém ainda sem evidências em suínos (Wang *et al.*, 2006).

A presença de gordura no intestino delgado estimula a liberação do hormônio colecistoquinina, o qual estimula a liberação de bile no intestino. A bile possui ação de emulsificação, facilitando a ação da lipase pancreática na quebra das gorduras em partículas menores, produzindo ácidos graxos livres, mono e diacilglicerídeos (DAG), que são absorvidos na mucosa intestinal (Gu e Li, 2003). Assim, a inclusão de 1,3 DAG na dieta leva a formação do 1-monoacilglicerol e ácido graxo livre, que tendem a ser oxidados prontamente ou conduzidos diretamente ao fígado pelo sistema porta hepático, sofrendo β -oxidação, levando a um aumento na oferta e utilização de energia pelos animais (Morita e Soni, 2009), podendo também ser usado como fonte de energia para leitões recém-nascidos.

O óleo de arroz, que apresenta AGCL em sua composição, tem recebido atenção na nutrição humana, especialmente pelos povos orientais, por apresentar uma quantidade expressiva de compostos com propriedades antioxidantes como o orizanol, tocoferóis e tocotrienóis (Danielski *et al.*, 2005), tendo evidenciado reduzir a concentração sérica de colesterol (Wilson *et al.*, 2007). Em leitões recém-desmamados a mistura entre óleo de soja e óleo de arroz pode resultar em diferentes proporções de ácidos graxos que chegam aos enterócitos, modificando a morfologia do duodeno (Sbardella *et al.*, 2012). Com relação à imunidade, em humanos, o óleo de arroz tem propriedades que agem aumentando a proliferação de linfócitos T e B, elevando a produção de citocinas como IL-2 e TNF- α (Sierra *et al.*, 2005; Yang *et al.*, 2014). No entanto, pouco se sabe sobre o valor nutricional do óleo de arroz na suplementação de leitões recém-nascidos.

Ácidos graxos poli-insaturados de cadeia longa (CL-PUFA) contribuem para o crescimento e desenvolvimento perinatal. Por isso, nos últimos anos existe um maior interesse pelo uso desse tipo de óleo na alimentação de recém-nascidos (Jacobi e Odle, 2012). Particularmente, o foco desse interesse tem sido a relação PUFA n-3 e n-6 e, como essa relação dietética pode afetar o desenvolvimento do cérebro e retina dos

recém-nascidos, além do desenvolvimento do sistema imune (Fleith e Clandinin, 2005). Modificações no consumo de PUFA afetam as estruturas de membranas, através da incorporação desses ácidos graxos nas membranas fosfolipídicas em diversos tecidos, como cérebro, retina e intestino (Clandinin, 1999; Hess *et al.*, 2008). Diferentes concentrações de PUFA n-3 e n-6 no leite da porca foram verificadas em estudos nos quais as porcas foram suplementadas com PUFA n-3 no início ou final da gestação e continuaram sendo suplementadas até, pelo menos, 14 dias após o parto (Boudry *et al.*, 2009; Binter *et al.*, 2011). Além das mudanças na composição do leite, Boudry *et al.* (2009) também demonstraram maiores níveis de PUFA n-3 nas hemácias e ácidos graxos componentes da membrana do íleo nas porcas e nos leitões nascidos dessas porcas, sete dias após o nascimento. No entanto, PUFA reduziu a relação vilosidade: cripta quando comparado aos leitões provenientes de porcas que receberam gordura suína na alimentação.

A suplementação com PUFA n-3 e n-6 foi eficaz para recuperar lesões intestinais em leitões malnutridos, promovendo maior crescimento dos enterócitos, normalizando a composição estrutural de ácidos graxos do jejuno e reduzindo alterações histológicas causadas pela desnutrição (López-Pedrosa *et al.*, 1999). PUFA n-6 também foi testado em leitões lactantes e, quando incluído em 2,5% (porcentagem no total de ácidos graxos da dieta) até os 8 dias de vida, não foram observadas respostas negativas na bioquímica sanguínea e morfologia intestinal, concluindo que esse tipo de óleo pode ser considerado seguro na alimentação de leitões neonatos (Hess *et al.*, 2008). Em estudo mais recente Jacobi *et al.* (2012) demonstraram que a inclusão de 5% (porcentagem no total de ácidos graxos da dieta) de PUFA n-6 poderia reduzir lesões histológicas e inibir o fluxo mucosa - serosa após isquemia ileal em leitões nos primeiros 10 dias de vida.

O óleo de canola (composto por AGCL) não é permitido no uso de fórmulas de alimentos infantis em humanos devido à preocupação com a possibilidade de acúmulo de triglicerídeos no coração como resultado das baixas concentrações de ácido erúico (22:1 ω -9) no óleo (Green e Innis, 2000). Em estudo com leitões recém-nascidos Innise Dyer (1999) testaram os efeitos de óleo de canola e óleo de soja e não observaram diferenças significativas nas variáveis de desempenho. Domingues (2005) também não encontrou diferenças significativas nos níveis de proteína total ou albumina sérica de leitões neonatos, suplementados com óleo de canola. Além disso, o mesmo autor, em estudo testando sucedâneos de leite à base de óleo de canola ou óleo de soja, ambos enriquecidos com a mesma quantidade de α -tocoferol, verificou que os leitões que receberam óleo de canola apresentaram sinais de deficiência de vitamina E, que variou de aguda, com alta mortalidade, à leve, com apenas microscópicas provas de dissociação de hepatócitos. Já os leitões alimentados com sucedâneo à base de óleo de soja não mostraram sinais de deficiência de vitamina E, além de apresentarem níveis significativamente maiores dessa vitamina nos tecidos, quando comparados aos leitões que receberam óleo de canola (Sauer *et al.*, 1997).

USO DE GLICEROL NA SUPLEMENTAÇÃO NUTRICIONAL DE LEITÕES

O glicerol puro constitui-se em um produto rico em energia (3682 kcal de energia metabolizável por kg para leitões recém desmamados), que pode ser facilmente digerido e metabolizado (Kerr *et al.*, 2009). Além disso, foram demonstrados em diversos estudos, citados por Cerrate *et al.* (2006), efeitos positivos do glicerol sobre a retenção de aminoácidos ou nitrogênio. Isso acontece porque o glicerol é capaz de poupar aminoácidos gliconeogênicos através da inibição da atividade das enzimas fosfoenolpiruvato, carboxiquinase e glutamato desidrogenase, favorecendo a deposição de proteína corporal. Várias pesquisas foram realizadas acerca do uso do glicerol como fonte de energia para suínos, desde a fase de creche até crescimento e terminação, demonstrando o grande potencial desse produto como ingrediente energético (Lammers *et al.*, 2008; Zijlstra *et al.*, 2009; Kerr, 2011).

O destino metabólico do glicerol pode ser dirigido, dependendo do tecido e do estado nutricional do animal, para o fornecimento de esqueleto carbônico para a gliconeogênese, para a transferência de equivalentes redutores do citosol, para a mitocôndria ou como precursor da síntese de triglicerídeos. A maior parte do metabolismo do glicerol ocorre no fígado e rins, onde pode fornecer o esqueleto carbônico para a síntese de glicose através da gliconeogênese, mas esta síntese é limitada ao estado metabólico do animal e níveis de consumo de glicerol (Baba *et al.*, 1995). Uma vez absorvido, o glicerol pode ser convertido em glicose via gliconeogênese ou oxidado para produção de energia através da glicólise e ciclo de Krebs, que pode representar 60% do destino metabólico em condições basais (Robergs e Griffin, 1998).

As taxas de absorção intestinal do glicerol são altas, provavelmente devido ao seu baixo peso molecular, que possibilita a absorção passiva, sem formação de micela, como observado para absorção de ácidos graxos de cadeia longa (Guyton e Hall, 2006). Oliveira *et al.* (2014) observaram que o aumento nos níveis de glicerol (0, 8 e 18%) para leitões recém-desmamados é diretamente proporcional ao aumento nas concentrações de glicerol na urina, sugerindo que as vias de metabolização se tornam saturadas quando altos níveis dessa molécula são utilizados. Shields *et al.* (2011), também observaram aumento linear do glicerol no plasma, com o aumento nas concentrações da dieta.

Com relação a glicose (Oliveira *et al.*, 2014), albumina, alanina aminotransferase, aspartato aminotransferase (Shields *et al.*, 2011) não houve efeito ($p > 0,05$) da inclusão do glicerol na dieta. Shields *et al.* (2011) relataram que a suplementação de 5% de glicerol reduziu a ureia sanguínea, sugerindo uma melhor utilização do nitrogênio comparando com as dietas contendo 0 ou 10% de glicerol. Nesse mesmo estudo, a creatinina foi linearmente reduzida quando os animais receberam mais glicerol, no entanto as concentrações séricas continuaram dentro das concentrações normais para a espécie, não indicando problemas com o fornecimento de glicerol em até 10% na dieta de leitões recém-desmamados.

Segundo estudo realizado por Oliveira *et al.* (2014), o número de linfócitos no intestino, assim como as variáveis de morfologia intestinal não tiveram resposta ao aumento do glicerol na dieta. No entanto, houve um aumento na expressão de mRNA no jejuno para IL-12 e IFN- γ no íleo para TGF- β e IFN- α quando se aumentou a dose de glicerol na dieta. Porém o mesmo resultado não foi observado para TNF- α e IL-10. Esses resultados podem estar relacionados com o aumento na secreção de IgA no jejuno e redução das células caliciformes (*Goblet*) no íleo, porém mais estudos são necessários para o melhor entendimento desse processo.

USO DE AMINOÁCIDOS NA SUPLEMENTAÇÃO NUTRICIONAL DE LEITÕES

Através de estudos com leitões criados artificialmente, foi demonstrado que neonatos possuem um potencial de crescimento pelo menos 70% maior do que o encontrado a campo, devido a inadequada quantidade de nutrientes no leite da porca (Boyd *et al.*, 1995). Isso pode ser atribuído a redução no consumo voluntário das fêmeas em lactação (Kim *et al.*, 2004), o que pode resultar em alta mobilização de tecido materno (Kim e Easter, 2003). Os fundamentos desse mecanismo não são totalmente entendidos, porém devem envolver a redução na viabilidade de energia (Wu *et al.*, 2004) e/ou aminoácidos funcionais, entre eles glutamina, glutamato e arginina (Kim *et al.*, 2007). Esses aminoácidos possuem importante papel na defesa do organismo, pois servem como fonte de energia, através da gliconeogênese, podendo ser utilizados preferencialmente para o sistema imune (Remillard *et al.*, 2000). Sabendo-se que o crescimento pré-desmame é o maior determinante da sobrevivência na maternidade e do crescimento pós-desmame, fatores que auxiliem na melhora do desempenho de leitões lactantes podem ser uma ferramenta poderosa na busca do melhor aproveitamento genético.

Recentes estudos têm indicado que o período de lactação é acompanhado por um moderado estado catabólico, no qual proteínas do músculo esquelético são degradadas para fornecer aminoácidos que são usados para síntese de glutamina adicional (Manso *et al.*, 2012). No trato gastrointestinal de neonatos ocorre a oxidação de glutamina (Gln) e glutamato (Glu) como principais combustíveis energéticos para os enterócitos. A Gln atua como fonte de energia primária para células epiteliais do intestino e leucócitos, atuando diretamente na ativação dos linfócitos B para síntese de anticorpos e aumentando a atividade patogênica e bactericida nos neutrófilos. Além disso, segundo Shetty (2010), a Gln aumenta a secreção de citocinas, receptores de interleucinas e INF- γ . A Gln é uma chave para os processos de síntese proteica, resposta imune e regulação no estado de *redox* celular (Li *et al.*, 2007), podendo reduzir a degradação de proteína no músculo esquelético, estimulando a síntese de glicogênio no fígado (Haussinger *et al.*, 1994). Os grupamentos amida da Gln também são necessários para a síntese de purinas e pirimidinas que compõem o DNA e RNA. Em situações de estresse, como subnutrição ou desafio sanitário, existe elevada degradação proteica, e a Gln pode ter um papel importante na regulação do metabolismo. Newsholme (2001) observou aumento na

utilização de Gln quando macrófagos foram expostos a lipopolissacarídeos (LPS) em experimento *in vitro*. No entanto, não foi possível observar efeitos benéficos da suplementação desse aminoácido ou da alanina-Gln durante a recuperação de leitões com gastroenterite viral por rotavírus (Mareskes, 1997).

O Glu é sintetizado a partir da Gln e é precursor da glutatona, prolina e arginina (Arg), além de ser um neurotransmissor. Esse aminoácido parece ser essencial para o crescimento e desenvolvimento de recém-nascidos, pois é totalmente oxidado na mucosa intestinal. Além disso, quando ingerido em excesso, pode ser metabolizado pelo intestino para a geração de ATP ou para conversão em outros aminoácidos (Burrin e Stoll, 2009). O intestino de leitões recém-nascidos apresenta altas taxas de crescimento epitelial e renovação celular, porém as funções gastrointestinais pouco desenvolvidas limitam a capacidade de fornecer a nutrição enteral necessária (Berseth, 1996). Sabendo disso, Janeczko *et al.* (2007), estudando leitões com 21 dias de idade, demonstraram que, com a suplementação de altas doses de Glu na dieta, a maior parte desse aminoácido é utilizado pelas células intestinais, principalmente como combustível pela mucosa, sendo metabolizado em outros aminoácidos não-essenciais. Os mesmos autores não encontraram lesões cerebrais nos leitões que receberam altas doses de Glu.

A arginina (Arg), considerada aminoácido essencial para recém-nascidos, é sintetizada nos enterócitos e exigida para síntese de proteína e máximo crescimento, além disso danos na mucosa intestinal levam ao aumento das exigências da Arg para recuperação tecidual (Wu *et al.*, 2009). A suplementação de Arg em leitões neonatos é conhecida pelo benefício à integridade e funções intestinais, pois é um substrato essencial para síntese de óxido nítrico (ON), um potente vasodilatador (Wu *et al.*, 1998). No entanto, o conteúdo de Arg no leite da porca é relativamente baixo, o que não impede o leitão de crescer, apenas impede que ele atinja o máximo desempenho permitido pela genética (Wu *et al.*, 2004).

Enterócitos do intestino delgado são células quase exclusivas para síntese de citrulina e Arg a partir da Gln/Glu e prolina em leitões. No entanto, a síntese intestinal de citrulina e Arg reduz à 60-75% aos 7 dias de idade, comparados com recém-nascidos, e reduz ainda mais dos 14 aos 21 dias (Wu *et al.*, 1997). Sendo assim, Kim *et al.* (2004), suplementando 0,04% Arg para leitões de 7 a 21 dias, concluíram que leitões suplementados possuem maiores concentrações sanguíneas desse aminoácido e menores concentrações de amônia, além de aumentar o ganho de peso quando comparado aos leitões do grupo controle. A suplementação de Arg nessa fase pode ser uma ferramenta importante para melhorar o desempenho de leitões na maternidade.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A rápida evolução da genética na indústria suína precisa ser acompanhada por inovações tecnológicas na área da nutrição. Os resultados encontrados na literatura sobre suplementação de leitões recém-nascidos são variados, o que deve estar relacionado as diferentes

fontes utilizadas, como carboidratos, lipídeos e/ou aminoácidos. Mesmo assim, a suplementação energética logo após o nascimento é viável, especialmente para leitões leves, contribuindo para o melhor aproveitamento do potencial genético dos animais. Sugere-se que mais estudos sejam feitos com relação a melhor combinação dos ingredientes citados e a melhor forma de fornecimento.

REFERÊNCIAS

- AGRINESS. 2014. Melhores da Suinocultura. 7.ed. Florianópolis: www.melhoresdasuinocultura.com.br/melhores/edicoes?edicao=7. (23/07/2015).
- Baba, H.; Zhang, X.J. and Wolfe, R.R. 1995. Glycerol gluconeogenesis in fasting humans. *Nutrition*, 11: 149-153.
- Baxter, E. M.; Rutherford, K. M. D.; D'Eath, R. B.; Arnott, G.; Turner, S. P.; Sandøe, P.; Moustsen, V. A.; Thorup, F.; Edwards, S. A. and Lawrence, A. B. 2013. The welfare implications of large litter size in the domestic pig II: management factors. *Anim Welfare*, 22: 219-238.
- Benevenga, N.J.; Steinman-Goldsworthy, J.K.; Crenshaw, T.D.; Odle, J. 1989. Utilization of medium-chain triglycerides by neonatal piglets: I. Effects on milk consumption and body fuel utilization. *J Anim Sci*, 67: 3331-3339.
- Berseth, C.L. 1996. Gastrointestinal motility in the neonate. *Clin Perinatol*, 23: 179-190.
- Binter, C.; Khol-Parisini, A.; Gerner, W.; Schafer, K.; Hulan, H.W.; Saal-muller, A. and Zentek, J. 2011. Effect of maternally supplied n-3 and n-6 oils on the fatty acid composition and mononuclear immune cell distribution of lymphatic tissue from the gastrointestinal tract of suckling piglets. *Arch Anim Nutr*, 65:341-353.
- Boudry, G.; Douard, V.; Mouro, J.; Lalles, J.P. and Huerou-Luron I. 2009. Linseed oil in the maternal diet during gestation and lactation modifies fatty acid composition, mucosal architecture, and mast cell regulation of the ileal barrier in piglets. *J Nutr*, 139: 1110-1117.
- Boyd, R.D.; Britton, R.A.; Knoche, H.; Moser, B.D.; Peo, E.R. and Johnson, R.K. 1982. Oxidation rates of major fatty acids in fasting neonatal pigs. *J Anim Sci*, 55: 95-100.
- Boyd, R.D.; Kensing, R.S.; Harrell, R.J. and Bauman, D.E. 1995. Nutrient uptake and endocrine regulation of milk synthesis by mammary tissue of lactating sows. *J Anim Sci*, 73: 36-56.
- Braude, R. and Newport, M.J. 1973. Artificial rearing of pigs. 4. The replacement of butterfat in whole milk diet by either beef tallow, coconut oil or soybean oil. *Br J Nutr*, 29: 447-455.
- Burrin, D.G. and Stoll, B. 2009. Metabolic fate and function of dietary glutamate in the gut. *Am J Clin Nutr*, 90: 850S-856S.
- Caramori Jr., J.G.; Araújo, G.M.; Vieites, F.M.; Abreu, J.G.; Cochove, V.C. e Silva, G.S. 2010. Causas de mortalidade em leitões em granja comercial do médio-norte de Mato Grosso. *Rev Bras Cien V*, 17: 12-15.
- Cerrate, S.; Yan, F.; Wang, Z.; Coto, C.; Sacakli, P.; Waldroup, P.W. 2006. Evaluation of glycerine from biodiesel production as a feed ingredient for broilers. *Int J Poult Sci*, 5: 1001-1007.
- Chiang, S-H.; Pettigrew, J.; Clarke, S. and Cornelius, S.G. 1989. Digestion and absorption of fish oil by neonatal piglets. *J Nutr*, 119: 1741-1743.
- Clandinin, M.T. 1999. Brain development and assessing the supply of polyunsaturated fatty acid. *Lipids*, 34: 131-137.
- Danielski, L.; Zetzl, C.; Hense, H. and Brunner, G. 2005. A process line for the production of raffinated rice oil from rice bran. *J Supercrit Fluid*, 34: 133-141.
- Dierick, N.A.; Decuyper, J.A. and Degeyter, I. 2003. The combined use of whole *Cuphea* seeds containing medium chain fatty acids and an exogenous lipase in piglet nutrition. *Arch Tierernahr*, 57:49-63.
- Domingues Jr, F.J. 2001. Efeitos do óleo de coco na indução do mecanismo de gliconeogênese, em leitões neonatos. 36 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
- Domingues Jr, F.J. 2005. Suplementação oral de óleo de canola e L-carnitina sobre parâmetros bioquímico-clínicos e ganho de peso de leitões. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Universidade Estadual Paulista. Jaboticabal. 82 f.
- Fleith, M. and Clandinin, M.T. 2005. Dietary PUFA for preterm and term infants:review of clinical studies. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 45: 205- 229.
- Green, T.J and Innis, S.M. 2000. Low erucic acid canola oil does not induce heart triglyceride accumulation in neonatal pigs fed formula. *Lipids*, 35: 607-612.
- Gu, X. and Li, D. 2003. Fat nutrition and metabolismo in piglets: a review. *Anim Feed Sci Tech*, 109: 151- 170.
- Guo, X.; Christensen, O. F.; Ostensen, T.; Wang, Y.; Lund, M. S. and Su, G. 2015. Improving genetic evaluation of litter size and piglet mortality for both genotyped and nongenotyped individuals using a single-step method. *J Anim Sci*, 93: 503-512.
- Guyton, A.C. and Hall, J. E.2006. Textbook of Medical Physiology. 11th ed. Philadelphia:Saunders. 1100 pp.
- Haussinger, D.; Lang, F. and Gerok, W. 1994. Regulation of cell function by cellular hydration state. *Am J Physiol*, 267: E343-E355.
- Hess, H.A.; Corl, B.A.; Lin, X.; Jacobi, S.K.; Harrell, R.J.; Blikslager, A.T. and Odle, J. 2008. Enrichment of intestinal mucosal phospholipids with arachidonic and eicosapentaenoic acids fed to suckling piglets is dose and time dependent. *J Nutr*, 138: 2164-2171.
- Hong, S.M.; Hwang, J.H. and Kim, I.H. 2012. Effect of medium-chain triglyceride (MCT) on growth performance, nutrient digestibility, blood characteristics in weaning pigs. *Asian Australas J Anim Sci*, 25(7): 1003-1008.
- Innis, S.M. and Dyer, R.A. 1999. Dietary canola oil alters hematological indices and blood lipids in neonatal piglets fed formula. *J Nutr*, 129: 1261-1268.
- Jacobi, S. K. and Odle, J. 2012. Nutritional factors influencing intestinal health of the neonate. *Adv Nutr*, 3: 687-696.
- Jacobi, S.K.; Moeser, A.J.; Corl, B.A.; Harrell, R.J.; Blikslager, A.T. and Odle, J. 2012. Dietary long-chain PUFA enhance acute repair of ischemic-injured intestine of suckling pigs. *J Nutr*, 142: 1266-1271.
- Janeczko, M.J.; Stoll, B.; Chang, X.; Guan, X. and Burrin, D.G. 2007. Extensive gut metabolism limits the intestinal absorption of excessive supplemental dietary glutamate loads in infant pigs. *J Nutr*, 137: 2384-2390.
- Kammersgaard, T.S.; Pedersen, L.J. and Jørgensen, E. 2011. Hypothermia in neonatal piglets: Interactions and causes of individual differences. *J Anim Sci*, 89: 2073-2085.
- Karlic, H.; Lohninger, S.; Koeck, T. and Lohninger, A. 2002. Dietary L-carnitine stimulates carnitine acyltransferases in the liver of aged rats. *J Histochem Cytochem*, 50: 205-212.
- Kerr, B.J. 2011. Utilization of crude glycerin in nonruminants. *Rev Bras Zootecn*, 40: 344-351.
- Kerr, B. J.; Weber, T. E.; Dozier, W. A. and Kidd, M. T. 2009. Digestible and metabolizable energy content of crude glycerin originating from different sources in nursery pigs. *J Anim Sci*, 87: 4042-4049.
- Kim, S.W. and Easter, R.A. 2003. Amino acid utilization for reproduction in sows. In: Amino acids in animal nutrition. J. P. F. D'Mello, ed. CABI Publishing. Wallingford, UK. 203-222 pp.
- Kim, S. W. and Wu, G. 2009. Regulatory role for amino acids in mammary gland growth and milk synthesis. *Amino Acids*, 37: 89-95.
- Kim, S.W.; Mateo, R.D.; Yin, Y-L. and Wu, G. 2007. Functional amino acids and fatty acids for enhancing production performance of sows and piglets. *Asian-Aust. J Anim Sci*, 20: 295-306.
- Kim, S.W.; McPherson, R.L. and Wu, G. 2004. Dietary arginine supplementation enhances the growth of milk-fed young piglets. *J Nutr*, 134: 625-630.
- Lammers, P.J.; Kerr, B.J.; Weber, T.E.; Bregendahl, K.; Lonergan, S.M.; Prusa, K.J.; Ahn, D.U.; Stoffregen, W.C.; Dozier, W.A. and Honeyman, M.S. 2008. Growth performance, carcass characteristics, meat quality, and tissue histology of growing pigs fed crude glycerin-supplemented diets. *J Anim Sci*, 86: 2962-2970.

- Li, P.; Yin, Y.L.; Li, D.; Kim, S.W. and Wu, G.Y. 2007. Amino acids and immune function. *Br J Nutr*, 98: 237-252.
- Lin, C.L.; Chiang, S.H. and Lee, H.F. 1995. Causes of reduced survival of neonatal pigs by medium-chain triglycerides: blood metabolite and behavioral activity approaches. *J Anim Sci*, 73:2019-2025.
- Lin, X.; Jacobi, S. and Odle, J. 2015. Transplacental induction of fatty acid oxidation in term fetal pigs by the peroxisome proliferator-activated receptor alpha agonist clofibrate. *J Anim Sci Biotechnol*, 6: 11.
- Lin, X.; Shim, K.; Odle, J. 2010. Carnitine palmitoyltransferase I control of acetogenesis, the major pathway of fatty acid β -oxidation in liver of neonatal swine. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, 298: R1435-R1443.
- López-Pedrosa, J. M.; Ramírez, M.; Torres, M. I. and Gil, A. 1999. Dietary phospholipids rich in long-chain polyunsaturated fatty acids improve the repair of small intestine in previously malnourished piglets. *J Nutr*, 129: 1149-1155.
- Lösel, D.; Kalbe, C. and Rehfeldt, C. 2009. L- Carnitine supplementation during suckling intensifies the early postnatal skeletal myofiber formation in piglets of low birth weight. *J Anim Sci*, 87:2216-2226.
- Manso, H. E.; Manso Filho, H. C.; Carvalho, L. E.; Kutschenko, M.; Nogueira, E. T. and Watford, M. 2012. Glutamine and glutamate supplementation raise milk glutamine concentrations in lactating gilts. *J Anim Sci Biotechnol*, 3: 1-7.
- Mareskes C. 1997. Therapeutic effects of oral rehydration solution (ORS) and L-glutamine (GLN) on porcine rotaviral enteritis. Thesis, North Carolina State University. p. A401.
- Morita, O. and Soni, M. G. 2009. Safety assessment of diacylglycerol oil as an edible oil: a review of the published literature. *Food Chem Toxicol*, 47: 9-21.
- Murray, R.K.; Granner, D.K. and Rodwell, V.W. 2007. Harper bioquímica ilustrada. 27. ed. Mc Graw Hill Lange.
- Newsholme, P. 2001. Why is L-glutamine metabolism important to cells of the immune system in health, postinjury, surgery or infection? *J Nutr*, 131: 2515S- 2522S.
- Odle, J.; Benevenga, N. J. and Crenshaw, T. D. 1989. Utilization of medium-chain triglycerides by neonatal piglets: II. Effects of even- and odd-chain triglyceride consumption over the first 2 days of life on blood metabolites and urinary nitrogen excretion. *J Anim Sci*, 67: 3340-3351.
- Odle, J.; Benevenga, N.J. and Crenshaw, T.D. 1991. Utilization of medium-chain triglycerides by neonatal piglets: chain length of even- and odd-carbon fatty acids and apparent digestion/absorption and hepatic metabolism. *J Nutr*, 121: 605-614.
- Odle, J. 1997. New insights into the utilization of medium-chain triglycerides by the neonate: observations from a piglet model. *J Nutr*, 127: 1061-1067.
- Oliveira, L.; Madrid, J.; Ramis, G.; Martínez, S.; Orengo, J.; Villodre, C.; Valera, L.; López, M.J.; Pallarés, F.J.; Quereda, J.J.; Mendonça, L. and Hernández, F. 2014. Adding crude glycerin to nursery pig diet: Effect on nutrient digestibility, metabolic status, intestinal morphology and intestinal cytokine expression. *Livest Sci*, 167: 227- 235.
- Remillard, R.L.; Armstrong, P.J. and Davenport, D.J. 2000. Assisted feeding in hospitalization patients: enteral and parenteral nutrition. In: Hand, M.S.; Thatcher, C.D.; Remillard, R.L. and Roudebush P. (Eds). Small Animal Clinical Nutrition. 4 ed. Mark Morris Institute. Topeka. 351-400 pp.
- Roberts, R.A. and Griffin, S.E. 1998. Glycerol: biochemistry, pharmacokinetics and clinical and practical applications. *Sports Med*, 26: 145-167.
- Rosero, D.S.; Odle, J.; Mendoza, S.M.; Boyd, R.D.; Fellner, V. e Van Heugten, E. 2015. Impact of dietary lipids on sow milk composition and balance of essential fatty acids during lactation in prolific sows. *J Anim Sci*, 93: 2935-2947.
- Rutherford, K.M.D.; Baxter, E.M.; D'Eath, R.B.; Turner, S.P.; Arnott, G.; Roehe, R.; Ask, B.; Sandøe, P.; Moustsen, V.A.; Thorup, F.; Edwards, S.A.; Berg, P. and Lawrence, A.B. 2013. The welfare implications of large litter size in the domestic pig I: biological factors. *Anim Welfare*, 22:199-218.
- Santos, L.S.; Caldara, F.R.; Machado, S.T.; Nääs, I.A.; Foppa, L.; Garcia, R.G.; Moura, R. e Machado, S.P. 2015. Sows' parity and coconut oil postnatal supplement on piglets performance. *Rev MVZ Córdoba*, 20: 4513-4521.
- Sauer, F.D.; Farnworth, E.R.; Bélanger, J.M.R.; Kramer, J.K.G.; Miller, R.B. and Yamashiro, S. 1997. Additional vitamin E required in milk replacer diets that contain canola oil. *Nutr Res*. 17: 259-269.
- Sbardella, S.; Berenchein, B.; Andrade, C.; Perina, D.P.; Almeida, V.V. and Miyada, V.S. 2012. Rice oil as a soybean oil replacement in weanling pig diets. *Livest Sci*, 145: 21-27.
- Shetty, P. 2010. Nutrition, immunity and infection. In: Role of Nutrients in Immune Functions. CABI Publishing. 1. ed. pp. 23-56.
- Shields, M.C.; van Heugten, E.; Lin, X.; Odle, J. and Stark, C.S. 2011. Evaluation of the nutritional value of glycerol for nursery pigs. *J Anim Sci*, 89: 2145-2153.
- Sierra, S.; Lara-Villoslada, F.; Olivares, M.; Jiménez, J.; Boza, J. and Xaus, J. 2005. Increased immune response in mice consuming rice bran oil. *Eur J Nutr*, 44: 509-516.
- Skrivanova, E.; Marounek, M.; Benda, V. and Brezina, P. 2006. Susceptibility of *Escherichia coli*, *Salmonella* sp. and *Clostridium perfringens* to organic acids and monolaurin. *Vet Med-Czech*, 51: 81-88.
- Turner, J.M.; Josephson, J.; Field, C.J.; Wizzard, P.R.; Ball, R.O.; Pencharz, P.B. and Wales, P.W. 2015. Liver disease, systemic inflammation, and growth using a mixed parenteral lipid emulsion, containing soybean oil, fish oil, and medium chain triglycerides, compared with soybean oil in parenteral nutrition-fed neonatal piglets. *J Parenter Enteral Nutr*, 39: 973-981.
- Wang, J.; Wu, X.; Simonavicius, N.; Tian, H. and Ling, L. 2006. Medium-chain fatty acids as ligands for orphan G protein coupled receptor GPR84. *J Biol Chem*, 281: 34457-34464.
- Wilson, T.A.; Nicolasia, R.J.; Woolfrey, B. and Kritchevsky, D. 2007. Rice bran oil and oryzanol reduce plasma lipid and lipoprotein cholesterol concentrations and aortic cholesterol ester accumulation to a greater extent than ferulic acid in hypercholesterolemic hamsters. *J Nutr Biochem*, 18: 105-112.
- Wu, G. 1997. Synthesis of citrulline and arginine from proline in enterocytes of postnatal pigs. *Am J Physiol*, 272: G1382-1390.
- Wu, G.; Bazer, F.W.; Davis, T.A.; Kim, S.W.; Li, P.; Rhoads, J.M.; Satterfield, M.C.; Smith, S.B.; Spencer, T.E. and Yin, Y. 2009. Arginine metabolism and nutrition in growth, health and disease. *Amino Acids*, 37: 153-168.
- Wu, G.; Knabe, D.A. and Kim, S.W. 2004. Arginine nutrition in neonatal pigs. *J Nutr*, 134: 2783S-2790S.
- Wu, G. and Morris, S.M. 1998. Arginine metabolism: nitric oxide and beyond. *Biochem J*, 336:1-17.
- Xi, L.; Matsey, G. and Odle, J. 2012. The effect of 5-aminoimidazole-4-carboxamide ribonucleoside (AICAR) on fatty acid oxidation in hepatocytes isolated from neonatal piglets. *Anim Sci Biotechnol*, 3: 1-7.
- Xu, R.J. and Cranwell, P. 2003. The neonatal pig - gastrointestinal physiology nutrition. Nottingham University Press. Nottingham, 360 pp.
- Yang, X.; Wen, K.; Tin, C.; Li, G.; Wang, H.; Kocher, J.; Pelzer, K.; Ryan, E. and Yuan, L. 2014. Dietary rice bran protects against rotavirus diarrhea and promotes Th1-type immune responses to human rotavirus vaccine in gnotobiotic pigs. *Clin Vaccine Immunol*, 21: 1396-1403.
- Zentek, J.; Buchheit-Renko, S.; Ferrara, F.; Vahjen, W.; Van Kessel, A.G. and Pieper, R. 2011. Nutritional and physiological role of medium-chain triglycerides and medium-chain fatty acids in piglets. *Anim Health Res Rev*, 12: 83-93.
- Zijlstra, R.T.; Menjívar, K.; Lawrence, E. and Beltranena, E., 2009. The effect of feeding crude glycerol on growth performance and nutrient digestibility in weaned pigs. *Can J Anim Sci*, 89: 85-89.