

ESTRATÉGIAS NUTRICIONAIS

para melhoria da qualidade da carne suína

Teresinha Marisa Bertol

Editora Técnica



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Suínos e Aves
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

ESTRATÉGIAS NUTRICIONAIS

para melhoria da qualidade da carne suína

Teresinha Marisa Bertol
Editora Técnica

Embrapa
Brasília, DF
2019

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na

Embrapa Suínos e Aves Rodovia BR 153 - KM 110 Caixa Postal 321 89.715-899, Concórdia, SC Fone: (49) 3441 0400 Fax: (49) 3441 0497 www.embrapa.br www.embrapa.br/fale-conosco/sac	Revisão técnica <i>Arlei Coldebella</i> <i>Dirceu João Duarte Talamini</i> <i>Franco Muller Martins</i> <i>Gerson Neudi Scheuermann</i> <i>Helenice Mazzuco</i> <i>Jorge Vitor Ludke</i> <i>Luizinho Caron</i> <i>Teresinha Marisa Bertol</i> <i>Vivian Feddern</i>
Unidade responsável pelo conteúdo e pela edição Embrapa Suínos e Aves	Revisão de texto <i>Lucas Scherer Cardoso</i>
Comitê Local de Publicações da Embrapa Suínos e Aves	Normalização bibliográfica <i>Claudia Antunes Arrieche</i>
Presidente <i>Marcelo Miele</i>	Tratamento das ilustrações <i>Vivian Fracasso, Lucas Scherer Cardoso e Marina Schmitt</i>
Secretária-Executiva <i>Tânia Maria Biavatti Celant</i>	Projeto gráfico e editoração eletrônica <i>Vivian Fracasso</i>
Membros <i>Airton Kunz</i> <i>Ana Paula Almeida Bastos</i> <i>Gilberto Silber Schmidt</i> <i>Gustavo Julio Mello Monteiro de Lima</i> <i>Monalisa Leal Pereira</i>	Foto da capa <i>Marina Schmitt</i>
Supervisão editorial <i>Tânia Maria Biavatti Celant</i>	Capa <i>Vivian Fracasso</i>
	1ª edição Publicação digital (2019)

Todos os direitos reservados.

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

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Suínos e Aves

Estratégias nutricionais para melhoria da qualidade da carne suína / Teresinha Marisa Bertol. Editora técnica. - Brasília, DF : Embrapa, 2019.
296 p. : il. color. ; 16,2 cm x 23,8 cm.

ISBN 978-85-7035-936-0

1. Carne suína. 2. Qualidade da carne. I. Bertol, Teresinha Marisa. II. Embrapa Suínos e Aves. III. Título.

CDD 641.364

Capítulo 8

Estratégias nutricionais e seu impacto sobre a resposta fisiológica dos suínos ao estresse e qualidade da carne

Teresinha Marisa Bertol



Introdução

O manejo aplicado aos suínos no período pré-abate é determinante para a manutenção da qualidade da carne. Este período compreende desde o início do jejum na granja, carregamento, transporte, descarregamento, descanso no abatedouro, até a condução dos animais para o local de insensibilização e sangria. A redução das perdas neste período envolve: redução de mortalidade durante o transporte, menor incidência de destino condicionado e abate emergencial, menor frequência de *downers* que são os animais esgotados fisicamente com incapacidade de deslocamento voluntário, menor taxa de lesões ósseas, de pele (superficiais) e injúrias musculares (profundas abaixo do tecido adiposo) e menor perda por desvios de qualidade como as condições PSE (*pale, soft, and exsudative*), RSE (*reddish, soft, and exsudative*) ou DFD (*dry, firm, and dark*). Outros fatores relevantes para a manutenção da qualidade, além do manejo pré-abate, são a genética e o grau de muscularidade, pois definem a capacidade fisiológica do animal de lidar com os desafios desse momento crítico.

Mesmo em condições adequadas de manejo, no período pré-abate o suíno enfrenta enormes desafios em função dos inúmeros fatores desconhecidos que precisa enfrentar. Em condições adversas de manejo tais como manejo agressivo, equipamentos e instalações inadequados, temperatura e umidade relativa do ar extremas, exposição a animais estranhos, entre outros, associadas ou não a condições fisiológicas de susceptibilidade ao estresse, esse desafio é mais intenso, com aumento da intensidade das respostas fisiológicas. Em um primeiro momento ocorre a liberação de catecolaminas, as quais ativam a cascata de enzimas que levam à rápida quebra de glicogênio e aceleração da glicólise, resultando em elevada liberação de íons H^+ na circulação, com consequente queda do pH sanguíneo, caracterizando desta forma um estado de acidose metabólica. O pH sanguíneo fisiológico de repouso é igual a 7,4. Reduções do pH sanguíneo abaixo de 7,35 caracterizam acidose metabólica, enquanto que sua elevação acima de 7,45 caracteriza alcalose metabólica (Bhagavan, 1992). Valores de pH de 6,8 ou 7,8 raramente são compatíveis com a vida. Em um segundo momento, apenas alguns minutos após o início da exposição do animal aos fatores desencadeadores de estresse, inicia-se a liberação dos corticosteroides, dos

quais o cortisol estimula a proteólise no músculo esquelético, liberando aminoácidos que serão utilizados como substrato para a glicogênese e a gliconeogênese no fígado (Garret; Grisham, 1995). Assim o cortisol contribui para a homeostase da glicose sanguínea e para o suprimento de substrato para produção de energia, necessária para enfrentar os desafios a que o animal é submetido nessa situação. Outro corticosteroide, a aldosterona, aumenta a capacidade renal de absorção de Na^+ e Cl^- (Garret; Grisham, 1995), fator importante para manutenção do equilíbrio eletrolítico em situação de estresse.

A homeostase ácido-básica no organismo animal é dada pelo equilíbrio entre a produção e a excreção de prótons, de forma que a concentração celular de prótons se mantenha constante (Patience, 1990). Além dos elevados níveis de H^+ e queda do pH sanguíneo, as respostas fisiológicas relacionadas ao estresse em situações de intenso manejo envolvem redução do excesso de base, íon bicarbonato (HCO_3^-), pressão de CO_2 (pCO_2) e gás carbônico (CO_2) total sanguíneos (Bertol et al., 2005a; Bertol et al. 2011). A acidose pode atingir condições extremas em suínos submetidos a situações ambientais e de manejo adversas, representando um risco à sua sobrevivência, com a ocorrência de mortes ou a condição de *downers*, os quais apresentam elevados níveis sanguíneos de lactato, amônia, creatina fosfoquinase (CPK), Na^+ , Ca^{2+} , K^+ , cortisol, epinefrina e norepinefrina, baixo pH e baixos níveis de excesso de base, HCO_3^- , pCO_2 , CO_2 total e insulina (Anderson et al., 2002). Situações de estresse intenso, de curta duração e próximo do momento do abate, podem levar à produção de carne PSE. Porém, se o estresse ocorrer algumas horas antes do abate e por tempo prolongado, pode ocorrer o esgotamento das reservas de glicogênio do músculo, resultando na produção de carne DFD, como no caso dos suínos *downers*.

Para auxiliar o animal a lidar com os desafios e minimizar as respostas fisiológicas desencadeados pelo manejo pré-abate, além da melhoria das condições de manejo e da capacidade genética dos animais quanto a sua capacidade fisiológica para enfrentar situações de estresse, alguns tipos de abordagens nutricionais têm sido estudados. Alternativas que favoreçam o equilíbrio ácido básico constituem-se em abordagens de importância prática para alcançar esses objetivos. A suplementação com Mg, a elevação do balanço eletrolítico da dieta, e o uso de aditivos para direcionar o metabolismo energético para as rotas

aeróbias são algumas das alternativas já avaliadas em estudo nutricionais e seus efeitos sobre a qualidade da carne serão discutidas nesse capítulo.

Suplementação com magnésio

O Mg é o cátion divalente mais abundante e o segundo cátion mais abundante no fluído intracelular, onde é necessário em muitas reações enzimáticas, principalmente naquelas que tem como substrato o ATP (Bhagavan, 1992). Como exemplo podemos citar o mecanismo de contração e relaxamento muscular, onde o Mg, através da inibição da ATPase da miosina, antagoniza o efeito do Ca^{2+} na contração muscular, permitindo assim o relaxamento das fibras musculares (Lehninger, 1976). A exigência de Mg dos suínos em terminação é de 2 mg/kg da dieta (National Research Council, 2012). No entanto, dietas baseadas em milho e farelo de soja apresentam níveis de Mg superiores às exigências, pois o milho contém 1,2 g Mg/kg e o farelo de soja contém de 2,7 g/kg a 2,9 g/kg (National Research Council, 2012).

Foi comprovado que o fornecimento de níveis supra nutricionais de Mg-aspartato, na dose 4 mg/kg a 8 mg/kg de peso vivo injetado entre 1 hora e 5 minutos antes de iniciar o estresse (Kietzmann; Jablonski, 1985) ou acetato de Mg fornecido em níveis de 2,3 g/kg da dieta por 5 dias antes do abate (D'Souza et al., 1998) ou em 3 g/L da água de bebida por dois dias antes do abate (Peeters et al., 2005), antagoniza as respostas fisiológicas ao estresse induzindo à redução da liberação de noradrenalina, adrenalina e cortisol plasmáticos em situações de desafio. Além disso, o Mg^{2+} atua como relaxante muscular (Alonso et al., 2012) e modula o metabolismo da energia através da competição com o Ca^{2+} pelos sítios de ligação nas miofibras, além de promover a remoção do cálcio e a prevenção de sua entrada no sarcoplasma (Caine et al., 2000; Lahucky et al., 2004), fator extremamente relevante para suínos portadores do gene do halotano e susceptíveis à síndrome da hipertermia maligna. O efeito do Mg sobre o metabolismo da energia, retardando a glicólise, é confirmado pelo menor conteúdo de lactato e maior quantidade de glicogênio encontrados logo após o abate nos músculos de suínos normais ou portadores do gene do halotano, suplementados com

3,2 g de Mg elementar/suíno/dia proveniente do Mg-aspartato ou do sulfato de Mg (D'Souza et al., 1999) ou 1,5 g/kg da dieta de Mg elementar proveniente do acetato ou sulfato de Mg (Chen et al., 2013), ambos fornecidos por 5 dias antes do abate.

O conjunto de efeitos fisiológicos desencadeados pelo Mg a partir de sua suplementação por curtos períodos que antecedem o abate sugere que essa prática apresenta potencial para impactar de maneira positiva o bem-estar no período pré-abate e a qualidade da carne. As características de qualidade de carne que mais apresentaram melhora em resposta à suplementação com Mg foram a luminosidade (valor de L^*) e a capacidade de retenção de água (perda por gotejamento, perda por exsudação e perda de fluídos na vida de prateleira) (Tabelas 1, 2 e 3). As fontes de Mg avaliadas com maior frequência foram em primeiro lugar o sulfato de Mg e em segundo o Mg-Aspartato e desta forma foram também as que apresentaram a maior frequência de respostas positivas sobre estas características, sendo em primeiro lugar o Mg-aspartato e em segundo lugar o sulfato de Mg. Alguns resultados positivos destas duas fontes de Mg também foram obtidos com relação à redução da incidência de carne PSE, mas estes geralmente foram associados a situações não recomendadas no manejo pré-abate, pois envolviam manejo agressivo ou ausência de descanso no abatedouro. O Mg-Aspartato também reduziu a força de cisalhamento, mas as outras fontes não foram suficientemente avaliadas para se obter conclusões quanto a esse parâmetro. Por outro lado, não houve efeito do Mg-Aspartato e do sulfato de Mg sobre o pH inicial e o pH final. O Mg quelato foi avaliado em apenas um estudo, apresentando resultado positivo sobre a perda por gotejamento, perda por exsudação e escore de cor. O cloreto, o proprionato, o proteinato, o óxido e o acetato de Mg não foram suficientemente avaliados para se obter respostas conclusivas quanto ao seu efeito sobre a qualidade da carne. O Mg-mica foi avaliado em quatro estudos e não apresentou nenhum resultado positivo sobre nenhuma das medidas indicadoras da capacidade de retenção de água. Esta fonte de Mg, assim como o Mg-proteinato, o acetato e o óxido de Mg, apenas apresentaram alguns resultados positivos sobre os valores de L^* , a^* (coordenada vermelho/verde: +a indica vermelho e -a indica verde) e b^* (coordenada amarelo/azul: +b indica amarelo e -b indica azul), porém são resultados isolados e pontuais que não permitem

tirar conclusões sobre o real benefício do uso dessas fontes de Mg na qualidade da carne.

Não há consistência nas respostas obtidas a partir da suplementação com Mg com relação aos diferentes genótipos relativos à susceptibilidade ao estresse, uma vez que respostas positivas, respostas negativas e ausência de resposta foram obtidas em suínos de genótipo halotano positivos, portadores ou halotano negativos. Em resumo, as fontes que apresentaram os melhores resultados com relação à melhoria da qualidade da carne foram em primeiro lugar o Mg-aspartato fornecido por um período de 5 dias antes do abate e em segundo lugar o sulfato de Mg fornecido por 1 dia a 5 dias, independentemente da susceptibilidade dos animais ao estresse. As respostas positivas obtidas com Mg quelato sugerem que essa fonte de Mg apresenta potencial para melhoria da qualidade da carne, porém, é necessária sua avaliação em novos estudos para confirmação desse efeito. Estudos adicionais também são necessários para avaliar o efeito cloreto, propionato, proteinato, óxido e acetato de Mg sobre a qualidade da carne.

Tabela 1. Resumo dos principais estudos conduzidos para avaliação do efeito da suplementação de níveis supranutricionais de Mg na dieta de suínos sobre a qualidade da carne.

Fonte de Mg	Dose de Mg elementar suplementado	Período de suplementação	Veículo	Gene do halotano	Manejo pré-abate	Fonte
Mg-Aspartato	0; 20; ou 40 g/suíno/dia	5 dias	Ração	Nn	Descanso pré-abate de 2 h	Schaefer et al. (1993)
Mg-Aspartato	0; ou 1 g/kg dieta	5 dias	Ração	Não informado	Manejo mínimo vs. manejo agressivo ¹	D'Souza et al. (1998)
Mg-Aspartato, Sulfato e Cloreto de Mg	0; 1; 1,4; ou 1,3 g/kg dieta, respectivamente	5 dias	Ração	Nn	Todos os suínos receberam manejo agressivo ¹	D'Souza et al. (1999)
Mg-Aspartato	-	7 ou 40 dias	Ração	NN e Nn	Transporte por 5 min, pesagem e abate	Caine et al. (2000)
Mica	0; 1; ou 2 g/kg dieta	Exp. 1: 24 a 106 kg; Exp. 2: 27 a 108 kg	Ração	NN	Sem informação	Apple et al. (2000)
Mica	0; 1; ou 2 g/kg dieta	27 a 107 kg	Ração	Não informado	Transporte por 10 h e breve descanso pré-abate	Apple et al. (2001)
Mica	0; 1; ou 2 g/kg dieta	19 a 120 kg	Ração	NN e Nn	Transporte por 10 h e descanso pré-abate de 45 min	Apple et al. (2002)
Mica	0; ou 2 g/kg dieta	44 a 103 kg	Ração	Nn	Transporte estressante (3 h) vs. sem transporte	Apple et al., (2005)
Sulfato de Mg	0; ou 1,2 g/kg dieta	2, 3 ou 5 dias	Ração	NN	Sem descanso pré-abate	Hamilton et al. (2002)

Continua...

Tabela 1. Continuação.

Fonte de Mg	Dose de Mg elementar suplementado	Período de suplementação	Veículo	Gene do halotano	Manejo pré-abate	Fonte
Sulfato, propionato e proteinato de Mg	0; 1,6; ou 3,2 g/suíno/d	1, 2, ou 5 dias	Ração	Não informado	Normal, descanso pré-abate de 10h	Hamilton et al. (2003)
Não informado	0; ou 3,5 g/suíno/d	2 dias	Água	Não informado	Sem informação	Swigert et al. (2004)
Oxido de Mg	0; ou 3,6 g/suíno/dia	5 dias	Ração	NN e Nn	Transporte por 200 m	Lahucky et al. (2004)
Acetato de Mg	0; ou 1,19 g/kg da dieta	5 dias	Ração	NN	Descanso pré-abate de 0 vs. 2 h	Geesink et al. (2004)
Acetato de Mg	0; ou 1,19 g Mg + 5,94 g triptofano + 571 mg vit. E + 471 mg vit. C/kg dieta	5 dias	Ração	NN	Descanso pré-abate de 2 h	Geesink et al. (2004)
Sulfato de Mg	0; ou 0,9 g/L	2, 4 ou 6 d	Água	Não informado	Transporte por 1:30 min e descanso pré-abate de 45 min	Frederick et al. (2004)
Sulfato de Mg	0; ou 0,9 g/L	2 dias	Água	Não informado	Transporte por 1:50 min e descanso pré-abate de 45 min	Frederick et al. (2006)
Mg-Aspartato	0; 1; ou 2 g/kg dieta	5 dias	Ração	Não informado	Transporte estressante vs. sem transporte ²	Tang et al. (2008)

Continua...

Tabela 1. Continuação.

Fonte de Mg	Dose de Mg elementar suplementado	Período de suplementação	Veículo	Gene do halotano	Manejo pré-abate	Fonte
Mg-Aspartato	0; ou 1 g/kg dieta	9 dias	Ração	Não informado	Transporte estressante (0,3 m ² /animal) por 1:30 min vs. sem transporte (manejo mínimo)	Tang et al. (2009)
Sulfato de Mg	0; ou 3,2 g/suíno/d	14 dias	Ração	Não informado	Transporte por 48 km e descanso pré-abate de 30 min a 5 h	Humphreys et al. (2009)
Sulfato de Mg	0; ou 1,2 g Mg + 8 g L-triptofano/kg dieta	5 dias	Ração	NN e Nn	Transporte por 1 h e descanso pré-abate de 30 min a 7 h	Panella-Riera et al. (2009)
Sulfato de Mg	0; ou 0,3 g/L	2 dias	Água	Não informado	Insensibilização com CO ₂ vs. insensibilização elétrica ³	Van Heugten et al., (2010)
Oxido e sulfato de Mg e Mgquelato	0; ou 2,5 g/kg dieta	5 dias	Ração	Não informado	Descanso pré-abate de 2 h	Alonso et al. (2012)

¹Manejo mínimo: manejo gentil e individual para levar os suínos da baia de espera até a área de insensibilização, manejo agressivo: aplicação de 15 choques com o bastão de choque 5 min antes do abate.

²Transporte estressante (0,3 m²/animal) por 1:30 min vs. sem transporte (manejo mínimo).

³Abate com CO₂: transporte por 202 km e descanso pré-abate de 2 h; abate com insensibilização elétrica: transporte por 293 km e descanso pré-abate de 3:30 min. NN = halotano positivo; Nn = portador do gene do halotano.

Tabela 2. Efeito da suplementação de níveis supra nutricionais de Mg na dieta de suínos sobre a cor e o pH da carne.

L*	a*	b*	Escore cor	pH 45 min	pH 24 h	Fonte
NS	Aumentou com 20 g	NS	NS	NS	NS	Schaefer et al. (1993)
Reduziu no LT; NS no BF	-	-	-	Aumentou	Aumentou	D'Souza et al. (1998)
NS	-	-	-	NS	NS	D'Souza et al. (1999)
NS	-	-	-	Suínos NN: NS; Suínos Nn: reduziu	Suínos NN: NS; Suínos Nn: reduziu	Caine et al. (2000)
NS	Exp. 1: aumentou; Exp. 2: reduziu	Exp. 1: NS; Exp. 2: reduziu	Exp. 1: aumentou; Exp. 2: NS	-	Exp. 2: Quadrático	Apple et al. (2000)
NS	Quadrático: reduziu com 1 g/kg	Quadrático: reduziu com 1 g/kg	NS	-	-	Apple et al. (2001)
NS	NS	NS	NS	-	NS	Apple et al. (2002)
NS	NS	NS	NS	NS	NS	Apple et al., (2005)
Reduziu com 2 d	NS	NS	NS	-	NS	Hamilton et al. (2002)
Reduziu c/ proteinato e sulfato, 1 e 5 dias e 1,6 g/dias	NS	Reduziu c/ sulfato, 1 e 5 dias e 1,6 ou 3,2 g/d	Aumentou com 1 dia; NS para dose	-	Aumentou com 1 dia; NS para fonte de Mg e dose	Hamilton et al. (2003)

Continua...

Tabela 2. Continuação.

L*	a*	b*	Escore cor	pH 45 min	pH 24 h	Fonte
Reduziu	Reduziu	Reduziu	NS	-	Aumentou	Swigert et al. (2004)
NS	-	-	-	Suíños NN: NS; Suínos Nn: aumentou	-	Lahucky et al. (2004)
Sem descanso pré-abate: reduziu; com descanso pré-abate: NS	Sem descanso pré-abate: aumentou; com descanso pré-abate: NS	NS	Sem descanso pré-abate: aumentou com descanso pré-abate: NS	-	NS	Geesink et al. (2004)
NS	NS	NS	NS	-	NS	Geesink et al. (2004)
NS	NS	NS	-	NS	NS	Fredericke et al. (2004)
NS no LD; inconsistente no SM	NS	NS	-	NS	NS	Frederick et al. (2006)
Reduziu com 2 g/kg	NS	NS	NS	NS	NS	Tang et al. (2008)
Suíños não estressados: reduziu no BF mas não no LT; suínos estressados: NS	NS	NS	NS	NS	NS	Tang et al. (2009)

Continua...

Tabela 2. Continuação.

L*	a*	b*	Escore cor	pH 45 min	pH 24 h	Fonte
NS	NS	NS	NS	NS	NS	Humphreys et al. (2009)
NS	-	-	-	NS	NS	Panella-Riera et al. (2009)
NS no LD; aumentou no ST	NS	NS	-	-	NS	Van Heugten et al., (2010)
-	-	-	Aumentou com Mg quelato e oxido de Mg e reduziu com sulfato de Mg	-	Reduziu com oxido de Mg	Alonso et al. (2012)

NS= não significativo; LT= *longissimus toracis*; BF= *biceps femoris*; LD= *longissimus dorsi*; SM= semimembranoso; ST= semitendinoso.
 L* = Luminosidade; a* = coordenada vermelho/verde (+a indica vermelho e -a indica verde); b* = coordenada amarelo / azul (+b indica amarelo e -b indica azul).

Tabela 3. Efeito da suplementação de níveis supra nutricionais de Mg na dieta de suínos sobre a perda por gotejamento, perda por exsudação, força de cisalhamento e incidência de PSE.

Perda por gotejamento	Perda por exsudação	Força de cisalhamento	Incidência de PSE	Fonte
Reduziu com 40 g	-	-	-	Schaefer et al. (1993)
Reduziu no LT; NS no BF	-	-	Manejo mínimo: reduziu de 8% para zero; Manejo negativo: reduziu de 33% para zero	D'Souza et al. (1998)
Reduziu	-	-	Reduziu de 17% para zero	D'Souza et al. (1999)
NS	-	Suínos NN: reduziu; Suínos Nn: NS	-	Caine et al. (2000)
NS	-	-	-	Apple et al. (2000)
NS	NS; NS para perda por cocção	NS	-	Apple et al. (2001)
NS	-	-	-	Apple et al. (2002)
NS	-	NS para força de cisalhamento e maciez	NS	Apple et al., (2005)
Reduziu com 2 e 5 dias	NS	-	Reduziu com 2 e 5 d de 21,4% para 0 e 3%, respectivamente	Hamilton et al. (2002)
Reduziu com sulfato, 1 e 5 dias; NS para dose	NS	-	-	Hamilton et al. (2003)
NS	NS; NS para perda por cocção	NS para força de cisalhamento e maciez	-	Swigert et al. (2004)

Continua..

Tabela 3. Continuação.

Perda por gotejamento	Perda por exsudação	Força de cisalhamento	Incidência de PSE	Fonte
Suínos NN; NS; Suínos Nn: reduziu	-	-	-	Lahucky et al. (2004)
NS	-	-	-	Geesink et al. (2004)
NS	-	-	-	Geesink et al. (2004)
NS; reduziu a perda de fluidos com 2 dias de vida prateleira	NS	-	-	Frederick et al. (2004)
Perda de fluidos NS	-	-	-	Frederick et al. (2006)
Reduziu	-	Reduziu com 1 g em suínos estressados	-	Tang et al. (2008)
NS	-	NS	-	Tang et al. (2009)
NS	-	NS	-	Humphreys et al. (2009)
NS	-	-	NS	Panella-Riera et al. (2009)
NS; perda de fluidos NS	-	-	-	Van Heugten et al., (2010)
Reduziu com Mg quelato; reduziu perda por exsudação com Mg quelato	-	NS	-	Alonso et al. (2012)

NS= não significativo; LT= longissimus toracis; BF= biceps femoris.

Alterações no balanço cátion-ânion da dieta

Alterações no balanço eletrolítico da dieta (DEB) podem influenciar o status acidobásico em suínos. A quantidade de íons metabolizáveis das dietas é dada pelo “*dietary undermined ions*” ($dUA = ([Na^+] + [K^+] + [Ca^{++}] + [Mg^{++}]) - ([Cl^-] + [P^-] + [P^{2-}] + [S^-])$), ou seja, a diferença entre a somatória de cátions e ânions potencialmente presentes na dieta, mas o DEB normalmente é avaliado de forma mais simplificada: $DEB = Na^+ + K^+ - Cl^-$ (Patience, 1990). O potencial ácido ou básico desses íons é derivado de sua capacidade de se combinar com outros elementos para formar sais ácidos ou sais básicos.

Um resumo dos estudos desenvolvidos para avaliação da suplementação de sais alcalinos ou sais ácidos a suínos em terminação está apresentado nas Tabelas 4, 5 e 6. A suplementação da dieta dos suínos por longos períodos (16 dias a 28 dias) com sais alcalinos de Ca ou de Na, tais como o $CaCO_3$ e $NaHCO_3$, ou a redução dos níveis dietéticos de sais ácidos ($CaCl_2$ e $NaCl$) resultou em efeitos positivos sobre o status acidobásico através da elevação dos níveis sanguíneos de HCO_3^- e excesso de base (Patience et al., 1986; Wal et al., 1986; Haydon et al., 1990), portanto, alterando o equilíbrio acidobásico sanguíneo em direção a um estado mais alcalino (Tabela 5). Porém, a mesma estratégia não teve efeito em outras situações, onde o aumento do balanço eletrolítico da dieta acima de 175 mEq/kg, com o uso de $NaHCO_3$ por 28 dias (Patience et al., 1987) e o fornecimento de $NaHCO_3$ via água por curtos períodos (4 a 5 dias) antes do abate com suínos normais (Ahn et al., 1992) ou halotano positivos (Boles et al., 1994) não alterou o status ácido-básico dos suínos. Da mesma forma, a administração de cloreto de potássio (KCl) via água 24 horas antes do abate não alterou os indicadores sanguíneos do equilíbrio ácido-básico em suínos normais, portadores ou homozigotos para o gene do halotano, com exceção da pCO_2 , que reduziu nos suínos homozigotos halotano positivos (Schaefer et al., 1993). Por outro lado, a inclusão de sais ácidos na dieta ($CaCl_2$) reduzindo o DEB abaixo de 175 mEq/kg levou à redução do HCO_3^- , excesso de base e pH sanguíneos, direcionando o status acidobásico em direção à acidose metabólica (Patience et al., 1987; Haydon et al., 1990), mesma resposta obtida com o fornecimento de cloreto de amônia (NH_4Cl) via água de bebida (Ahn et al., 1992; Boles et al., 1994). Alterações acentuadas no status ácido básico dos suínos são observadas quando se

compara dietas com DEB extremamente baixo com dietas com DEB extremamente elevado (ex.: 81 mEq/kg vs. 481 mEq/kg). Nesse caso observa-se que os indicadores sanguíneos do equilíbrio acidobásico mostram um estado alcalótico nos animais alimentados com as dietas de alto DEB, mesmo quando fornecidas por curtos períodos antes do abate, em comparação com as dietas de baixo DEB (Anderson et al., 2002; Edwards et al., 2010), as quais podem, inclusive, levar ao aumento da ocorrência de suínos *downers* quando os animais são submetidos à manejo agressivo (Anderson et al., 2002). Porém, como na situação descrita acima não foi incluída uma dieta controle, ou seja, uma dieta com DEB normal (± 175 mEq/kg), não é possível dizer se os resultados proporcionados pelas dietas de alto DEB seriam superiores aos das dietas normais.

Segundo Ahn et al. (1992), o suprimento extra de NaHCO_3 a suínos por alguns dias antes do abate pode retardar a glicólise *post mortem*, o que tem como consequência uma queda mais lenta do pH. Esta hipótese foi sugerida em função de alterações na atividade e níveis de enzimas e metabólitos relativos ao metabolismo energético do músculo nas primeiras 24 h após o abate e confirmado pelo maior valor de pH 45 min após o abate, fato observado também por Humphreys et al. (2009). Estes resultados sugerem que a elevação do DEB poderia se constituir em uma estratégia alimentar para redução da produção de carne PSE, pois a carne nesta condição resulta de acelerada glicólise com consequente rápido declínio do pH do músculo *post mortem*. Porém, apesar destes resultados promissores, muito poucas evidências foram obtidas quanto à melhoria da qualidade da carne com a suplementação de sais alcalinos ou a redução de sais ácidos na dieta ou água de bebida (Tabela 5). Os únicos resultados positivos foram o aumento do pH 45 min (Ahn et al., 1992; Humphreys et al. (2009) e a redução da perda por gotejamento (Boles et al., 1993) com o fornecimento de NaHCO_3 via água ou via ração. Mas alguns efeitos negativos também foram observados com a administração de KCl para suínos 24 horas antes do abate, que resultou em redução dos escores de firmeza e umidade e aumento dos valores de L^* e b^* (Schaefer et al., 1993). Por outro lado, a redução do DEB pode causar efeitos negativos sobre a qualidade da carne. O fornecimento oral de sal ácido (NH_4Cl) resultou em alguns problemas tais como, carne com atributos sensoriais inferiores (Boles et al., 1993), redução do pH 24 horas (Boles et al., 1994) e maior perda por exsudação durante o descongelamento de amostras de pernil e escores inferiores

para uniformidade no fatiamento, uniformidade de cor e suculência de presuntos curados em suínos halotano positivos (Shand et al., 1995).

É importante salientar que o aumento do DEB em relação a uma dieta com DEB padrão (± 175 mEq/kg) apresenta respostas benéficas sobre o equilíbrio ácido-básico nos suínos em repouso, porém, nos animais submetidos aos desafios do manejo pré-abate esse efeito desaparece. Quando os sais alcalinos são fornecidos via ração, o efeito da elevação do DEB sobre o equilíbrio ácido-básico desaparece após 10 horas de jejum (Edwards et al., 2010). Essa provavelmente é uma das razões pelas quais o aumento do DEB acima da dieta padrão não tem levado à efeito positivo sobre a qualidade da carne. Segundo Shand et al. (1995), a falha em manter as alterações positivas no status ácido-básico sanguíneo e em melhorar a qualidade da carne a partir do fornecimento oral de sais alcalinos pode ser atribuída aos poderosos mecanismos fisiológicos do organismo *in vivo* para manter o equilíbrio acidobásico. Por outro lado, está comprovado que a redução do DEB a valores abaixo de 100 mEq/kg causa efeito negativo, com redução do pH, HCO_3^- e excesso de base sanguíneos, aumento da incidência de suínos *downers*, além de efeito negativo sobre a qualidade da carne. Portanto, em condições práticas que incluem o uso de dietas com DEB padrão, não há vantagens para a qualidade da carne ou a sobrevivência dos animais com a elevação do DEB, mas sua redução abaixo de 150 mEq/kg pode potencializar os efeitos negativos do estresse pré-abate.

O nível considerado ótimo para o balanço eletrolítico das dietas de suínos em crescimento-terminação foi apontado como sendo de 250 mEq/kg de alimento para ótimo desempenho (Haydon et al., 1990). A redução da DEB abaixo de 100 mEq/kg resulta em redução do consumo de alimento e da taxa de crescimento (Patience et al., 1987), mas como as dietas para suínos na fase final de terminação normalmente apresentam DEB na faixa de 160 mEq/kg a 200 mEq/kg, há uma margem de segurança razoável para garantir que o desempenho não seja prejudicado. De qualquer forma, a suplementação com aminoácidos sintéticos e o excesso de aminoácidos cuja oxidação pode gerar ácidos, como o ácido sulfúrico que é gerado a partir da oxidação dos aminoácidos sulfurosos (Patience et al., 1987) devem ser levados em conta quando da formulação das dietas. A título de exemplo, de acordo com Patience (1990), cada grama de lisina adicionada como lisina-HCl contribui com 7 mEq de ácido/kg na dieta.

Tabela 4. Resumo dos principais estudos conduzidos para avaliação do efeito da suplementação da dieta ou da água com sais alcalinos ou sais ácidos.

Sal suplementado	Tratamentos	Período de suplementação	Veículo	Balanco eletrolítico, mEq/kg	Fonte
NaHCO ₃	2,2 vs. 7,4 g/kg Na	16 dias	Ração	-	Pattience et al. (1986)
CaCl ₂ e CaCO ₃	Níveis de CaCl ₂ - CaCO ₃ (g/kg): 0,0-16,8; 6,0-11,2; 11,0-5,6; 16,0-0,0; 0,0-8,4; 0,0-1,6,8	28 dias	Ração	-85; 0; 100; 175; 277; 341	Pattience et al. (1987)
NaHCO ₃	CON vs. substituição do NaCl por NaHCO ₃	16 dias	Ração	-	Walet al. (1986)
CaCl ₂ e CaCO ₃	Níveis de CaCl ₂ - CaCO ₃ (g/kg): Fase 1: 1,15-0,0; 0,6-0,0; 0,07-0,0; 0,0-0,56; 0,0-1,20; 0,0-1,85 Fase 2: 1,0-0,0; 0,41-0,0; 0,0-0,11; 0,0-0,75; 0,0-1,39; 0,0-2,03	20 a 105 kg peso vivo	Ração	25; 100; 175; 250; 325; 400	Haydon et al. (1990)
NaHCO ₃ e NH ₄ Cl	CON vs. NaHCO ₃ (12,6 g/L) vs. baixo NH ₄ Cl (4 g/L) vs. alto NH ₄ Cl (8 g/L)	5 dias	Água	-	Ahn et al. (1992)
KCl	CON vs. KCl (3 cápsulas de KCl com 600 mg Mg 24 h antes do abate)	24 h	-	-	Schaefer et al. (1993)
NaHCO ₃ e NH ₄ Cl	CON vs. NaHCO ₃ (12,6 g/L) vs. NH ₄ Cl (8 g/L)	4 dias	Água	-	Boles et al. (1993)
NaHCO ₃ e NH ₄ Cl	CON vs. NaHCO ₃ (12,6 g/L) vs. NH ₄ Cl (8 g/L)	4 dias	Água	-	Boles et al. (1994)
NaHCO ₃ e NH ₄ Cl	CON vs. NaHCO ₃ (12,6 g/L) vs. NH ₄ Cl (8 g/L)	4 dias	Água	-	Shand et al. (1995)
-	Baixo DEB (81 mEq/kg) vs. Alto DEB (481 mEq/kg)	4 dias	Ração	81; 481	Anderson et al. (2002)
NaHCO ₃	CON vs. NaHCO ₃ (1,5% da dieta)	2 dias	Ração	-	Humphreys et al. (2009)
NaHCO ₃ e CaCl ₂	Baixo DEB (121 mEq/kg) vs. Alto DEB (375 mEq/kg)	3 dias	Ração	121; 375	Edwards et al. (2010)

CON = controle.

Tabela 5. Efeito da suplementação da dieta ou da água com sais alcalinos ou sais ácidos e seu efeito sobre indicadores sanguíneos do equilíbrio ácido-básico.

Indicadores sanguíneos			Fonte
pH	Excesso de base	HCO ₃ ⁻	
NS	Aumentou com 7,4 g/kg Na	Aumentou com 7,4 g/kg Na	Patience et al. (1986)
NS	Aumento quadrático com aumento do DEBS	Aumento quadrático com aumento do DEBS	Patience et al. (1987)
NS	Aumentou com substituição do NaCl por NaHCO ₃	Aumentou substituição do NaCl por NaHCO ₃	Wal et al. (1986)
Aumento linear com aumento do DEB	Aumento linear com aumento do DEB	Aumento linear com aumento do DEB	Haydon et al. (1990)
CON vs. NaHCO ₃ : NS CON vs. baixo NH ₄ Cl: reduziu no 3º dia CON vs. alto NH ₄ Cl: reduziu	CON vs. NaHCO ₃ : NS CON vs. baixo NH ₄ Cl: reduziu no 3º dia CON vs. alto NH ₄ Cl: reduziu	CON vs. NaHCO ₃ : NS CON vs. baixo NH ₄ Cl: reduziu no 3º dia CON vs. alto NH ₄ Cl: reduziu	Ahn et al. (1992)
-	NS	NS	Schaefer et al. (1993)
-	-	-	Boles et al. (1993)
CON vs. NaHCO ₃ : NS CON vs. NH ₄ Cl: reduziu	CON vs. NaHCO ₃ : NS CON vs. NH ₄ Cl: reduziu	CON vs. NaHCO ₃ : NS CON vs. NH ₄ Cl: reduziu	Boles et al. (1994)
-	-	-	Shand et al. (1995)
Aumentou com aumento do DEB	Aumentou com aumento do DEB	Aumentou com aumento do DEB	Anderson et al. (2002)
-	-	-	Humphreys et al. (2009)
0 h de jejum: NS 10 h de jejum: aumentou com alto DEB	0 h de jejum: aumentou com alto DEB 10 h de jejum: NS	0 h de jejum: aumentou com alto DEB 10 h de jejum: NS	Edwards et al. (2010)

§Aumentou até 175 mEq/kg; §§Capacidade de retenção de água; CON= controle.

Tabela 6. Efeito da suplementação da dieta ou da água com sais alcalinos ou sais ácidos e seu efeito sobre a qualidade da carne.

		Qualidade de carne				Fonte
pH 45 min	pH 24 h	Perda por gotejamento	Escore de cor	Valor de L*		
-	-	-	-	-	Patience et al. (1986)	
-	-	-	-	-	Patience et al. (1987)	
-	-	-	-	-	Wal et al. (1986)	
-	-	-	-	-	Haydon et al. (1990)	
CON vs. NaHCO ₃ : aumentou CON vs. baixo ou alto NH ₄ Cl: NS	NS	NS [§]	NS	NS	Ahn et al. (1992)	
NS	NS	NS	NS	Aumentou	Schaefer et al. (1993)	
NS	NS	Reduziu com NaHCO ₃ e com NH ₄ Cl	NS	NS	Boles et al. (1993)	
NS	CON vs. NaHCO ₃ : NS CON vs. NH ₄ Cl: reduziu	NS	NS	NS	Boles et al. (1994)	
-	-	-	-	-	Shand et al. (1995)	
-	-	-	-	-	Anderson et al. (2002)	
Aumentou	NS	NS	NS	NS	Humphreys et al. (2009)	
NS	NS	NS	NS	NS	Edwards et al. (2010)	

[§]Capacidade de retenção de água; CON= controle.

Carnitina

A L-carnitina é um nutriente condicionalmente essencial (National Research Council, 2012), sintetizado no organismo a partir dos aminoácidos lisina e metionina, mas também pode ser obtida a partir da dieta, principalmente dos ingredientes de origem animal (Vaz; Wanders, 2002). A L-carnitina, como componente das enzimas carnitina-palmitoil transferase I (CPT-I), carnitina-acylcarnitina translocase (CACT) e carnitina-palmitoil transferase II (CPT-II), atua como transportadora dos ácidos graxos de cadeia longa do citosol para a matriz mitocondrial, portanto, desempenhando um papel chave no uso dos ácidos graxos como substrato energético pelos tecidos (Bhagavan, 1992). Além disso, através da regulação da relação acetilCoA/CoA na mitocôndria, a L-carnitina estimula a atividade do complexo piruvato desidrogenase (PDC), aumentando assim a oxidação do piruvato na mitocôndria como alternativa à sua transformação em lactato pela via anaeróbia no citosol (Uziel et al., 1988). Evidência do aumento da β -oxidação dos ácidos graxos de cadeia média em função da suplementação com L-carnitina foi obtida com leitões privados de colostro (Kempen; Odle, 1995). A partir dessas e de outras evidências, pesquisadores avaliaram o efeito da suplementação com L-carnitina sobre a regulação do metabolismo energético e a performance de atletas ou voluntários durante exercícios físicos. Confirmando essa hipótese, Vecchiet et al. (1990) observaram redução da produção de ácido láctico e do volume de oxigênio (VO_2) e aumento da capacidade de trabalho dos indivíduos que receberam uma dose de L-carnitina antes do exercício, resultado de aumento da eficiência energética em função do aumento da taxa de glicólise aeróbia. Porém, Colombani et al. (1996), não obtiveram alteração no metabolismo dos carboidratos e da gordura e nem diferença no desempenho de corrida durante e após uma maratona, em indivíduos que receberam doses de L-carnitina antes e durante a corrida. Entretanto, esta falta de resposta pode ter ocorrido devido à falha na retenção da carnitina suplementar no músculo e na elevação de seu *pool* na miofibrila. Por outro lado, o fornecimento de L-carnitina juntamente com insulina ou com fontes de carboidratos prontamente disponíveis (açúcares simples) leva ao aumento da retenção de carnitina nos músculos, ativação do PDC, redução da glicólise, aumento da deposição de

glicogênio nos músculos e aparente aumento na oxidação das gorduras (Stephens et al., 2007), demonstrando o papel-chave da carnitina no metabolismo energético.

Em suínos, vários estudos foram desenvolvidos com o objetivo de avaliar o efeito da suplementação com L-carnitina sobre o desempenho, características de carcaça, metabolismo energético, equilíbrio ácido-básico e qualidade de carne. Os efeitos da L-carnitina sobre o desempenho em suínos não são consistentes. Embora em alguns estudos foi constatada melhora do desempenho com a suplementação de L-carnitina na dieta nas fases de creche, crescimento ou terminação (Heo et al., 2000a, Ying et al., 2013; James et al., 2013b), na maior parte dos estudos isso não ocorreu (Hoffman et al., 1993; Owen et al., 2001a; Owen et al., 2001b; Waylan et al., 2003; Bertol et al., 2005b; Chen et al., 2008; James et al., 2013a), indicando que os suínos a partir da fase de creche provavelmente sintetizam ou recebem carnitina via dieta em quantidade suficiente para garantir adequada taxa de crescimento. Com relação à qualidade de carcaça, vários estudos apontam para a redução da deposição e da quantidade de gordura na carcaça e aumento da porcentagem de proteína e de músculo em função da suplementação com L-carnitina (Heo et al., 2000a; Owen et al., 2001a; Owen et al., 2001b; Chen et al., 2008), enquanto que em outros estudos a qualidade da carcaça não foi afetada (Waylan et al., 2003; Bertol et al., 2005b; James et al., 2013c) ou causou aumento da espessura de toucinho (Ying et al., 2013). Portanto, os efeitos da suplementação com L-carnitina sobre o desempenho e qualidade da carcaça são variáveis e inconsistentes, podendo sofrer efeito de outros componentes da dieta tais como o nível de proteína ou dos aminoácidos lisina e metionina, além do conteúdo de energia (Heo et al., 2000a) e a presença de fonte gordura (Owen et al., 1996). Como as principais fontes dietéticas de carnitina são os produtos de origem animal, a presença desses ingredientes na dieta também deve ser considerada ao se avaliar o efeito da suplementação com L-carnitina. A condição corporal dos animais pode ser outro fator, uma vez que Li et al. (1999) observaram que a suplementação com L-carnitina aumentou a taxa de crescimento, mas somente em leitões desmamados com baixo peso.

A redução da gordura corporal em suínos suplementados com L-carnitina é atribuída ao aumento da β -oxidação dos ácidos graxos (Heo et al., 2000a), enquanto que o aumento da deposição de proteína corporal é atribuído ao aumento da disponibilidade de energia para a síntese de proteína em função do aumento da oxidação dos ácidos graxos (Heo et al., 2000a; Owen et al., 2001b) e redução do catabolismo dos aminoácidos pela regulação da atividade de enzimas responsáveis pela biossíntese de aminoácidos (Owen et al., 2001b). Essa hipótese é suportada pelo aumento da eficiência de aproveitamento do nitrogênio nos animais suplementados com L-carnitina (Heo et al., 2000a) e aumento da concentração de carnitina livre e acil-carnitina nos músculos e no fígado (Heo et al., 2000b; Owen et al., 2001a). Além disso, como a carnitina é sintetizada no organismo a partir dos aminoácidos lisina e metionina, sua suplementação na dieta poderia reduzir a síntese endógena, economizando estes dois aminoácidos.

O aumento da oxidação dos ácidos graxos durante o exercício físico é esperado porque a atividade muscular aumenta a atividade da CPT-I, resultando em aumento do suprimento de ácidos graxos de cadeia longa para a mitocôndria. A alta disponibilidade de carnitina no músculo por meio da suplementação de L-carnitina via dieta poderia acelerar ainda mais a importação de ácidos graxos de cadeia longa no músculo, favorecendo sua oxidação, assim como poderia compensar possíveis déficits de carnitina na célula em situações de alta demanda. Em função das evidências de aumento da oxidação dos ácidos graxos e direcionamento do piruvato para metabolismo pela via aeróbia proporcionados pelo aumento do conteúdo de carnitina no músculo, a hipótese é de que a glicólise seja reduzida em situações de alta demanda de energia no manejo dos suínos, com redução dos problemas acarretados por alterações do equilíbrio acidobásico. Porém, a suplementação da dieta com 150 ppm de L-carnitina proporcionou efeitos limitados sobre os indicadores do equilíbrio ácido básico, atenuando de maneira sutil a queda do pH e do excesso de base em suínos submetidos a um procedimento padrão de manejo para indução de estresse, mas sem efeito sobre a concentração de lactato e sem interferir de forma significativa no efeito do manejo sobre o equilíbrio ácido básico (Bertol et al., 2005b). Da mesma forma, a inclusão de 50 ppm de L-carnitina na dieta (James et al., 2013a) resultou em leve aumento na concentração de lactato san-

guíneo e em outras pequenas alterações nos indicadores do equilíbrio ácido básico que não atenuaram nem agravaram o efeito do estresse em suínos suplementados com ractopamina e submetidos a um procedimento de manejo similar ao utilizado por Bertol et al. (2005b). Ainda, James et al. (2002) e James et al. (2013c) não detectaram alteração na concentração de lactato e pH sanguíneos imediatamente após o abate em suínos suplementados com 25 ou 50 ppm de L-carnitina, associada ou não com ractopamina. Portanto, embora haja evidências de que a suplementação com L-carnitina altera o metabolismo energético em humanos e em suínos em direção ao metabolismo aeróbio, isso não levou a alterações importantes nos indicadores do equilíbrio acidobásico em suínos sob condições de estresse moderado ou agudo.

Com relação à qualidade da carne, foram detectados alguns efeitos positivos da suplementação da dieta com L-carnitina. O efeito mais consistente foi a redução da perda por gotejamento, que ocorreu tanto quando a L-carnitina foi suplementada simultaneamente com ractopamina como quando foi suplementada isoladamente, mas o escore de firmeza e a solubilidade da proteína foram aumentados somente quando em associação com a ractopamina e reduzidos na ausência dela (James et al., 2002; James et al., 2013c). Outros efeitos positivos da L-carnitina foram o aumento do escore de marmoreio (Chen et al., 2008; James et al., 2013c), aumento do pH inicial, pH final, valor de a^* , escore de cor e relação a^*/b^* e redução do valor de L^* e *hue angle* (James et al., 2013c; Ying et al., 2013). Porém, estas respostas foram menos frequentes e menos consistentes do que a redução da perda por gotejamento e algumas (valor de L^* , valor de a^* e marmoreio) foram dependentes da associação com ractopamina, inclusive com resposta inversa na presença ou ausência deste aditivo. Em outros estudos não foram detectados efeitos da L-carnitina sobre a qualidade da carne (Owen et al., 2001a; Owen et al., 2001b; Waylan et al., 2003). Portanto, os resultados disponíveis não permitem recomendar a suplementação da L-carnitina na dieta de terminação de suínos com o objetivo de melhorar a qualidade da carne, o bem-estar e a sobrevivência dos animais, devido à variabilidade e inconsistência ou mesmo ausência de resultados positivos resultantes de sua inclusão na dieta.

Conclusões

As estratégias nutricionais aplicadas com o objetivo de amenizar os efeitos negativos do manejo pré-abate sobre as respostas fisiológicas apresentam potencial limitado na produção de suínos. Dentre elas, a suplementação com níveis supra nutricionais de Mg é a mais promissora, mas os resultados positivos são mais visíveis em situações de manejo agressivo ou ausência de descanso pré-abate. As fontes que apresentaram resultados positivos com maior frequência foram em primeiro lugar o Mg-Aspartato, e em segundo lugar o sulfato de Mg. Com base nesses resultados pode-se recomendar a dose de 1 g de Mg-Aspartato/kg da dieta por 5 dias antes do abate ou 1,2 g a 1,4 g de sulfato de Mg/kg da dieta por 2 dias a 5 dias antes do abate ou 0,9 g/L de água por dois dias antes do abate. No entanto, a viabilidade econômica de seu uso na alimentação animal deve ser avaliada, principalmente em relação ao Mg-aspartato, que é uma das fontes mais caras de Mg.

A manipulação do equilíbrio cátion-ânion da dieta não se mostrou eficiente para neutralizar os efeitos do estresse e os problemas de qualidade de carne através de aumento do DEB (através da suplementação de sais alcalinos ou redução da inclusão de sais ácidos), mas fica claro que a redução do DEB abaixo de 150 mEq/kg pode agravar o desequilíbrio acidobásico e prejudicar a qualidade da carne e redução abaixo de 100 mEq/kg prejudica o desempenho, o bem-estar e a sobrevivência dos animais.

Os resultados disponíveis sobre a suplementação da dieta com L-carnitina não permitem recomendar seu uso com os objetivos de neutralizar os efeitos do estresse e melhorar a qualidade da carne. Seu efeito sobre a qualidade da carcaça é mais consistente, apresentando potencial para redução da porcentagem de gordura e aumento da proporção de carne magra. A partir dos resultados encontrados na literatura até o momento, conclui-se que esse efeito pode ser obtido com a suplementação de 50 mg a 250 mg de L-carnitina/kg da dieta por um período mínimo de 70 dias antes do abate. Porém, novos estudos envolvendo a avaliação da L-carnitina com diferentes níveis de energia e de aminoácidos poderiam lançar novas luzes sobre os efeitos deste nutriente na qualidade da carcaça e da carne de suínos, bem como de-

finir com maior precisão a dose e o tempo mínimo de suplementação necessários e a viabilidade econômica. A suplementação combinada de L-carnitina com uma fonte de Mg em níveis supranutricionais também é uma possibilidade a ser explorada, mas a viabilidade econômica dessa estratégia deve ser avaliada.

Referências

AHN, D. U.; PATIENCE, J. F.; FORTIN, A.; MCCURDY, A. The influence of pre-slaughter oral loading of acid or base on *post mortem* changes in *Longissimus dorsi* muscle of pork. **Meat Science**, v. 32, n. 1, p. 65-79, 1992. DOI: 10.1016/0309-1740(92)90017-X.

ALONSO, V.; PROVINCIAL, L.; GIL, M.; GUILLÉN, E.; RONCALÉS, P.; BELTRÁN, J. A. The impact of short-term feeding of magnesium supplements on the quality of pork packaged in modified atmosphere. **Meat Science**, v. 90, n. 1, p. 52-59, Jan. 2012. DOI: 10.1016/j.meatsci.2011.05.028.

ANDERSON, D. B.; IVERS, D. J.; BENJAMIN, M. E.; GONYOU, H. W.; JONES, J.; MILLER, K. D.; MCGUFFEY, R. K.; ARMSTRONG, T. A.; MOWREY, D. H.; RICHARDSON, L. F.; SENERIZ, R.; WAGNER, J. R.; WATKINS, L. E.; ZIMMERMANN, A. G. Physiological responses of market hogs to different handling practices. In: ANNUAL MEETING OF AMERICAN ASSOCIATION OF SWINE VETERINARIANS, 33., 2002. **Proceedings...** Kansas City: AASV, 2002. p. 399-400.

APPLE, J. K.; DAVIS, J. R.; RAKES, L. K.; MAXWELL, C. V.; STIVARIUS, M. R.; POHLMAN, F. W. Effects of dietary magnesium and duration of refrigerated storage on the quality of vacuum-packaged, boneless pork loins. **Meat Science**, v. 57, n. 1, p. 434-53, Jan. 2001. DOI: 10.1016/S0309-1740(00)00075-9.

APPLE, J. K.; KEGLEY, E. B.; MAXWELL, C. V.; RAKES, L. K.; GALLOWAY, D.; WISTUBA, T. J. Effects of dietary magnesium and short-duration transportation on stress response, *post mortem* muscle metabolism, and meat quality of finishing swine. **Journal of Animal Science**, v. 83, p. 1633-1645, July 2005. DOI: 10.2527/2005.8371633x.

APPLE, J. K.; MAXWELL, C. V.; RODAS, B. de; WATSON, H. B.; JOHNSON, Z. B. Effect of magnesium mica on performance and carcass quality of growing-finishing swine. **Journal of Animal Science**, v. 78, p. 2135-2143, Aug. 2000. DOI: 10.2527/2000.7882135x.

APPLE, J. K.; MAXWELL, C. V.; STIVARIUS, M. R.; RAKES, L. K.; JOHNSON, Z. B. Effects of dietary magnesium and halothane genotype on performance and carcass traits of growing-finishing swine. **Livestock Production Science**, v. 76, p. 103-113, 2002. DOI: 10.1016/S0301-6226(02)00004-0.

BERTOL, T. M., ELLIS, M., HAMILTON, D. N., JOHNSON, E. W., RITTER, M. J. Effects of dietary supplementation with L-carnitine and fat on blood acid-base responses to handling in slaughter weight pigs. **Journal Animal Science**, v. 83, p. 75-81, Jan. 2005b. DOI: 10.2527/2005.83175x.

BERTOL, T. M.; BRAÑA, D. V.; ELLIS, M.; RITTER, M. J.; PETERSON, B. A. Effect of feed withdrawal and dietary energy source on muscle glycolytic potential and blood acid-base responses to handling in slaughter-weight pigs. **Journal of Animal Science**, v. 89, n. 5, p. 1561-1573, May 2011. DOI: 10.2527/jas.2010-2942.

BERTOL, T. M.; ELLIS, M.; RITTER, M. J.; MCKEITH, F. K. Effect of feed withdrawal and handling intensity on *longissimus* muscle glycolytic potential and blood measurements in slaughter weight pigs. **Journal of Animal Science**, v. 83, p. 1536-1542, July 2005a. DOI: 10.2527/2005.8371536x.

BHAGAVAN, N. V. **Medical Biochemistry**. 2nd ed. Boston: Jones and Bartlett Publishers, 1992. 980 p.

BOLES, J. A.; PATIENCE, J. F.; SCHAEFER, A. L.; AALHUS, J. L. Effect of oral loading of acid or base on the incidence of pale soft exudative pork (PSE) in stress-susceptible pigs. **Meat Science**, v. 37, n. 2, p. 181-194, 1994. DOI: 10.1016/0309-1740(94)90079-5.

BOLES, J. A.; SHAND, P. J.; PATIENCE, J. F.; MCCURDI, A. R.; SCHAEFER, A. L. Acid base status of stress susceptible pigs affects sensory quality of loin roasts. **Journal of Food Science**, v. 58, n. 6, p. 1254-1257, 1993. DOI: 10.1111/j.1365-2621.1993.tb06159.x.

CAINE, W. R.; SCHAEFER, A. L.; AALHUS, J. L.; DUGAN, M. E. R. Behavior, growth performance and pork quality of pigs differing in porcine stress syndrome genotype receiving dietary magnesium aspartate hydrochloride. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 80, p. 175-182, 2000. DOI: 10.4141/A99-068.

CHEN, J. C.; LIU, X. J.; BIAN, L. Q. Effects of short-term feeding magnesium before slaughter on blood metabolites and *post mortem* muscle traits of halothane-carrier pigs. **Asian-Australasian Journal of Animal Science**, v. 26, p. 879-885, June 2013. DOI: 10.5713/ajas.2012.12675.

CHEN, Y. J.; KIM, I. H.; CHO, J. H.; YOO, J. S.; WANG, Q.; WANG, Y.; HUANG, Y. Evaluation of dietary L-carnitine or garlic powder on growth performance, dry matter and nitrogen digestibilities, blood profiles and meat quality in finishing pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 141, p. 141-152, Feb. 2008. DOI: 10.1016/j.anifeeds-ci.2007.05.025.

COLOMBANI, P.; WENK, C.; KUNZ, I.; KRAHENBUHL, S.; KUHN, M.; ARNOLD, M.; FREY-RINDOVA, P.; FREY, W.; LANGHANS, W. Effects of L-carnitine supplementation on physical performance and energy metabolism of endurance-trained athletes: a double-blind crossover field study. **European Journal of Applied Physiology**, v. 73, p. 434-439, 1996. DOI: 10.1007/BF00334420.

D´SOUZA, D. N.; WARNER, R. D.; DUNSHEA, F. R.; LEURY, B. J. Comparison of different dietary magnesium supplements on pork quality. **Meat Science**, v. 51, n. 3, p. 221-225, Mac. 1999. DOI: 10.1016/S0309-1740(98)00110-7.

D´SOUZA, D. N.; WARNER, R. D.; LEURY, B. J.; DUNSHEA, F. R. The effect of dietary magnesium aspartate supplementation on pork quality. **Journal of Animal Science**, v. 76, p. 104-109, Jan. 1998. DOI: 10.2527/1998.761104x.

EDWARDS, L. N.; ENGLE, T. E.; PARADIS, M. A. Persistence of blood changes associated with alteration of the dietary electrolyte balance in commercial pigs after feed withdrawal, transportation, and lairage, and the effects on performance and carcass quality. **Journal of Animal Science**, v. 88, p. 4068-4077, Dec. 2010. DOI: 10.2527/jas.2009-2139

FREDERICK, B. R.; VAN HEUGTEN, E.; SEE, M. T. Effects of pig age at market weight and magnesium supplementation through drinking water on pork quality. **Journal of Animal Science**, v. 84, p. 1512-1519, June 2006. DOI: 10.2527/2006.8461512x.

FREDERICK, B. R.; van HEUGTEN, E.; SEE, M. T. Timing of magnesium supplementation administered through drinking water to improve fresh and stored pork quality. **Journal of Animal Science**, v. 82, p. 1454-1460, May 2004. DOI: 10.2527/2004.8251454x.

GARRET, R. H.; GRISHAM, C. M. **Biochemistry**. 2nd ed. Orlando: Saunders College Publishing, 1999. 1127 p.

GEESINK, G. H.; van BUREN, R. G. C.; SAVENIJE, B.; VERSTEGEN, M. W. A.; DUCRO, B. J.; PALEN, J. G. P. van der; HEMKE, G. Short-term feeding strategies and pork quality. **Meat Science**, v. 67, n. 1, p. 1-6, May 2004. DOI: 10.1016/j.meatsci.2003.08.015.

HAMILTON, D. N.; ELLIS, M.; HEMANN, M. D.; MCKEITH, F. K.; MILLER, K. D.; PURSER, F. K. The impact of *longissimus* glycolytic potential and short-term feeding of magnesium sulfate heptahydrate prior to slaughter on carcass characteristics and pork quality. **Journal of Animal Science**, v. 80, p. 1586-1592, June 2002. DOI: 10.2527/2002.8061586x.

HAMILTON, D. N.; ELLIS, M.; MCKEITH, F. K.; EGGERT, J. M. Effect of level, source, and time of feeding prior to slaughter of supplementary dietary magnesium on pork quality. **Meat Science**, v. 65, n. 2, p. 853-857, Oct. 2003. DOI: 10.1016/S0309-1740(02)00291-7.

HAYDON, K. D.; WEST, J. W.; MCCARTER, M. N. Effect of dietary electrolyte balance on performance and blood parameters of growing-finishing swine fed in high ambient temperatures. **Journal of Animal Science**, v. 68, p. 2400-2406, Aug. 1990. DOI: 10.2527/1990.6882400x.

HEO, K.; LIN, X.; ODLE, J.; HAN, I. K. Kinetics of carnitine palmitoyltransferase I are altered by dietary variables and suggest a metabolic need for supplemental carnitine in young pigs. **The Journal of Nutrition**, v. 130, p. 2467-2470, 2000b. DOI: 10.1093/jn/130.10.2467

HEO, K.; LIN, X.; ODLE, J.; HAN, I. K.; CHO, W.; SEO, S.; van HEUGTEN, E.; PILKINGTON, D. H. Dietary L-Carnitine Improves Nitrogen Utilization in growing Pigs Fed Low Energy, Fat-Containing Diets. **The Journal of Nutrition**, v. 130, p. 1809-1814, 2000a. DOI: 10.1093/jn/130.7.1809

HOFFMAN, L. A.; IVERS, D. J.; ELLERSIECK, M. R.; VEUM, T. L. The effect of L-carnitine and soybean oil on performance and nitrogen and energy utilization by neonatal and young pigs. **Journal Animal Science**, v. 71, p. 132-138, 1993.

HUMPHREYS, J. L.; CARLSON, M. S.; LORENZEN, C. L. Dietary supplementation of magnesium sulfate and sodium bicarbonate and its effect of pork quality during environmental stress. **Livestock Science**, v. 125, p. 15-21, 2009.

JAMES, B. W.; TOKACH, M. D.; GOODBAND, R. D.; NELSEN, J. L.; DRITZ, S. S.; OWEN, K. Q.; UNRUH, J. A.; LAWRENCE, T. E. Effect of L-carnitine and paylean (Ractopamine-HCl) supplementation on growth performance, carcass characteristics, and *post mortem* pH decline. **Kansas Agriculture Experiment Station Research Reports**, v. 897, p. 111-115, 2002.

JAMES, B. W.; TOKACH, M. D.; GOODBAND, R. D.; NELSEN, J. L.; DRITZ, S. S.; OWEN, K. Q.; WOODWORTH, J. C.; SULABO, R. C. Effect of dietary L-carnitine and ractopamine HCl on the metabolic response to handling in finishing pigs. **Journal Animal Science**, v. 91, p. 4426-4439, 2013a.

JAMES, B. W.; TOKACH, M. D.; GOODBAND, R. D.; NELSEN, J. L.; DRITZ, S. S.; OWEN, K. Q.; WOODWORTH, J. C.; SULABO, R. C. Interactive effects of dietary ractopamine HCl and L-carnitine on finishing pigs: I. Carcass characteristics and meat quality. **Journal Animal Science**, v. 91, p. 3272-3282, 2013c.

JAMES, B. W.; TOKACH, M. D.; GOODBAND, R. D.; NELSEN, J. L.; DRITZ, S. S.; OWEN, K. Q.; WOODWORTH, J. C.; SULABO, R. C. Interactive effects of dietary ractopamine HCl and L-carnitine on finishing pigs: I. Growth performance. **Journal Animal Science**, v.91, p.3265-3271, 2013b.

LAHUCKY, R.; NURNBERG, K.; KUCHENMEISTER, U.; BAHNELKA, I.; MOJTO, J.; NURNBERG, G.; ENDER, K. The effect of dietary magnesium oxide supplementation on fatty acid composition, antioxidative capacity and meat quality of heterozygous and normal malignant hyperthermia (MH) pigs. **Archiv Tierzucht Dummerstorf**, v. 47, p. 183-191, 2004. DOI: 10.5194/aab-47-183-2004.

LEHNINGER, A. L. **Bioquímica: biossíntese e a utilização da energia das ligações de fosfato**. São Paulo: Edgard Blucher Ltda. 1976. 596 p.

LI, D.; QIAO, Q.; JOHNSON, E. W.; JIANG, J.; WANG, F.; BLUM, R.; ALLEE, G. Effect of L carnitine and source of dietary fat on growth performance and serum biochemical parameters of piglets weaned at 35 days of age. **Asian Australasian Journal Animal Science**, v. 12, n. 8, p. 1263-1272, 1999. DOI: 10.5713/ajas.1999.1263.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of swine**. 11th rev. ed. Washington, DC: National Academy Press, 2012. 400 p.

OWEN, K. Q.; JIT, H.; MAXWELL, C. V.; NELSEN, J. L.; GOODBAND, R. D.; TOKACH, M. D.; TREMBLAY, G. C.; KOO, S. I. Dietary L carnitine suppresses mitochondrial branched chain keto acid dehydrogenase activity and enhances protein accretion and carcass characteristics of swine. **Journal of Animal Science**, v. 79, p. 3104-3112, Dec. 2001b. DOI: 10.2527/2001.79123104x.

OWEN, K. Q.; NELSEN, J. L.; GOODBAND, R. D.; TOKACH, M. D.; FRIESEN, K. G. Effect of dietary L carnitine on growth performance and body composition in nursery and growing finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 79, p. 1509-1515, June 2001a. DOI: 10.2527/2001.7961509x.

- OWEN, K. Q.; NELSEN, J. L.; GOODBAND, R. D.; WEEDEN, T. L.; BLUM, S. A. Effect of L carnitine and soybean oil on growth performance and body composition of early-weaned pigs. **Journal of Animal Science**, v. 74, p. 1612-1619, Jul. 1996. DOI: 10.2527/1996.7471612x.
- PANELLA-RIERA, N.; VELARDE, A.; DALMAU, A.; FÁBREGA, E.; FONT-i-FURNOLS, M.; GISPERT, M.; SOLER, J.; TIBAU, J.; OLIVER, M. A.; GIL, M. Effect of magnesium sulphate and L-tryptophan and genotype on the feed intake, behaviour and meat quality of pigs. **Livestock Science**, v. 124, p. 277-287, 2009. DOI: 10.1016/j.livsci.2009.02.010.
- PATIENCE, J. F. A review of the role of acid-base balance in aminoacid nutrition. **Journal of Animal Science**, v. 68, p. 398-408, Feb. 1990. DOI: 10.2527/1990.682398x.
- PATIENCE, J. F.; AUSTIC, R. E.; BOYD, D. Effect of dietary electrolytic balance on acid-base status in swine. **Journal of Animal Science**, v. 64, p. 457-466, Feb. 1987. DOI: 10.2527/jas1987.642457x.
- PATIENCE, J. F.; AUSTIC, R. E.; BOYD, D. The effect of sodium bicarbonate or potassium bicarbonate on acid-base status and protein and energy digestibility in swine. **Nutrition Research**, v. 6, p. 263-273, 1986. DOI: 10.1016/S0271-5317(86)80130-0.
- PEETERS, E.; NEYT, A.; BECKERS, F.; DE SMET, S.; AUBERT, A. E.; GEERS, R. Influence of supplemental magnesium, tryptophan, vitamin C, and vitamin E on stress responses of pigs to vibration. **Journal of Animal Science**, v. 83, p. 1568-1580, July 2005. DOI: 10.2527/2005.8371568x.
- SCHAEFER, A. L.; MURRAY, A. C.; TONG, A. K. W.; JONES, S. D. M.; SATHER, A. P. The effect of *ante mortem* electrolyte therapy on animal physiology and meat quality in pigs segregating at the halothane gene. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 73, p. 231-240, 1993. DOI: 10.4141/cjas93-025.
- SHAND, P. J.; BOLES, J. A.; PATIENCE, J. F.; MCCURDI, A. R.; SCHAEFER, A. L. Acid/base status of stress susceptible pigs affects cured ham quality. **Journal of Food Science**, v. 60, n. 5, p. 996-1000, 1995. DOI: 10.1111/j.1365-2621.1995.tb06278.x.
- STEPHENS, F. B.; CONSTANTIN-TEODOSIU, D.; GREENHAFF, P. L. New insights concerning the role of carnitine in the regulation of fuel metabolism in skeletal muscle. **The Journal of Physiology**, v. 581, n. 2, p. 431-444, June 2007. DOI: 10.1113/jphysiol.2006.125799.
- SWIGERT, K. S.; MCKEITH, F. K.; CARR, T. C.; BREWER, M. S.; CULBERTSON, M. Effects of dietary vitamin D3, vitamin E, and magnesium supplementation on pork quality. **Meat Science**, v. 67, n. 1, p. 81-86, May 2004. DOI: 10.1016/j.meatsci.2003.09.008.
- TANG, R.; YU, B.; ZHANG, K.; CHEN, D. Effects of supplemental magnesium aspartate and short-duration transportation on *post mortem* meat quality and gene expression of μ -calpain and calpastatin of finishing pigs. **Livestock Science**, v. 121, p. 50-55, 2009. DOI: 10.1016/j.livsci.2008.05.015.

TANG, R.; YU, B.; ZHANG, K.; CHEN, D. Effects of supplementing two levels of magnesium aspartate and transportation stress on pork quality and gene expression of μ -calpain and calpastatin of finishing pigs. **Archives of Animal Nutrition**, v. 62, p. 415-425, 2008. DOI: 10.1080/17450390802214183.

UZIEL, G.; GARAVAGLIA, B.; DONATO, S. di. Carnitine stimulation of pyruvate dehydrogenase complex (PDHC) in isolated human skeletal muscle mitochondria. **Muscle and Nerve**, v. 11, p. 722-724, July 1988. DOI: 10.1002/mus.880110708.

VAN HEUGTEN, E.; HANSON, D.; ANGE III, D.; SEE, M. T. Effects of on-farm magnesium supplementation through water on pork quality under two slaughter conditions. **Journal of Muscle Foods**, v. 21, p. 350-364, 2010. DOI: 10.1111/j.1745-4573.2009.00187.x.

VAN KEMPEN, T. A. T. G.; ODLE, J. Carnitine affects octanoate oxidation to carbon dioxide and dicarboxylic acids in colostrum-deprived piglets: *in vivo* analysis of mechanisms involved based on coa- and carnitine-ester profiles. **The Journal of Nutrition**, v. 125, p. 238-250, 1995. DOI: 10.1093/jn/125.2.238.

VAZ, F. M.; WANDERS, R. J. A. Carnitine biosynthesis in mammals. **Biochemical Journal**, v. 361, p. 417-429, Feb. 2002. DOI: 10.1042/0264-6021:3610417.

VECCHIET, L.; LISA, F. di; PIERALISI, G.; RIPARI, P.; MENABÓ, R.; GIAMBERARDINO, M. A.; SILIPRANDI, N. Influence of L-carnitine administration on maximal physical exercise. **European Journal of Applied Physiology**, v. 61, n. 5-6, p. 486-490, 1990. DOI: 10.1007/BF00236072.

VON KIETZMANN, M.; JABLONSKI, H. J. Zur streßabschirmung mit magnesiumaspartat-hydrochlorid beim schwein. **Der Praktische Tierarzt**, v. 66, p. 328-335, 1985.

WAL, P. G. van der; ENGEL, B.; VAN ESSEN, G.; HULSHOF, H. G. Changes in blood acid-base characteristics, haemoglobin and lactate concentrations due to increasing moderate stress in pigs. **Netherlands Journal of Agricultural Science**, v. 34, p. 109-111, 1986.

WAYLAN, A. T.; O'QUINN, P. R.; GOODBAND, R. D.; UNRUH, J. A.; NELSEN, J. L.; WOODWORTH, J. C.; TOKACH, M. D. Effects of dietary additions of modified tall oil, chromium nicotinate, and L-carnitine on growth performance, carcass characteristics, and bacon characteristics of growing-finishing pigs. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 83, p. 459-467, 2003. DOI: 10.4141/A02-036.

YING, W.; TOKACH, M. D.; DEROUCHÉY, J. M.; HOUSER, T. E.; DRITZ, S. S.; GOODBAND, R. D.; NELSEN, J. L. Effects of dietary additions of modified tall oil, chromium nicotinate, and L-carnitine on growth performance, carcass characteristics, and bacon characteristics of growing-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 91, n. 3, p. 3211-3219, Aug. 2013. DOI: 10.4141/A02-036.