

ESTRATÉGIAS NUTRICIONAIS E SUAS IMPLICAÇÕES PARA A QUALIDADE DA CARNE SUÍNA

Tercsinha Marisa Bertol¹, Jorge Vitor Ludke²

¹Zoot., MSc., Ph.D., Pesquisadora Áreas de Nutrição e Qualidade de Carne - Embrapa Suínos e Aves

²Eng. Agr., MSc., D.Sc., Pesquisador Área de Nutrição - Embrapa Suínos e Aves

Resumo

A nutrição, juntamente com o manejo e a genética, é um importante fator definidor da qualidade da carne em suínos. Vários aspectos da nutrição, desde o manejo alimentar até o uso de níveis de nutrientes específicos e de determinados ingredientes e aditivos, podem impactar a qualidade da carne. Neste artigo serão abordados os efeitos das principais estratégias nutricionais com potencial para influenciar a qualidade da carne em suínos. A qualidade da gordura presente na dieta, o uso de antioxidantes naturais ou sintéticos, tais como tocoferóis, vitamina E, selênio e outros minerais e vitaminas impactam a qualidade da gordura e sua estabilidade oxidativa, conseqüentemente afetando a qualidade tecnológica e as propriedades sensoriais da carne. Os ingredientes utilizados como fonte de energia na dieta dos suínos podem influenciar as reservas de energia do músculo no momento do abate e assim afetar o pH e as propriedades tecnológicas da carne. O programa nutricional utilizado na fase final de produção, mais especificamente o nível e o balanço de aminoácidos da dieta, pode influenciar o nível de gordura intramuscular. Da mesma forma, o uso de aditivos repartidores de energia reduz a quantidade de gordura na carcaça, podendo reduzir a gordura intramuscular e a firmeza da gordura. O jejum pré-abate é uma prática amplamente utilizada na suinocultura, com o objetivo de reduzir o custo da alimentação, mortes durante o transporte e contaminação das carcaças durante o processo de evisceração. Esta prática resulta em pH inicial e final da carne normalmente mais elevados, e em reduzida temperatura corporal ao abate, diminuindo a incidência de carne PSE. A suplementação por curto período de tempo antes do abate com Mg e outros eletrólitos tem efeito limitado sobre o estresse pré-abate e sobre a qualidade da carne PSE. Portanto, diversas estratégias nutricionais podem ser utilizadas na produção de suínos para melhoria da qualidade da carne ou para melhoria do desempenho e da carcaça, mas com implicações para a qualidade da carne. A escolha da melhor estratégia depende do objetivo da produção, se em larga escala para alto rendimento industrial ou produção de volumes limitados para produtos diferenciados com valor agregado.

Introdução

A nutrição, juntamente com o manejo e a genética, é um importante fator para definir a qualidade da carne em suínos, tanto fresca quanto na forma de produtos industrializados. Vários aspectos da nutrição, desde o manejo alimentar até o uso de níveis de nutrientes específicos e de determinados ingredientes e aditivos, podem impactar a qualidade da carne. Desta forma, a melhor estratégia de nutrição para a manutenção e melhoria da qualidade da carne passa pela

definição do objetivo da produção, ou seja, produção em larga escala ou para nichos de mercado.

O grau de marmoreio é extremamente importante para as características sensoriais da carne. Níveis de marmoreio de no mínimo de 2,0% são necessários para adequada suculência e sabor da carne e para o desenvolvimento de sabor nos produtos processados. Por outro lado, para a maioria dos consumidores, níveis de marmoreio acima de 3,5% levam à rejeição da carne pelo excesso de gordura visível, além de alterações no sabor e textura da carne (FERNANDEZ et al., 1999). Na grande maioria dos genótipos modernos a percentagem de marmoreio fica abaixo de 2%, portanto, deficiente em relação à qualidade sensorial. Embora o marmoreio da carne seja dependente das raças que compõem as linhagens, do grau de seleção genética para determinadas características e do corte de carne considerado, a nutrição também desempenha um papel fundamental no seu desenvolvimento.

Na conversão do músculo em carne, a evolução do pH é um dos fatores determinantes no desenvolvimento da qualidade da carne, interagindo com aspectos sensoriais subjetivos tais como a cor, além de correlacionar diretamente com perdas objetivamente mensuráveis. A perda por gotejamento no período pós abate que se estende até o processamento final da carne suína é um dos maiores desafios que deve ser enfrentado em todos os elos da cadeia. As medidas preventivas para redução de perdas envolve desde a criação dos suínos (genética e alimentação), o manejo pré-abate, o abate, o manejo das carcaças no pós-abate e a adequada conservação da carne no processo de comercialização no atacado e varejo.

Admite-se como perda inevitável valores entre 2,5 a 3,0% do peso da carcaça e, estas perdas são decorrentes dos processos metabólicos/bioquímicos que necessitam ocorrer no processo de conversão do músculo em carne. Esta é a meta alvo de perda máxima permitida que é estabelecida pelos frigoríficos em países como a Dinamarca e os Estados Unidos. Considerando-se o volume de produção de suínos no Brasil, pode-se estimar as perdas causadas pela perda por gotejamento nas carcaças da seguinte forma:

$37.737.000 \text{ carcaças} \times 80,2 \text{ kg peso médio por carcaça} \times 1 \% \text{ de perda} = 30.190 \text{ toneladas de carcaça}$
 $30.190 \text{ toneladas de carcaça} \times \text{US\$ } 2.000,00 \text{ preço médio tonelada} = 60,4 \text{ milhões de dólares ao ano em cada } 1\% \text{ de perda.}$

Está claro que a perda, em sua maior proporção, é na carne. Se a caracterização da porcentagem de perda for exclusivamente em relação à carne, em valores absolutos, a perda monetária é muito maior. Esta é apenas a perda relativa quantificada para cada 1%, porém, a perda pela restrição da expansão do consumo devido ao fator qualidade não satisfatória é difícil de mensurar. A continuidade no ato da

aquisição da carne pelo consumidor depende da constância na qualidade, ou seja, ausência de eventos isolados de qualidade fora do padrão.

Embora com forte influência da genética e manejo nos períodos pré-abate e pós-abate, várias estratégias nutricionais podem ser empregadas para manutenção do pH das carcaças a níveis adequados e conseqüente redução da perda por gotejamento e manutenção das características sensoriais.

Neste artigo serão abordados os efeitos das principais estratégias nutricionais com potencial para influenciar a qualidade da carne em suínos.

Suplementação da dieta com gordura

Há indícios de que ácidos graxos específicos podem modificar a expressão de genes e afetar o desenvolvimento do tecido adiposo, embora estes resultados não tenham sido conclusivos em estudos *in vivo* (AZAIN et al., 2004). Em ratos, o fornecimento de dietas com alto conteúdo de ácidos graxos ômega-3 resultou em redução da lipogênese, do tamanho das células adiposas e da deposição de gordura corporal (SU e JONES, 1993; FICKOVA et al., 1997), indicando que animais consumindo dietas contendo gorduras com alto conteúdo de ômega-3 tendem a apresentar menor deposição de gordura corporal do que os que consomem dietas suplementadas com gorduras mais saturadas. Entretanto, é necessário considerar as diferenças intrínsecas entre as espécies, tais como os sítios de lipogênese, que em ratos ocorre no fígado e no tecido adiposo, enquanto no suíno ocorre quase que exclusivamente no tecido adiposo (AZAIN et al., 2004).

A suplementação da dieta com altos níveis de gorduras na fase final de produção dos suínos, em geral, leva ao aumento do teor de gordura total na carcaça em função da elevação do conteúdo de energia da dieta, o que não é desejável do ponto de vista da produção industrial que busca carcaças com alta percentagem de carne magra. Este efeito pode ser neutralizado pela inclusão de ingredientes fibrosos para compensação do nível de energia da dieta (BERTOL et al., 2003; BERTOL et al., 2005a). Por outro lado, alguns tipos de gordura específicos, quando adicionados à dieta de suínos podem até mesmo reduzir a deposição de gordura corporal. Siebra et al. (2009) observaram que a suplementação da dieta de suínos com farelo de coco resultou em redução da espessura de toucinho e da perda por resfriamento, o que pode ser atribuído ao conteúdo de ácidos graxos de cadeia média do farelo de coco, os quais são saturados e mais facilmente utilizados como fonte de energia. O ácido linoleico conjugado (CLA) induz à redução da gordura corporal, ao mesmo tempo em que proporciona aumento do marmoreio, efeitos estes diretamente proporcionais à dose administrada e ao tempo de suplementação e dependentes do genótipo, ou seja, tem maior efeito em genótipos com maior conteúdo de gordura corporal (WIEGAND et al., 2001; WIEGAND et al., 2002). Através de meta-análise, Dunshea et al. (2005) observaram que a suplementação da dieta com CLA resulta em redução da espessura de toucinho e aumento do marmoreio, aumento da capacidade de retenção de água e redução da maciez com mínimo ou nenhum efeito sobre outras características de qualidade da carne em suínos.

A suplementação da dieta com outros tipos de óleo ou de gordura animal tem apresentado resultados contraditórios sobre a gordura intramuscular. Myer et al. (1992) observaram redução linear da gordura intramuscular em suínos alimentados com dietas contendo níveis crescentes de óleo de canola. Ao contrário, Bertol et al. (no prelo) observaram aumento do escore de marmoreio com a suplementação da dieta com óleo de canola, comparado com óleo de soja ou óleo de canola+linho. Porém, na maioria dos estudos consultados, a suplementação da dieta com diferentes tipos de óleos tais como, óleo de canola, oliva, linho, girassol alto oleico, colza, óleo de soja, óleo de palma e gordura branca de primeira com diferentes graus de hidrogenação, não alterou o conteúdo de gordura intramuscular em suínos (BUSBOOM et al., 1991; WARNANTS et al., 1996; BOSI et al., 2000; AVERETTE GATLIN et al., 2003; NUERNBERG et al., 2005; TEYE et al., 2006; CORINO et al., 2008).

Nos suínos, a gordura ingerida através da dieta inibe a lipogênese endógena (ALLEE et al., 1971), o que permite que uma grande proporção dos ácidos graxos da dieta sejam depositados diretamente na gordura corporal (AZAIN et al., 2004). Desta forma, através da suplementação da dieta com óleos e gorduras com diferentes perfis de ácidos graxos é possível induzir a elevação ou redução de determinados ácidos graxos na gordura suína de acordo com o objetivo pretendido, ou seja, aumentar a saudabilidade, imprimir características organolépticas diferenciadas e/ou melhorar as características físicas dos produtos processados. Os óleos de canola, colza e oliva são ricos em ácidos graxos monoinsaturados, sendo que a canola e a colza apresentam também níveis consideráveis de ácidos graxos poli-insaturados ômega-6 e ômega-3 (NRC, 1998). Por essa razão, a suplementação da dieta de suínos com óleo de colza, óleo de canola ou grão de canola integral resulta em aumento no conteúdo dos ácidos graxos C18:1, C18:2 e C18:3 e redução dos ácidos graxos saturados na gordura corporal em relação a dietas convencionais não suplementadas com óleo (BUSBOOM et al., 1991; MYER et al., 1992; LAURIDSEN et al., 1999). Bosi et al. (2000) observaram que a suplementação com óleo de girassol alto oleico resultou em aumento do conteúdo dos ácidos graxos monoinsaturados e poli-insaturados e redução dos ácidos graxos saturados. Relativamente a suplementação com sebo, o óleo de canola causa aumento nos ácidos graxos C18:2 e C18:3 e redução dos ácidos graxos saturados, mas não altera o nível de C18:1 (DUGAN et al., 2004), já que o sebo também é rico em C18:1. Em comparação com o óleo de linho, o óleo de oliva suplementado na dieta proporciona aumento do C18:1 e redução do C18:2 e C18:3 (NUERNBERG et al., 2005). O consumo de dietas com alto teor de ácidos graxos monoinsaturados tem sido apontado como benéfico à saúde humana, pois atualmente é reconhecido na nutrição que um dos efeitos positivos do ácido C18:1 é sobre a modulação da relação entre o colesterol HDL e o LDL.

Os óleos de soja e de arroz apresentam alto conteúdo de ácido graxo C18:2, mas o óleo de arroz apresenta também alto conteúdo de C18:1 e baixo C18:3, enquanto que o óleo de soja contém níveis moderados de ambos (NRC, 1998; PAUCAR-MENACHO, 2007). A utilização de farelo de arroz rico em óleo na dieta de suínos aumenta a proporção de C18:2 e C18:3 na gordura destes animais, em relação ao

uso de uma dieta convencional de milho e farelo de soja sem suplementação com gordura (CAMPOS et al., 2006), mas reduz a concentração de C18:1 (CAMPOS et al., 2007). Quando comparado com gordura saturada (óleo de palma ou gordura branca de primeira), o óleo de soja suplementado na dieta causa aumento no conteúdo de ácidos graxos poli-insaturados, tanto ômega-6 quanto ômega-3 e redução no conteúdo de ácidos graxos monoinsaturados e saturados da gordura corporal (TEYE et al., 2006; OLIVARES et al., 2009; BENZ et al., 2011). Portanto, a suplementação da dieta com óleo de arroz e óleo de soja tende a aumentar o conteúdo dos ácidos graxos ômega-6 e ômega-3 e a reduzir o conteúdo de ácidos graxos monoinsaturados e saturados.

O óleo de semente de linho se caracteriza por alto conteúdo de ácidos graxos poli-insaturados, principalmente ômega-3, os quais contribuem com aproximadamente 45 a 55% do total, nível moderado de ácidos graxos monoinsaturados e baixo nível de saturados. A inclusão de semente de linho em dietas para suínos resulta em aumento do conteúdo de ácidos graxos ômega-3, em níveis crescentes de acordo com o nível de inclusão na dieta ou com o tempo de fornecimento das dietas (ROMANS et al., 1995; ENSER et al., 2000; KOUBA et al., 2003; JUÁREZ et al., 2010). O aumento do ácido graxo C18:3 na gordura traz como vantagem o aumento dos ácidos graxos C20:5 (EPA) e C22:6 (DHA), dos quais o C18:3 é precursor. Estes ácidos graxos são apontados por seu efeito benéfico sobre a saúde, no controle das doenças cardiovasculares.

Em alguns estudos foram comparados vários tipos de óleo simultaneamente. Bertol et al. (no prelo) compararam dietas com alto oleico, alto linoleico ou alto oleico + linolênico, através da suplementação com óleos de canola, soja ou canola + linho, respectivamente, para suínos em terminação. Estes autores observaram que a tanto a gordura intramuscular do *m. longissimus dorsi*, quanto os lipídeos do toucinho refletiram o perfil de ácidos graxos da dieta.

Por outro lado, a hidrogenação da gordura da dieta causa elevação nos ácidos graxos saturados e redução nos ácidos graxos monoinsaturados e poli-insaturados (AVERETTE GATLIN et al., 2003). Da mesma forma, a suplementação da dieta com ácido linoleico conjugado (CLA) resulta na incorporação dos isômeros de CLA *cis-9*, *trans-11* e *trans-10*, *cis-12*, na elevação da proporção dos ácidos graxos saturados e na redução dos ácidos graxos monoinsaturados, com efeitos variados sobre os ácidos graxos poli-insaturados da gordura corporal (RAMSAY et al., 2001; WIEGAND et al., 2002; MARTIN et al., 2007). Do ponto de vista da saúde dos consumidores, a redução da proporção dos ácidos graxos monoinsaturados associada com a suplementação com ácido linoleico conjugado é um ponto negativo, mas a incorporação dos isômeros de CLA é positiva, pois o *cis-9*, *trans-11* é apontado por propriedades anti-cancer (Ip et al., 1994), enquanto que o isômero *trans-10*, *cis-12* reduz a deposição corporal de lipídeos (PARK et al., 1997; DECKERE et al., 1999; PARIZA et al., 2001; WIEGAND et al., 2001; WIEGAND et al., 2002). O maior grau de saturação da gordura, embora negativo do ponto de vista de saúde, é positivo em relação à qualidade dos produtos processados. Por fim, maior grau de saturação da gordura parece estar associado com maior capacidade de retenção de água na carne, possivelmente devido a maior

estabilidade oxidativa dos ácidos graxos presentes nas membranas celulares.

Observando-se os relatos de diversos estudos, verifica-se que, os ácidos graxos poli-insaturados, principalmente o C18:3, sofrem maior alteração proporcional na gordura corporal em função da gordura suplementada na dieta dos que os ácidos graxos monoinsaturados e saturados (MYER et al., 1992; LAURIDSEN et al., 1999; AVERETTE GATLIN et al., 2003; BERTOL et al., no prelo), sendo mais fácil manipular seu nível na gordura corporal.

Alguns fatores devem ser levados em consideração quando se pensa em alterar o perfil de ácidos graxos da gordura dos suínos. Primeiro, o ponto de fusão da gordura varia inversamente com seu grau de insaturação. Uma das consequências da presença de alto conteúdo de ácidos graxos insaturados na gordura, particularmente os poli-insaturados, é a produção de gordura mais fluida (AVERETTE GATLIN et al., 2003; RENTFROW et al., 2003; BERTOL et al. no prelo), que impacta negativamente a qualidade dos produtos processados, por causar aspecto oleoso, escorrimento da gordura, textura menos firme, menor força de coesão e pior qualidade no fatiamento dos embutidos (WARNANTS et al., 1998; BOSI et al., 2000; TEYE et al., 2006) (Tabela 1).

Segundo, os compostos voláteis resultantes da oxidação e outras reações que ocorrem naturalmente durante a transformação do músculo em carne, maturação e processamento ou cozimento, são importantes fatores determinantes do aroma e do sabor, e, conseqüentemente, da aceitabilidade da carne e dos produtos processados pelos consumidores. A combinação de diferentes proporções de ácidos graxos na dieta, e, conseqüentemente na gordura animal, dá origem a diferentes produtos da oxidação. A gordura poli-insaturada apresenta baixa estabilidade oxidativa, podendo resultar na produção de compostos voláteis indesejáveis, influenciando negativamente o sabor e o aroma (*off-flavor*) da carne e dos produtos processados (DAZA et al., 2005; MUSELLA et al., 2009). A presença de alto conteúdo de C18:3 *per se* causa alteração do sabor da carne e dos produtos processados (ROMANS et al., 1995; warnants et al., 1998), frequentemente apontado como sabor de peixe, e redução da aceitação dos produtos por parte dos consumidores. Em um estudo para avaliação sensorial do aroma de diferentes ácidos graxos por um painel treinado, Campo et al. (2003) observaram que o C18:1 foi associado com odor denominado "oleoso", o C18:2 com odor de "óleo de fritura" e o C18:3 com odor de peixe e linhaça. Isto demonstra que a presença e a combinação de diferentes proporções de ácidos graxos associados à carne podem potencialmente dar origem a diferentes efeitos sobre o odor e aceitabilidade do produto final. As fontes de gorduras ricas em ácidos graxos monoinsaturados são as mais indicadas para compor as dietas dos suínos, por favorecerem a produção de compostos voláteis desejáveis nos produtos.

A dieta do suíno Ibérico, que é rica em ácidos graxos monoinsaturados e ácidos graxos omega-3, provenientes do alimento consumido nos dois últimos meses de vida, resulta em altos níveis destes ácidos graxos na gordura dos animais (DAZA et al., 2005). A combinação das peculiaridades dietéticas proporcionadas pela vegetação característica, aliada a um genótipo específico, em condições de criação (manejo) e processamento definido sob regras oriundas da

tradição e saber local, resultam em produtos protegidos por selo especial de produção (DOP: Denominação de Origem Protegida) de alto valor agregado e famosos mundialmente.

O *pool* de ácidos graxos presentes na carne também pode causar diferentes efeitos sobre a saúde humana. Há um equilíbrio delicado entre o efeito potencialmente benéfico dos ácidos graxos poli-insaturados para a saúde humana, por serem menos colesterogênicos, e seu efeito potencialmente nocivo, resultante da susceptibilidade à oxidação. Os ácidos graxos mono-insaturados são mais estáveis e tem ponto de fusão mais elevado do que os poli-insaturados, residindo aí sua importância para a saúde humana e para a qualidade dos produtos. Da mesma forma, os CLA, apesar de induzir a maior saturação da gordura, apresentam outros benefícios para a saúde já mencionados acima.

Tabela 1. Óleos e gorduras animais e seu potencial efeito sobre as características da gordura corporal em monogástricos e os produtos da oxidação.

Óleo/gordura	Ácido graxo predominante	Produtos da oxidação	Efeito sobre a firmeza
Soja	C18:2	Indesejável	Indesejável
Canola, oliva, outras oleaginosas modificadas para alto conteúdo de C18:1	C18:1 e C18:3	Desejável	Indesejável
Arroz	C18:2	Indesejável	Indesejável
Girassol	C18:1 e C18:2	Desejável	Indesejável
Linho	C18:3	Indesejável	Indesejável
Frango	C18:2 e C18:3	Indesejável	Indesejável
Suíno	C18:1 e ácidos graxos saturados	Desejável	Desejável
Bovino	Saturados e monoinsaturados	Desejável	Desejável
CLA	<i>Cis-9, trans-11 e trans-10, cis-12</i>	—	Desejável

Antioxidantes

Alguns tipos de antioxidantes, naturais ou sintéticos, podem se acumular nos tecidos dos organismos vivos, e, desta forma, desempenhar um importante papel na qualidade dos produtos. As vitaminas E e C estão presentes em inúmeros alimentos e tecidos vivos e são reconhecidas como fortes antioxidantes tanto nestes como em seus derivados. O Selênio (Se) é um micromineral com várias funções no organismo, mas a principal é como antioxidante. Um grande número de pesquisas foram desenvolvidas ao longo das três últimas décadas para elucidação do papel antioxidante das vitaminas, do Se, dos tocoferóis e componentes fenólicos naturalmente presentes nos alimentos, quanto ao seu potencial para melhoria da qualidade da carne e produtos processados.

Vitamina E

A vitamina E é o principal antioxidante lipossolúvel nas membranas celulares, onde atua inibindo a oxidação

dos lipídeos poli-insaturados e reduzindo ácidos graxos oxidados tais como peróxil e alkoxil, transformando-os em hidroperóxidos e hidróxidos lipídicos estáveis, respectivamente (McDOWELL, 1989, citado por NOCKELS et al., 1996; ROJAS et al., 1994). Evidência disto foi demonstrada por Nockels et al. (1996), o qual demonstrou que a atividade da creatina fosfoquinase no plasma foi reduzida após uma situação de estresse em novilhos suplementados com vitamina E. Este resultado foi atribuído à ação protetora da vitamina E às paredes celulares. Esta função da vitamina E torna-se particularmente importante na presença de altos níveis de ácidos graxos poli-insaturados, em virtude de sua alta susceptibilidade à oxidação. A vitamina E está presente na natureza em várias isoformas e a que apresenta maior atividade antioxidante é o α -tocoferol.

A suplementação da dieta com vitamina E resulta em acúmulo deste nutriente nos tecidos, dependente da dose e do tempo de suplementação (TSAI et al., 1978; LAURIDSEN et al., 1999; DAZA et al., 2005; OHENE-ADJEI et al., 2004). A taxa de aumento na concentração de vitamina E nos tecidos em resposta a suplementação na dieta é alta no fígado, seguida pelo tecido adiposo, sendo a mais baixa no músculo (Jensen et al., 1988). Por outro lado, a taxa de decréscimo nos níveis de α -tocoferol após a retirada da suplementação é relativamente rápida no plasma e no fígado, lenta no músculo esquelético e no músculo cardíaco e muito lenta no tecido adiposo (NOCKELS et al., 1996). A presença de altos níveis de vitamina E nos tecidos pode reduzir a oxidação dos lipídeos associados à carne durante a vida de prateleira ou durante a maturação dos produtos processados, aumentar a capacidade de retenção de fluidos, reduzir a oxidação dos pigmentos musculares, bem como melhorar os aspectos de cor e as características sensoriais (TSAI et al., 1978; HONIKEL et al., 1998; ROSENBAUER et al., 1998; SOLER VELASQUEZ et al., 1998; ZANARDI et al., 1998; LAURIDSEN et al., 1999; OHENE-ADJEI et al., 2001). Desta forma, a vitamina E desempenha um importante papel na manutenção da estabilidade da cor da carne, no desenvolvimento do odor e sabor e na redução da perda de fluidos por exsudação, aumentando potencialmente a vida de prateleira da carne e a qualidade dos produtos. Ao contrário dos estudos relatados acima, Enright (1999) e Ohene-Adjei et al. (2004) não obtiveram melhoria na qualidade da carne nem na estabilidade da gordura com a suplementação de até 300 mg de vitamina E/kg na dieta por 42 dias antes do abate.

Níveis de suplementação de no mínimo 100 ppm por 8 semanas ou 200 ppm por 6 semanas são necessários para aumentos significativos do conteúdo de vitamina E nos tecidos e para os efeitos esperados na estabilidade oxidativa da gordura e dos pigmentos e na qualidade da carne.

Algumas matérias primas contêm diferentes formas de tocoferol em quantidades elevadas, os quais podem ser depositados nos tecidos animais. Suínos criados ao ar livre e alimentados com a dieta do suíno ibérico (*bellotas* e forragens) apresentam elevados níveis de tocoferóis nos tecidos e a oxidação dos seus tecidos é fortemente reduzida em relação aos que são alimentados com dietas convencionais (DAZA et al., 2005). Este efeito antioxidante também é atribuído aos componentes fenólicos presentes nas

fornagens consumidas por estes animais, tais como o ácido gálico. Este efeito demonstra o potente efeito antioxidante dos compostos presentes naturalmente em forragens e outros alimentos.

Acredita-se que diversas forragens e oleaginosas poderiam ser utilizadas na alimentação de suínos como fontes naturais de tocoferóis, no entanto, há uma grande dificuldade em se encontrar informações sobre o conteúdo destes compostos nestas matérias primas.

Vitamina C

A vitamina C é um forte agente redutor, entretanto, tem havido um número limitado de pesquisas sobre o impacto desta vitamina na qualidade da carne suína, pelo fato da mesma ser sintetizada no organismo destes animais. Além disto, o ácido ascórbico, principal precursor da vitamina C, está presente em concentrações relativamente elevadas na maioria dos vegetais. A vitamina C atua na conversão da forma oxidada da vitamina E para a forma reduzida (ROJAS et al., 1994), o que, potencialmente, poderia proporcionar um efeito aditivo com esta vitamina, estabilizando os lipídeos e pigmentos do músculo. Por outro lado, o papel da vitamina C como antioxidante nos produtos é controverso devido ao seu papel redutor de metais presentes nos tecidos, como ferro e cobre (MORRISSEY et al., 1998).

A vitamina C é utilizada pelo organismo em funções metabólicas relacionadas com o estresse. Portanto, seu nível nos depósitos corporais podem ser reduzidos em tais situações, tais como no estresse térmico ou no estresse causado pelo transporte ao abatedouro (RIKER et al., 1967; WARRIS; BROWN, 1985). Algumas pesquisas sugerem efeitos positivos da suplementação com vitamina C sobre a qualidade da carne, com elevação do pH e melhoria da cor (MOUROT et al., 1992), mas estes efeitos não são consistentes entre os diversos estudos. Quando associada a baixos níveis suplementares de vitamina E, há uma tendência de aumentar os níveis de vitamina E em alguns tecidos e de melhorar a estabilidade oxidativa da gordura pela suplementação com vitamina C (CHEN; CHANG, 1978; TSAI et al., 1978; ROJAS et al., 1994; LEONHARDT et al., 1996).

Em termos práticos, a suplementação da dieta com ácido ascórbico é difícil, devido à sua baixa estabilidade em condições de temperatura ambiente e exposição à luz. Embora formas mais estáveis desta vitamina tenham sido desenvolvidas, seu uso na alimentação animal em larga escala para melhoria da qualidade da carne não é viável devido ao seu alto custo e não garantia de eficácia.

Componentes fenólicos

Uma grande variedade de vegetais contém componentes com propriedades antioxidantes, os fenóis, que incluem os ácidos fenólicos, os diterpenos fenólicos, os flavonoides e os óleos voláteis (BREWER, 2011), alguns destes também com capacidade antimicrobiana (SEKRETAR et al., 2004; HEN et al., 2010). Extratos de plantas contendo compostos antioxidantes têm sido intensamente estudados para uso na indústria de alimentos, com efeitos positivos. A eficácia de alguns destes extratos como antioxidantes quando adicionados em produtos cárneos ou na gordura de suínos foi demonstrada em alguns estudos (RABABAH et

al., 2004; SEKRETAR et al., 2004; CAMPOS et al., 2007; BERTOL et al., no prelo).

A suplementação da dieta com extratos vegetais ou alimentos contendo propriedades antioxidantes tem também apresentado resultados positivos em relação à estabilidade oxidativa da carne. Mason et al. (2005) relataram redução de TBARS na carne de suínos em função da suplementação da dieta com catequinas do chá verde e com α -tocoferil acetato, com efeito mais pronunciado por parte do α -tocoferil acetato. Da mesma forma, Lahucky et al. (2010) observaram redução no nível de TBARS na carne de animais suplementados com extratos de melissa e de orégano, e um pequeno efeito aditivo da suplementação simultânea com vitamina E. Em outro estudo, o poder antioxidante dos óleos essenciais de orégano e alecrim e da vitamina E foi avaliado em frangos alimentados com dietas contendo altos níveis de ácidos graxos ω -3 (BASMACIOGLU et al., 2004). Os óleos essenciais evitaram um aumento da oxidação dos lipídeos induzida pelos altos níveis de ácidos graxos poli-insaturados e mantiveram as boas qualidades sensoriais da carne de frango. A combinação dos dois óleos teve efeito aditivo, sendo inclusive superior ao efeito do α -tocoferol em doses de 300 mg/kg. Por outro lado, Larrain et al. (2008) verificaram um aumento no nível de TBARS em bolinhos feitos com carne de suínos alimentados com dietas contendo suco de oxicoço em pó, rico em flavonóides.

Com base na literatura pode-se concluir que o uso de extratos vegetais tanto quando adicionado diretamente nos produtos cárneos processados, quanto na dieta para aumentar o poder antioxidante dos tecidos, apresenta grande potencial de uso pela indústria cárnea. No entanto, devido à grande variedade e níveis de concentração dos componentes antioxidantes e da presença de componentes com capacidade pró-oxidante, torna-se necessário aprofundar os estudos para melhor entendimento do poder antioxidante de determinadas plantas e seus extratos, bem como a melhor forma de extração e apresentação do produto, dosagem e tempo de suplementação necessários para ótimos resultados.

Selênio orgânico

O Se é um elemento mineral que, entre outras funções, atua como antioxidante no organismo, protegendo principalmente os lipídeos poli-insaturados das membranas celulares. A suplementação das dietas com altos níveis de Se orgânico, sozinho ou associado com as vitaminas E e C, apresenta potencial para aumentar a retenção de água da carne (LYONS, 1997 citado por DUNSHEA et al., 2005; MATEO et al., 2007). Porém, Mahan et al. (1999) não detectaram efeito da suplementação com Se orgânico sobre a capacidade de retenção de água, e observaram efeito negativo do selenito de sódio sobre esta variável. O efeito benéfico do Se sobre a qualidade da carne parece estar mais bem estabelecido em aves do que em suínos. Visando uma alimentação rica em Selênio natural, duas fontes importantes a citar são a amêndoa da Castanha do Pará (19,170 mg/kg) e o tradicional farelo de trigo (0,776 mg/kg).

Manutenção do Premix na fase final

Assim como níveis supra nutricionais de alguns ingredientes podem melhorar alguns aspectos de qualidade

da carne, é importante ressaltar a necessidade de adequada suplementação com suplementos de minerais e vitaminas nas dietas de suínos até o abate. Portanto, a supressão dos premixes na fase final antes do abate (dos 80 kg em diante), embora recomendada por alguns técnicos em alguns momentos com base em não redução do desempenho e conseqüente economia de gastos com alimentação, é na verdade prejudicial à qualidade da carne e induz a maiores perdas no período pós abate.

Fonte de energia da dieta

Ao se utilizar alimentos alternativos na produção de suínos é importante atentar para o efeito dos carboidratos altamente solúveis, pelo seu efeito potencialmente negativo sobre a qualidade da carne. O conteúdo de glicogênio no músculo varia com a fonte de energia presente na dieta e com o padrão de consumo de alimento.

A ingestão de dietas com altos níveis de carboidratos facilmente digestíveis tais como a sacarose, pode elevar o conteúdo de glicogênio nos músculos, com redução do pH aos 45 minutos e 24 horas após o abate e da capacidade de retenção de fluidos da carne. Nesta categoria estão incluídos os alimentos como o melaço e outros contendo altos níveis de açúcares solúveis. Quando o pH final fica abaixo de 5,5 caracteriza-se a carne ácida, a qual apresenta baixa capacidade de retenção de água (BRISKEY et al., 1959; BRISKEY et al., 1960). Ao contrário, a suplementação da dieta com altos níveis de gordura (BERTOL et al., 2011) ou combinação de diferentes níveis de gordura com carboidratos de baixa digestibilidade (fibra) na dieta, associada a níveis normais ou baixos de proteína, pode reduzir em mais de 20% as reservas de glicogênio do músculo (ROSENVOLD et al., 2001a; 2001b; ROSENVOLD et al., 2003). O resultado é uma elevação do pH aos 45 minutos e 24 horas após o abate e da capacidade de retenção de água (BRISKEY et al., 1960; ROSENVOLD et al., 2001a; ROSENVOLD; ANDERSEN, 2003). Entretanto, em suínos não submetidos a jejum e não estressados antes do abate, este efeito pode não ser detectado, porque níveis suficientes de glicogênio podem ainda permanecer nos músculos para produzir baixos pHs (ROSENVOLD et al., 2001b). Isto demonstra que, embora seja possível reduzir as reservas de energia dos músculos através da formulação das dietas oferecidas aos suínos, esta estratégia não é tão eficiente quanto o jejum pré-abate, e é mais efetiva quando associada a este. Em termos práticos, este tipo de dieta só é viável economicamente na falta dos ingredientes tradicionais utilizados nas dietas de suínos e quando houver alta disponibilidade de alimentos fibrosos e fontes de gordura a preços acessíveis.

Nível de alimentação: nível nutricional e balanço de aminoácidos

O programa nutricional a que os suínos são submetidos na fase final de produção, mais especificamente o nível e o balanço de aminoácidos da dieta, pode influenciar o nível de gordura intramuscular. O fornecimento de dietas com níveis desbalanceados de aminoácidos ou com nível de proteína/ aminoácidos reduzido resulta em aumento substancial na gordura intramuscular (CISNEROS et al., 1996; WOOD

et al., 2004; BERTOL et al., 2010). A redução do nível de proteína da dieta ou a elevação da relação lisina/energia, pode também resultar em redução da concentração de ácidos graxos poli-insaturados, redução da relação ácidos graxos poli-insaturados/saturados e redução da relação omega-6/omega-3 no músculo (CAMERON et al., 2000; WOOD et al., 2004). Este efeito é dependente do grau de adiposidade das raças utilizadas, sendo mais acentuado nas raças mais magras. O efeito do nível de proteína e balanço de aminoácidos da dieta em relação às características organolépticas da carne não está bem estabelecido. Wood et al. (2004) observaram que a dieta com baixo nível de proteína proporcionou aumento da maciez e da suculência da carne, porém, piorou o sabor da carne, sendo que a aceitação geral da carne foi maior para os animais alimentados com a dieta alta em proteína, especialmente nas raças mais gordas. Cameron et al. (2000) relataram que menor relação energia/lisina resultou em carne com maior aceitação do odor e aceitabilidade geral, o mesmo sendo obtido com alimentação à vontade, em comparação com alimentação restrita. Em geral, a carne com maior gordura intramuscular tem maior aceitação pelos consumidores, devido ao melhor sabor e suculência, sendo recomendado um nível mínimo de 2,0% de gordura intramuscular.

Embora efetivo para aumentar o nível de gordura intramuscular, o uso de dietas com baixos níveis de proteína ou com aminoácidos desbalanceados pode apresentar o inconveniente de reduzir o desempenho e/ou aumentar a gordura total na carcaça dos suínos, podendo afetar a lucratividade da agroindústria e dos produtores, dependendo do destino dado ao animal produzido e da forma de remuneração aos produtores.

Suplementação com ractopamina

A ractopamina é um modificador do metabolismo utilizado já de longa data na produção de suínos. Seus efeitos de aumento do ganho de peso, melhoria da eficiência alimentar e redução da gordura da carcaça estão bem documentados (CARR et al., 2005; WEBER et al., 2006; WEBSTER et al., 2007; APPLE et al., 2008). Da mesma forma, o efeito da ractopamina sobre a qualidade da carne foi determinado em inúmeros estudos (CARR et al., 2005; BRIDI et al., 2006; WEBER et al., 2006; WEBSTER et al., 2007; APPLE et al., 2008; FERNÁNDEZ-DUEÑAS et al., 2008; RINCKER et al., 2009). Com os níveis suplementares atualmente utilizados, de 5 a 10 ppm na dieta, por períodos de 21 a 28 dias, não há efeito negativo da ractopamina sobre o pH inicial ou final, escores de cor e firmeza, perda por gotejamento, valor de L* e marmoreio. Por outro lado, os valores de a* e b* são reduzidos na carne dos animais alimentados com ractopamina, indicando que a carne desses animais apresenta coloração vermelha e amarela menos intensa, respectivamente. Além disso, a maciez é discretamente reduzida, efeito detectado tanto pela medida instrumental (*shear force*) como pela análise sensorial. Duas são as causas sugeridas para este efeito sobre a maciez da carne: os altos níveis de proteína e aminoácidos utilizados nas dietas de animais suplementados com ractopamina, e a mudança na proporção das fibras musculares, reduzindo

a porcentagem de fibras intermediárias e aumentando a proporção de fibras brancas (CARR et al., 2005).

Em alguns estudos o marmoreio, avaliado visualmente ou por extração da gordura em laboratório, apresenta ligeira redução com o uso de ractopamina (WEBER et al., 2006), mas este efeito não é consistente entre os diversos estudos e depende de outros fatores. Como os animais alimentados com ractopamina exigem níveis mais elevados de aminoácidos na dieta, a redução do marmoreio é devida em parte à elevada nutrição protéica e em parte à redução da deposição total de gordura na carcaça.

O efeito da suplementação com ractopamina sobre o perfil de ácidos graxos foi relatado em diversos estudos (CARR et al., 2005; WEBER et al., 2006; APPLE et al., 2007; WEBSTER et al., 2007; APPLE et al., 2008; LEICK et al., 2010). A maioria dos trabalhos indicou que a suplementação com 5 ou 10 ppm de ractopamina resulta em alteração no perfil dos ácidos graxos da gordura suína, com uma discreta redução na proporção dos ácidos graxos saturados e monoinsaturados e um aumento dos ácidos graxos poli-insaturados, principalmente C18:2 e C18:3. O resultado dessa alteração no perfil dos ácidos graxos é um pequeno aumento do índice de iodo, o qual, em geral, permanece ainda dentro de valores aceitáveis, ou seja, igual ou menor do que 70 mg de I/100 mg de gordura. O efeito da ractopamina sobre o índice de iodo pode ser potencializado pela associação com a suplementação de óleos altamente insaturados, tais como o óleo de soja (APPLE et al., 2007). Porém, em condições práticas de produção comercial de suínos em larga escala no Brasil, não se utiliza suplementação com óleos nas dietas de terminação. A firmeza da barriga foi avaliada em diversos estudos, sendo que a grande maioria dos estudos indicou que não há efeito da ractopamina sobre esta variável (CARR et al., 2005; SCRAMLIN et al., 2006; WEBER et al., 2006; APPLE et al., 2007; LEICK et al., 2010). Em apenas um estudo foi relatada redução da firmeza da barriga, mas esta resposta foi associada mais com a redução da proporção da gordura e aumento da proporção de carne na barriga do que com o perfil dos ácidos graxos (WEBSTER et al., 2007).

A alteração no perfil dos ácidos graxos associada à suplementação com ractopamina tem sido atribuída à limitação da síntese de novo dos ácidos graxos nos adipócitos suínos (MILLS et al. 1990 citado por APPLE et al., 2007). Isto explica parcialmente a dependência do efeito dessaturante da ractopamina em relação à fonte de gordura suplementar. Porém, parte deste efeito também deve-se à redução da gordura total na carcaça, pois desta forma os lipídeos neutros (mais saturados), presentes nos adipócitos e no interior das fibras musculares, tem sua proporção reduzida em relação aos lipídeos polares (mais poli-insaturados), presentes nas membranas celulares.

Jejum pré-abate

O jejum pré-abate é uma prática amplamente utilizada na suinocultura, com o objetivo de reduzir o custo da alimentação, mortes durante o transporte, contaminação das carcaças durante o processo de evisceração e problemas de carne PSE.

As reservas de glicogênio do fígado são reduzidas com menos de 10 horas de jejum e praticamente extinguidas com 24 horas (WARRIS, 1982; WARRIS; BROWN 1983; WARRIS et al., 1987), mas nos músculos o glicogênio é reduzido em apenas 25 a 30% com 24 horas de jejum (JONES et al., 1985; WITTMAN et al., 1994) e em 40% com 48 horas de jejum (WARRIS, 1982). Porém, o efeito do jejum pré-abate na redução do glicogênio do músculo não pode ser separado do efeito de outros estressores tais como o transporte e interações com animais estranhos.

Apesar da modesta redução nas reservas de glicogênio do músculo causada pelo jejum pré-abate, o pH final da carne normalmente é mais elevado em animais submetidos a jejum (BECKER et al., 1989; EIKELENBOOM et al., 1991; MURRAY e JONES, 1994; WITTMANN et al., 1994), exceto naqueles portadores do gene RN (BIDNER, 1999). Elevação no pH inicial também pode ocorrer (MURRAY et al., 1989; EIKELENBOOM et al., 1991) e esta resulta provavelmente da desaceleração do metabolismo em função do jejum. Com 15 a 16 horas de jejum já é possível observar melhoria na cor da carne, porém, a capacidade de retenção de água parece melhorar somente a partir de 24 horas de jejum. Em função do seu efeito sobre o pH inicial, cor e capacidade de retenção de água, o jejum pré-abate pode reduzir a incidência de carne PSE (EIKELENBOOM et al., 1991; MURRAY et al., 1989; MURRAY; JONES, 1994), e a perda por gotejamento relacionada com baixo pH final (JONES et al., 1985), mas também pode causar a produção de carne DFD (WITTMANN et al., 1994) quando muito prolongado e particularmente quando associado com outros estressores tais como mistura com animais de outros grupos (MURRAY; JONES, 1994).

Quando muito prolongado o jejum também pode resultar em perda de peso das carcaças. Em vista disso, as recomendações de tempo total de jejum, incluindo desde a retirada do alimento na granja até o momento do abate, tem sido de até 18 horas (WARRIS, 1982).

Suplementação com magnésio e outros eletrólitos

Suplementação com magnésio

No período pré-abate os suínos são submetidos a situações de manejo que resultam em estresse mais ou menos intenso e na liberação de determinados hormônios, tais como catecolaminas e cortisol. As catecolaminas provocam aceleração do metabolismo, com rápida quebra de glicogênio e acelerada glicólise, elevada produção de ácido láctico e queda brusca do pH, levando à ocorrência de mortes, suínos em estado de exaustão (não machucados mas sem condições de locomoção – NANIs), e carne de qualidade inferior. Há indícios de que, em situações de estresse, o Mg-aspartato induz à redução da liberação de noradrenalina e adrenalina (D'SOUZA et al., 1998; PEETERS et al., 2005).

Apesar do efeito sobre as catecolaminas, a grande maioria dos estudos tem demonstrado que a suplementação com Mg não altera o pH inicial ou final, os escores de cor e firmeza, os valores de a* e b* e a maciez. Em alguns estudos foi detectado aumento da capacidade de retenção de água em

pelo menos uma das medidas de perda de fluidos da carne (D'SOUZA et al., 1998; D'SOUZA et al., 1999; HAMILTON et al., 2002; HAMILTON et al., 2003; SWIGERT et al., 2004; FREDERICK et al., 2004), mas em outros estudos, não foi observado efeito sobre esta variável em função da suplementação com Mg (APPLE et al., 2001; GEESINK et al., 2004; FREDERICK et al., 2006; HUMPHREYS et al., 2009; PANELLA-RIERA et al., 2009; VAN HEUGTEN et al., 2010). Da mesma forma, foram obtidos alguns resultados positivos do Mg sobre a cor instrumental, com redução do valor de L^* (D'SOUZA et al., 1998; HAMILTON et al., 2002; HAMILTON et al., 2003; GEESINK et al., 2004; SWIGERT et al., 2004), ao mesmo tempo em que em outros estudos não foi provado efeito (D'SOUZA et al., 1999; APPLE et al., 2001; FREDERICK et al., 2004; APPLE et al., 2005; HUMPHREYS et al., 2009; PANELLA-RIERA et al., 2009) ou houve efeito negativo (VAN HEUGTEN et al., 2010). Portanto, a suplementação com Mg por curtos períodos antes do abate tem mínimo efeito sobre a qualidade da carne. As fontes que apresentaram os melhores resultados foram o Mg-aspartato e o sulfato de Mg, suplementados via ração por períodos de 1 a 2 dias para o sulfato e 5 dias para o Mg-aspartato.

Alterações no balanço cátion-ânion da dieta

Parte das respostas fisiológicas relacionadas ao estresse em situações de intenso manejo em suínos induz a acidose metabólica em função da elevada produção de ácido láctico no metabolismo anaeróbico e de desequilíbrio no equilíbrio eletrolítico (BERTOL et al., 2005b; BERTOL et al., 2011). Isto ocorre porque alguns eletrólitos são utilizados pelo organismo na tentativa de neutralizar a acidose causada pelo ácido láctico. A acidose metabólica observada no período pré-abate se caracteriza por elevados níveis de ácido láctico, baixo pH sanguíneo, baixo nível de bicarbonato (HCO_3^-), reduzido excesso de base e alta pressão de CO_2 (pCO_2), podendo resultar em suínos NANs, mortes ou carne de baixa qualidade (PSE ou DFD).

O aumento da diferença entre a quantidade de cátions e ânions ($\text{DEB} = [\text{Na}^+] + [\text{K}^+] + [\text{Ca}^{++}] + [\text{Mg}^{++}] - [\text{Cl}^-] + [\text{P}^-] + [\text{P}^{2-}] + [\text{S}^-]$) da dieta é uma das alternativas que tem sido avaliadas para neutralizar o desequilíbrio ácido-básico e reduzir os efeitos negativos em suínos submetidos a intenso manejo no pré-abate.

A suplementação com bicarbonato de sódio (NaHCO_3) na dieta ou na água de bebida para elevação do balanço cátion-ânion resulta em alteração positiva no equilíbrio ácido-básico em suínos, com aumento do excesso de base, HCO_3^- e pH (PATIENCE et al., 1986; VAN DER WAL et al., 1986; AHN et al., 1992; HAYDON et al., 1990), mas não há evidências de melhoria da qualidade da carne (AHN et al., 1992; BOLES et al., 1994; HUMPHREYS et al., 2009). Além disso, os efeitos positivos sobre o equilíbrio ácido-básico parecem ser mais efetivos com até três dias de suplementação, tornando-se inconsistentes ou nulos com períodos maiores (AHN et al., 1992). Em suínos submetidos a intenso manejo, o aumento da DEB através da suplementação com bicarbonato de sódio (NaHCO_3) em relação a uma dieta padrão ($\text{DEB} \pm 150 \text{ meq/kg}$) resulta em pouco ou nenhum efeito benéfico sobre o equilíbrio ácido-

básico, mas a redução da DEB a valores abaixo de 100 meq/kg causa efeito negativo, com redução do pH, bicarbonato e excesso de base sanguíneos, e aumento da incidência de suínos NANs (HAMILTON, 2002). Além disso, Edwards et al. (2010) observaram que, quando fornecido via ração, o efeito da elevação do DEB sobre o equilíbrio ácido-básico desaparece após 10 horas de jejum. Portanto, em condições práticas com o uso de dietas baseadas em milho e farelo de soja, não há vantagens sobre a qualidade da carne ou a sobrevivência dos animais com a elevação da DEB através da suplementação com NaHCO_3 , mas a sua redução pode potencializar os efeitos negativos do estresse pré-abate.

Conclusões

Diversas estratégias nutricionais podem ser utilizadas na produção de suínos para melhoria da qualidade da carne, ou para melhoria do desempenho e da carcaça, mas com implicações para a qualidade da carne. A escolha da melhor estratégia depende do objetivo da produção, se em larga escala para alto rendimento industrial ou produção em volumes limitados para produtos diferenciados com valor agregado. No primeiro caso, níveis elevados de aminoácidos e aditivos modificadores do metabolismo podem ser utilizados com vantagens em relação ao desempenho e à produção de carne magra, com efeitos limitados sobre o marmoreio da carne.

No segundo caso, a utilização de ingredientes na dieta para elevação dos ácidos graxos monoinsaturados e/ou poli-insaturados (especificamente os n-3), aliada a suplementação com fontes naturais ou sintéticas de compostos antioxidantes, apresenta perspectivas promissoras na produção de produtos mais saudáveis e com qualidade sensorial superior. Ainda, o uso de dietas com níveis reduzidos de aminoácidos e a suplementação com ácidos linoleicos conjugados permitem a produção de carne com qualidade sensorial diferenciada pelo maior conteúdo de marmoreio.

Em ambos os casos o jejum pré-abate reduz a intensidade do metabolismo, amenizando a intensidade e o efeito do estresse, resultando em pH mais elevado, aumento da retenção de fluidos e melhora da cor da carne. O suprimento adequado de vitaminas e minerais, principalmente na fase final de produção garante a integridade das paredes celulares e maior estabilidade dos pigmentos, com redução da perda de fluidos das carcaças e melhoria da cor, prolongando a vida de prateleira. Deve-se ter cautela quanto ao uso na dieta de ingredientes com altos níveis de carboidratos solúveis, devido ao seu efeito negativo sobre o pH final da carne e sobre a capacidade de retenção de fluidos.

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, p.65-79, 1992.
- ALLEE, G.L.; BAKER, D.H.; LEVEILLE, G.A. Influence of level of dietary fat on adipose tissue lipogenesis and enzymatic activity in the pig. *Journal of Animal Science*, v.33, p.1248-1254, 1971.
- APPLE, J.K.; DAVIS, J.R.; RAKES, L.K.; MAXWELL, C.V.; STIVARIUS, M.R.; POILMAN, F.W. Effects of dietary magnesium and duration of refrigerated storage on the quality of vacuum-packaged, boneless pork loins. *Meat Science*, v.57, p.434-53, 2001.

- 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, postmortem muscle metabolism, and meat quality of finishing swine. *Journal of Animal Science*, v.83, p.1633-1645, 2005.
- APPLE, J.K.; MAXWELL, C.V.; KUTZ, B.R.; RAKES, L.K.; SAWYER, J.T.; JOHNSON, Z.B.; ARMSTRONG, T.A.; CARR, S.N.; MATZAT, P.D. Interactive effect of ractopamine and dietary fat source on pork quality characteristics of fresh pork chops during simulated retail display. *Journal of Animal Science*, v.86, p.2711-2722, 2008.
- APPLE, J.K.; MAXWELL, C.V.; SAWYER, J.T.; KUTZ, B.R.; RAKES, L.K.; DAVIS, M.E.; JOHNSON, Z.B.; CARR, S.N.; ARMSTRONG, T.A. Interactive effect of ractopamine and dietary fat source on quality characteristics of fresh pork bellies. *Journal of Animal Science*, v.85, p.2682-2690, 2007.
- AVERETTE GATLIN, L.; SEE, M.T.; HANSEN, J.A.; ODLE, J. Hydrogenated dietary fat improves pork quality of pigs from two lean genotypes. *Journal of Animal Science*, v. 81, p.1989-1997, 2003.
- AZAIN, M.J. Role of fatty acids in adipocyte growth and development. *Journal of Animal Science*, v.82, p.916-924, 2004.
- BASMACIOGLU, H.; TOKUSOGLU, O.; ERGUL, M. The effect of oregano and rosemary essential oils or alpha-tocopheryl acetate on performance and lipid oxidation of meat enriched with n-3 PUFA's in broilers. *South African Journal of Animal Science*, v.34, n.3, p.197-210, 2004.
- BECKER, B.A.; MAYES, H.F.; HAHN, G.L.; NIENABER, J.A.; JESSE, G.W.; ANDERSON, M.E.; HEYMANN, H.; HEDRICK, H.B. Effect of fasting and transportation on various physiological parameters and meat quality of slaughter hogs. *Journal of Animal Science*, 67:334-341, 1989.
- BENZ, J.M.; TOKACH, M.D.; DRITZ, S.S.; NELSSON, J.L.; DEROUCHAY, J.M.; SULABO, R.C.; GOODBAND, R.D. Effects of choice white grease and soybean oil on growth performance, carcass characteristics, and carcass fat quality of growing-finishing pigs. *Journal of Animal Science*, v.89, p.404-413, 2011.
- BERTOL, T.M. 2003. **Management and nutritional approaches to reducing glycolytic potential and stress responses in pigs**. Ph.D. Dissertation, University of Illinois, Urbana-Champaign.
- BERTOL, T.M.; BRAÑA, D.V.; ELLIS, M.; RITTER, M.J.; PETERSON, B.A. Effect of dietary energy source and feed withdrawal on muscle glycolytic potential and blood acid-base responses to handling in harvest weight pigs. *Journal of Animal Science*, v.89, n.5, p.1561-1573, 2011.
- 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, 2005b.
- BERTOL, T.M.; ELLIS, M.; HAMILTON, D.N.; JOHNSON, E.W.; RITTER, M.J. Effect of dietary supplementation with L-carnitine and fat on blood acid-base responses to handling in slaughter weight pigs. *Journal of Animal Science*, v.83, p.75-81, 2005a.
- BERTOL, T.M.; CAMPOS, R.M.L. de; COLDEBELLA, A.; SANTOS FILHO, J.I. dos; FIGUEIREDO, E.A.P. de; TERRA, N.N.; AGNES, I.B.L. Desempenho e qualidade da carne de genótipos de suínos alimentados com dois níveis de aminoácidos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.45, n.6, p.621-629, 2010.
- BERTOL, T.M.; LUDKE, J.V.; CAMPOS, R.M.L. de; TERRA, N.N.; FIGUEIREDO, E.A.P. de; COLDEBELLA, A.; SANTOS FILHO, J.I. dos. Efeitos de genótipo e da suplementação com óleos vegetais de diferentes perfis de ácidos graxos na dieta de suínos. 1. Desempenho e qualidade da carcaça (em elaboração).
- BERTOL, T.M.; FIORENTINI, A.M.; SANTOS, M.J.H. dos; SAWITZKI, M.C.; KAWSKI, V.L.; AGNES, I.B.L.; DALLA COSTA, C.; COLDEBELLA, A.; LOPES, L.S. Rosemary extract and celery powder as natural agents to enhance the quality in colonial salami with different maturation times (no prelo).
- BIDNER, B.S. The effects of RN genotype, feed withdrawal prior to slaughter, lysine deficient diet, and sodium tripolyphosphate pumping on pork quality and sensory characteristics. M.Sc. Thesis. Univ. Illinois, Urbana, 1999.
- 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, p.181-194, 1994.
- BOSI, P.; CACCIAVILLANI, J.A.; CASINI, L.; FIEGO, D.P. Lo; MARCHETTI, M.; MATTUZZI, S. Effects of dietary high-oleic acid sunflower oil, copper and vitamin E levels on the fatty acid composition and the quality of dry cured Parma ham. *Meat Science*, v.54, p.119-126, 2000.
- BREWER, M.S. Natural antioxidants: sources, compounds, mechanisms of action, and potential applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, v.10, p.221-247, 2011.
- BRIDI, A.M.; OLIVEIRA, A.R. de; PONSECA, N.A.N.; SHIMOKOMAKI, M.; COUTINHO, L.L.; SILVA, C.A. da. Efeito do genótipo halotano, da ractopamina e do sexo do animal na qualidade da carne suína. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.35, n.5, p.2027-2033, 2006.
- BRISKEY, E.J., R.W. BRAY, W.G. HOEKSTRA, P.H. PHILLIPS, R.H. GRUMMER. The effect of exhaustive exercise and high sucrose regimen on certain chemical and physical pork ham muscle characteristics. *Journal of Animal Science*, 18:173-177, 1959.
- BRISKEY, E.J.; BRAY, R.W.; HOEKSTRA, W.G.; PHILLIPS, P.H.; GRUMMER, R.H. The effect of high protein, high fat and high sucrose rations on the water-binding and associated properties of pork muscle. *Journal of Animal Science*, 19:404-411, 1960.
- BUSBOOM, J.R.; RULE, D.C.; COLIN, D.; HEALD, T.; MAZHAR, A. Growth, carcass characteristics, and lipid composition of adipose tissue and muscle of pigs fed canola. *Journal of Animal Science*, v.69, p.1101-1108, 1991.
- CAMERON, N.D.; ENSER, M.; NUTE, G.R.; WHITTINGTON, F.M.; PENMAN, J.C.; FISKEN, A.C.; PERRY, A.M.; WOOD, J.D. Genotype with nutrition interaction on fatty acid composition of intramuscular fat and the relationship with flavour of pig meat. *Meat Science*, 55:187-195, 2000.
- CAMPO, M.M.; NUTE, G.R.; WOOD, J.D.; ELMORE, S.J.; MOTTRAM, D.S.; ENSER, M. Modelling the effect of fatty acids in odour development of cooked meat in vitro: part I – sensory perception. *Meat Science*, 63:367-375, 2003.
- CAMPOS, R. M. L. de; HIERRO, E.; ORDONEZ, J. A.; BERTOL, T. M.; TERRA, N. N.; HOZ, L. de la. Fatty acid and volatile compounds from salami manufactured with yerba mate (*Ilex paraguariensis*) extract and pork back fat and meat from pigs fed on diets with partial replacement of maize with rice bran. *Food Chemistry*, v.103, p.1159 - 1167, 2007.
- CAMPOS, R. M. L. De; HIERRO, E.; ORDONEZ, J. A.; BERTOL, T. M.; HOZ, L. de la. A note on partial replacement of maize with rice bran in the pig diet on meat and backfat fatty acids. *Journal of Animal and Feed Sciences*, v.15, p.427 - 433, 2006.
- CARR, S.N.; IVERS, D.J.; ANDERSON, D.B.; JONES, D.J.; MOWREY, D.H.; ENGLAND, M.B.; KILLEFER, J.; RINCKER, P.J.; McKEITH, F.K. The effects of ractopamine hydrochloride on lean carcass yields and pork quality characteristics. *Journal of Animal Science*, v.83, p.2886-2893, 2005.
- CHEN, L.H.; CHANG, M.L. Effect of dietary vitamin E and vitamin C on respiration and swelling of guinea pig liver mitochondria. *Journal of Nutrition*, 108(10):1616-1620, 1978.
- CISNEROS, F.; ELLIS, M.; BAKER, D.H.; EASTER, R.A.; MCKEITH, F.K. The influence of short-term feeding of amino-acid deficient diets and high dietary leucine levels on the intramuscular fat content of pig muscle. *Animal Science*, 63:517-522, 1996.
- CORINO, C.; MUSELLA, M.; MOUROT, J. Influence of extruded linseed on growth, carcass composition, and meat quality of slaughtered pigs at one hundred ten and one hundred sixty kilograms of liveweight. *Journal of Animal Science*, v.86, p.1850-1860, 2008.
- DAZA, A.; REY, A.I.; RUIZ, J.; LOPEZ-BOTE, C.J. Effects of feeding in free-range conditions or in confinement with different dietary MUFA/PUFA ratios and α -tocopheryl acetate, on antioxidants accumulation and oxidative stability in Iberian pigs. *Meat Science*, V.69, N.1, P.151-163, 2005.
- DECKER, E.A.M. de; AMELSWOORT, J.M.M. van; McNEILL, G.P.; JONES, P. Effects of conjugated linoleic acid (CLA) isomers on lipid levels and peroxisome proliferation in the hamster. *British Journal of Nutrition*, v.82, p.309-317, 1999.
- D'SOUZA, D.N.; WARNER, R.D.; DUNSHEA, F.R.; LEURY, B.J. Comparison of different dietary magnesium supplements on pork quality. *Meat Science*, 51:221-225, 1999.
- 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*, 76:104-109, 1998.

- DUGAN, M.E.R.; AALHUS, J.L.; ROBERTSON, W.M.; ROLLAND, D.C.; LARSEN, I.L. Practical dietary levels of canola oil and tallow have differing effects on gilt and barrow performance and carcass composition. *Canadian Journal of Animal Science*, v.84, n.4, p.661-671, 2004.
- DUNSHEA, F.R.; D'SOUZA, D.N.; PETHICK, D.W.; HARPER, G.S.; WARNER, R.D. Effects of dietary factors and other metabolic modifiers on quality and nutritional value of meat. *Meat Science*, v.71, p.8-38, 2005.
- 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, n.12, p.4068-4077, 2010.
- EIKELENBOOM, G.; BOLINK, A.H.; SYBESMA, W. Effects of feed withdrawal before delivery on pork quality and carcass yield. *Meat Science*, 29:25-30, 1991.
- ENRIGHT, K.L. The effects of supplementation with vitamin E and D3 on growth performance, carcass characteristics, meat quality traits, and eating quality characteristics in finishing pigs. (Ph.D. thesis), 1999.
- ENSER, M.; RICHARDSON, R.I.; WOOD, J.D.; GILL, B.P.; SHEARD, P.R. Feeding linseed to increase the n-3 PUFA of pork: fatty acid composition of muscle, adipose tissue, liver and sausages. *Meat Science*, 55:201-212, 2000.
- FERNANDEZ-DUEÑAS, D.M.; MYERS, A.J.; SCRAMLIN, S.M.; PARKS, C.W.; CARR, S.N.; KILLEFER, J.; MCKEITH, F.K. Carcass, meat quality, and sensory characteristics of heavy body weight pigs fed ractopamine hydrochloride (Paylean). *Journal of Animal Science*, v.86, p.3544-3550, 2008.
- FERNANDEZ, X.; MONIN, G.; TALMANT, A.; MOUROT, J.; LEBRET, B. Influence of intramuscular fat content on the quality of pig meat – 2. Consumer acceptability of *m. longissimus lumborum*. *Meat Science*, v.53, p.67-72, 1999.
- FICKOVA, M.; HUBERT, P.; CRÉMEL, G.; LERAY, C. Dietary (n-3) and (n-6) polyunsaturated fatty acids rapidly modify fatty acid composition and insulin effects in rat adipocytes. *The Journal of Nutrition*, v.128, p.512-519, 1998.
- FISHER, K. Drip loss in pork: influencing factors and relation to further meat quality traits. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, v.124, n.1, p.12-18, 2007.
- 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*, 82:1454-1460, 2004.
- 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*, 84:1512-1519, 2006.
- GEESINK, G.H.; van BUREN, R.G.C.; SAVENIJE, B.; VERSTEGEN, M.W.A.; DUCRO, B.J.; van der PALEN, J.G.P.; HEMKE, G. Short-term feeding strategies and pork quality. *Meat Science*, v.67, p.1-6, 2004.
- 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*, 80:1586-1592, 2002.
- 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*, 65:853-857, 2003.
- 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, 1990.
- HENN, J.D.; BERTOL, T.M.; MOURA, N.F.; COLDEBELLA, A.; BRUM, P.A.R. de; CASAGRANDE, M. Oregano essential oil as food additive for piglets: antimicrobial and antioxidant potential. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.39, n.8, p.1761-1767, 2010.
- HONIKEL, K.O.; ROSENBAUER, H.; FISCHER, K. Vitamin E and rapeseed oil in feed of pigs – I. Influence on animal performance and fresh pork. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 44, 1998, Barcelona, Spain. *Proceedings...* Barcelona: IRTA, 1998, p.624-625.
- 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.
- IP, C.; SCIMECA, J.A.; THOMPSON, H.J. Conjugated linoleic acid. A powerful anticarcinogen from animal fat sources. *Cancer (suppl.)*, v.74, n.3, p.1050-1054, 1994.
- JENSEN, M.; HAKKARAINEN, J.; LINDHOLM, A.; JONSSON, L. Vitamin E requirement of growing swine. *Journal of Animal Science*, 66:3101-3111, 1988.
- JONES, S.D.M.; ROMPALA, R.E.; HAWORTH, C.R. Effects of fasting and water restriction on carcass shrink and pork quality. *Canadian Journal of Animal Science*, 65:613-618, 1985.
- JUÁREZ, M.; DUGAN, M.E.R.; ALDAI, N.; AALHUS, J.L.; PATIENCE, J.F.; ZILSTRA, R.T.; BEAULIEU, A.D. Feeding co-extruded flaxseed to pigs: Effects of duration and feeding level on growth performance and backfat fatty acid composition of grower-finisher pigs. *Meat Science*, v.84, p.578-584, 2010.
- KOUBA, M.; ENSER, M.; WHITTINGTON, F.M.; NUTE, G.R.; WOOD, J.D. Effect of a high-linolenic acid diet on lipogenic enzyme activities, fatty acid composition, and meat quality in the growing pig. *Journal of Animal Science*, v.81, p.1967-1979, 2003.
- LAHUCKY, R.; NUERNBERG, K.; KOVAC, L.; BUCKO, O.; NUERNBERG, G. Assessment of the antioxidant potential of selected plant extracts – *In vitro* and *in vivo* experiments on pork. *Meat Science*, v.85, p.779-784, 2010.
- LARRAIN, R.E.; KRUEGER, C.G.; RICHARDS, M.P.; REED, J.D. Color changes and lipid oxidation in pork products made from pigs fed with cranberry juice powder. *Journal of Muscle Foods*, v.19, p.17-33, 2008.
- LEICK, C.M.; PULS, C.L.; ELLIS, M.; KILLEFER, J.; CARR, T.R.; SCRAMLIN, S.M.; ENGLAND, M.B.; GAINES, A.M.; WOLTER, B.F.; CARR, S.N.; MCKEITH, F.K. Effect of distillers dried grains with solubles and ractopamine (Paylean) on quality and shelf-life of fresh pork and bacon. *Journal of Animal Science*, v.88, p.2751-2766, 2010.
- LEONHARDT, M.; GEBERT, S.; WENK, C. Stability of α -tocopherol, thiamin, riboflavin and retinol in pork muscle and liver during heating as affected by dietary supplementation. *Journal of Food Science*, 61:1048-1051, 1996.
- LAURIDSEN, C.; NIELSEN, J.H.; HENCKEL, P.; SORENSEN, M.T. Antioxidative and oxidative status in muscles of pigs fed rapeseed oil, vitamin E, and copper. *Journal of Animal Science*, 77:105-115, 1999.
- MAHAN, D.C.; CLINE, T.R.; RICHERT, B. Effects of dietary levels of selenium-enriched yeast and sodium selenite as selenium sources fed to growing-finishing pigs on performance, tissue selenium, serum glutathione peroxidase activity, carcass characteristics, and loin quality. *Journal of Animal Science*, v.77, p.2172-2179, 1999.
- MARTIN, D.; ANTEQUERA, T.; GONZALEZ, E.; LOPEZ-BOTE, C.; RUIZ, J. Changes in the fatty acid profile of the subcutaneous fat of swine throughout fattening as affected by dietary conjugated linoleic acid and monounsaturated fatty acids. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, v.55, p.10820-10826, 2007.
- MASON, L.M.; HOGAN, S.A.; LYNCH, A.; O'SULLIVAN, K.; LAWLOR, P.G.; KERRY, J.P. Effects of restricted feeding and antioxidant supplementation on pig performance and quality characteristics of *longissimus dorsi* muscle from Landrace and Duroc pigs. *Meat Science*, v.70, p.307-317, 2005.
- MATEO, R.D.; SPALLHOLZ, J.E.; ELDER, R.; YOON, I.; KIM, S.W. Efficacy of dietary selenium sources on growth and carcass characteristics of growing-finishing pigs fed diets containing high endogenous selenium. *Journal of Animal Science*, v.85, p.1177-1183, 2007.
- MORRISSEY, P.A.; SHEEHY, P.J.A.; GALVIN, K.; KERRY, J.P.; BUCKLEY, D.J. Lipid stability in meat and meat products. *Meat Science*, 49(suppl. 1):S73-S86, 1998.
- MOUROT, J.; PEINIAU, P.; AUMAITRE, A.; CHEVILLON, P. Effect de l'apport de vitamine C sur les performances de croissance et la qualité de la viande chez des porcs large-white et croisés large-white piétrain. *Journées de la Recherche Porcine en France*, n. 24, p. 55-64, 1992.
- MURRAY, A.C.; JONES, S.D.M. The effect of mixing, feed restriction and genotype with respect to stress susceptibility on pork carcass and meat quality. *Canadian Journal of Animal Science*, 74:587-594, 1994.

- MURRAY, A.C.; JONES, S.D.M.; SATHER, A.P. The effect of preslaughter feed restriction and genotype for stress susceptibility on pork lean quality and composition. *Canadian Journal of Animal Science*, 69:83-91, 1989.
- MUSELLA, M.; CANNATA, S.; ROSSI, R.; MOUROT, J.; BALDINI, P.; CORINO, C. Omega-3 polyunsaturated fatty acid from extruded linseed influences the fatty acid composition and sensory characteristics of dry-cured ham from heavy pigs. *Journal of Animal Science*, v.87, p.3578-3588, 2009.
- MYER, R.O.; LAMKEY, J.W.; WALKER, W.R.; BRENDENMUIJL, J.H.; COMBS, G.E. Performance and carcass characteristics of swine when fed diets containing canola oil and added copper to alter the unsaturated:saturated ratio of pork fat. *Journal of Animal Science*, v.70, p.1417-1423, 1992.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirements of swine*, 10th rev. ed. Washington: National Academy, 1998. 211p.
- NOCKELS, C.F.; ODDE, K.G.; CRAIG, A.M. Vitamin E supplementation and stress affect tissue α -tocopherol content of beef heifers. *Journal of Animal Science*, 74: 672-677, 1996.
- NUERNBERG, K.; FISCHER, K.; NUERNBERG, G.; KUECHENMEISTER, U.; KLOSOWKA, D.; ELIMINOWSKA-WENDA, G.; FIEDLER, I.; ENDER, K. Effects of dietary olive oil on lipid composition, meat quality, sensory characteristics and muscle structure in pigs. *Meat Science*, v.70, p.63-74, 2005.
- OHENE-ADJEL, S.; BERTOL, T.; HYUN, Y.; ELLIS, M.; BREWER, S.; MCKEITH, F.K. The effect of dietary supplemental vitamin E and C on odors and color changes in irradiated pork. *Journal of Animal Science*, 79(suppl. 1):443, 2001.
- OHENE-ADJEL, S.; BERTOL, T.; HYUN, Y.; ELLIS, M.; BREWER, S.; MCKEITH, F.K. Effect of vitamin E, low dose irradiation, and display time on the quality of pork. *Meat Science*, v.68, p.19-26, 2004.
- OLIVARES, A.; DAZA, A.; REY, A.I.; LOPEZ-BOTE, C.J. Interactions between genotype, dietary fat saturation and vitamin A concentration on intramuscular fat content and fatty acid composition in pigs. *Meat Science*, v.82, p.6-12, 2009.
- 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 sulfate and L-tryptophan and genotype on the feed intake, behaviour and meat quality of pigs. *Livestock Science*, v.124, p.277-287, 2009.
- PARIZA, M.W.; PARK, Y.; COOK, M.E. The biologically active isomers of conjugated linoleic acid. *Progress in Lipid Research*, v.40, p.283-298, 2001.
- PARK, Y.; ALBRIGHT, K.J.; LIU, W.; STORKSON, J.M.; COOK, M.E.; PARIZA, M.W. Effect of conjugated linoleic acid on body composition in mice. *Lipids*, v.32, n.8, p.853-858, 1997.
- PAUCAR-MENACHO, L.M.; SILVA, L.A. da; SANT'ANA, A. de S.; GONÇALVES, L.A.G. Refino de óleo de farelo de arroz (Oriza sativa L.) em condições brandas para preservação do γ -orizanol. *Ciência e Tecnologia dos Alimentos*, v.27(supl.), p.45-53, 2007.
- 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, 2005.
- RABABAH, T.; HETTIARACHCHY, N.; HORAX, R.; ESWARANANDAM, S.; MAUROMOUSTAKOS, A.; DICKSON, J.; NIEBUHR, S. Effect of electron beam irradiation and storage at 5 °C on thiobarbituric acid reactive substances and carbonyl contents in chicken breast meat infused with antioxidants and selected plant extracts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.52, p.8236-8241, 2004.
- RAMSAY, T.G.; EVOCK-CLOVER, C.M.; STEELE, N.C.; AZAIN, M.J. Dietary conjugated linoleic acid alters fatty acid composition of pig skeletal muscle and fat. *Journal of Animal Science*, v.79, p.2152-2161, 2001.
- RENTFROW, G.; SAUBER, T.E.; ALLEE, G.L.; BERG, E.P. The influence of diets containing either conventional corn, conventional corn with choice white grease, high oil corn, or high oil high oleic corn on belly/bacon quality. *Meat Science*, v.64, p.459-466, 2003.
- RIKER, J.T.; PERRY, T.W.; PICKET, R.A.; HEIDENREICH, C.J. Influence of controlled temperatures on growth rate and plasma ascorbic acid values in swine. *Journal of Nutrition*, 92:99-103, 1967.
- RINCKER, P.J.; KILLEFER, J.; MATZAT, P.D.; CARR, S.N.; MCKEITH, F.K. *Journal of Muscle Foods*, v.20, p.79-88, 2009.
- ROJAS, C.; CADENAS, S.; PEREZ-CAMPO, R.; LOPES-TORRES, M.; BARJA, G. Effect of vitamin C on antioxidants, lipid peroxidation, and GSH system in the normal guinea pig heart. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, 40:411-420, 1994.
- ROMANS, J.R.; WULF, D.M.; JOHNSON, R.C.; LIBAL, G.W.; COSTELLO, W.J. Effects of ground flaxseed in swine diets on pig performance on physical and sensory characteristics and omega-3 fatty acid content of pork: II. Duration of 15% dietary flaxseed. *Journal of Animal Science*, 73:1987-1999, 1995.
- ROSENBAUER, H.; HONIKEL, K.O.; MULLER, W.D.; PRZYTULLA, J. Vitamin E and rapeseed oil in feed of pigs – II. Influence on the quality of meat products. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 44, 1998, Barcelona, Spain. *Proceedings...* Barcelona: IRTA, 1998, p.626-627.
- ROSENVOLD, K.; ANDERSEN, H.J. The significance of pre-slaughter stress and diet on colour and colour stability of pork. *Meat science*, 63:199-209, 2003.
- ROSENVOLD, K.; ESSEN-GUSTAVSSON, B.; ANDERSEN, H.J. Dietary manipulation of pro- and macroglycogen in porcine skeletal muscle. *Journal of Animal Science*, 81:130-134, 2003.
- ROSENVOLD, K.; LAERKE, H.N.; JENSEN, S.K.; KARLSSON, A.H.; LUNDSTROM, K.; ANDERSEN, H.J. Strategic finishing feeding as a tool in the control of pork quality. *Meat Science*, 59:397-406, 2001a.
- ROSENVOLD, K.; PETERSEN, J.S.; LAERKE, H.N.; JENSEN, S.K.; THERKILDSEN, M.; KARLSSON, A.H.; MOLLER, H.S.; ANDERSEN, H.J. Muscle glycogen stores and meat quality as affected by strategic finishing feeding of slaughter pigs. *Journal of Animal Science*, 79:382-391, 2001b.
- SCRAMLIN, S.M.; CARR, S.N.; PARKS, C.W.; FERNANDEZ-DUEÑAS, D.M.; LEICK, C.M.; MCKEITH, F.K.; KILLEFER, J. Effect of ractopamine level, gender, and duration of ractopamine on belly and bacon quality traits. *Meat Science*, v.80, p.1218-1221, 2008.
- SEKRETAR, S.; SCHMIDT, S.; VAJDAK, M.; ZAHRADNIKOVA, L.; ANNUS, J. Antioxidative and antimicrobial effects of some natural extracts in lard. *Czech Journal of Science*, v.22 (Special issue), p.215-218, 2004.
- SIEBRA, J.E.da C.; LUDKE, M.C.M.M.; LUDKE, J.V.; BERTOL, T.M.; DUTRA JUNIOR, W.M. Uso do farelo de coco nas dietas de suínos para abate. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v.10, n.3, p.604-614, 2009.
- SOLER-VELASQUEZ, M.P.; BRENDENMUIHL, J.I.; MCDOWELL, L.R.; SHEPPARD, K.A.; JOHNSON, D.D.; AND WILLIAMS, S.N. Effects of supplemental vitamin E and canola oil on tissue tocopherol and liver fatty acid profile of finishing swine. *Journal Animal Science*, 76:110-117, 1998.
- SU, W.; JONES, P.J.H. Dietary fatty acid composition influences energy accretion in rats. *The Journal of Nutrition*, v.123, p.2109-2114, 1993.
- 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, p.81-86, 2004.
- TEYE, G.A.; SHEARD, P.R.; WHITTINGTON, F.M.; NUTE, G.R.; STEWART, A.; WOOD, J.D. Influence of dietary oils and protein level on pork quality. 1. Effects on muscle fatty acid composition, carcass, meat and eating quality. *Meat Science*, v.73, p.157-165, 2006.
- TSAI, T.C.; WELLINGTON, G.H.; POND, W.G. Improvement in the oxidative stability of pork by dietary supplementation of swine rations. *Journal of Food Science*, 43:193-196, 1978.
- van der WAL, P.G.; 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*, 34:109-111, 1986.
- 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.
- WARNANTS, N.; Van OECKEL, M.J.; BOUCQUÉ, C.V. Incorporation of dietary polyunsaturated fatty acids in pork tissues and its implications for the quality of the end products. *Meat Science*, v.44, n.1-2, p.125-144, 1996.
- WARNANTS, N.; Van OECKEL, M.J.; BOUCQUÉ, C.V. Effect of incorporation of dietary polyunsaturated fatty acids in pork backfat on the quality of salami. *Meat Science*, v.49, n.4, p.435-445, 1998.

- WARRIS, P.D. Loss of carcass weight, liver weight and liver glycogen, and the effects on muscle glycogen and ultimate pH in pigs fasted pre-slaughter. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 33:840-846, 1982.
- WARRIS, P.D.; BROWN, S.N. The influence of pre-slaughter fasting on carcass and liver yield in pigs. **Livestock Production Science**, 10:273-282, 1983.
- WARRISS, P.D.; BROWN, S.N. The physiological responses to fighting in pigs and the consequences for meat quality. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 36:87-92, 1985.
- WARRIS, P.D.; BROWN, S.N.; FRANCOMBE, M.A.; HIGGINS, J.A. Effect of preslaughter fasting on the characteristic of pig livers. **International Journal of Food Science**, 22:255-263, 1987.
- WEBER, T.E.; RICHERT, B.T.; BELURY, M.A.; GU, Y.; ENRIGHT, Y.; SCHINCKEL, A.P. Evaluation of the effects of dietary fat, conjugated linoleic acid, and ractopamine on growth performance, pork quality, and fatty acid profiles in genetically lean gilts. **Journal of Animal Science**, v.84, p.720-732, 2006.
- WEBSTER, M.J.; GOODBAND, R.D.; TOKACH, M.D.; NELSEN, J.L.; DRITZ, S.S.; UNRUH, J.A.; BROWN, K.R.; REAL, D.E.; DEROUCHY, J.M.; WOODWORTH, J.C.; GROESBECK, C.N.; MARSTELLER, T.A. Interactive effects between ractopamine hydrochloride and dietary lysine on finishing pig growth performance, carcass characteristics, pork quality, and tissue accretion. **The Professional Animal Scientist**, v.23, p.597-611, 2007.
- WIEGAND, B.R.; PARRISH, F.C.; SWAN, J.E.; LARSEN, S.T.; BAAS, T.J. Conjugated linoleic acid improves feed efficiency, decreases subcutaneous fat, and improves certain aspects of meat quality in stress-genotype pigs. **Journal of Animal Science**, v.79, p.2187-2195, 2001.
- WIEGAND, B.R.; SPARKS, J.C.; PARRISH, F.C. Jr; ZIMMERMAN, D.R. Duration of feeding conjugated linoleic acid influences growth performance, carcass traits, and meat quality of finishing barrows. **Journal of Animal Science**, v.80, p.637-643, 2002.
- WITTMAN, W.; ECOLAN, P.; LEVASSEUR, P.; FERNANDEZ, X. Fasting-induced glycogen depletion in different fibre types of red and white pig muscles – Relationship with ultimate pH. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 66:257-266, 1994.
- WOOD, J.D.; NUTE, G.R.; RICHARDSON, R.I.; WHITTINGTON, F.M.; SOUTHWOOD, O.; PLASTOW, G.; MANSBRIDGE, R.; COSTA, N. da; CHANG, K.C. Effects of breed, diet and muscle on fat deposition and eating quality in pigs. **Meat Science**, 67:651-667, 2004.
- ZANARDI, E.; NOVELLI, E.; NANNI, N.; GHIRETTI, G.P.; DELBONO, G.; CAMPANINI, G.; DAZZI, G.; MADARENA, G.; CHIZZOLINI, R. Oxidative stability and dietary treatment with vitamin E, oleic acid and copper of fresh and cooked pork chops. **Meat Science**, 49(3):309-320, 1998.
-