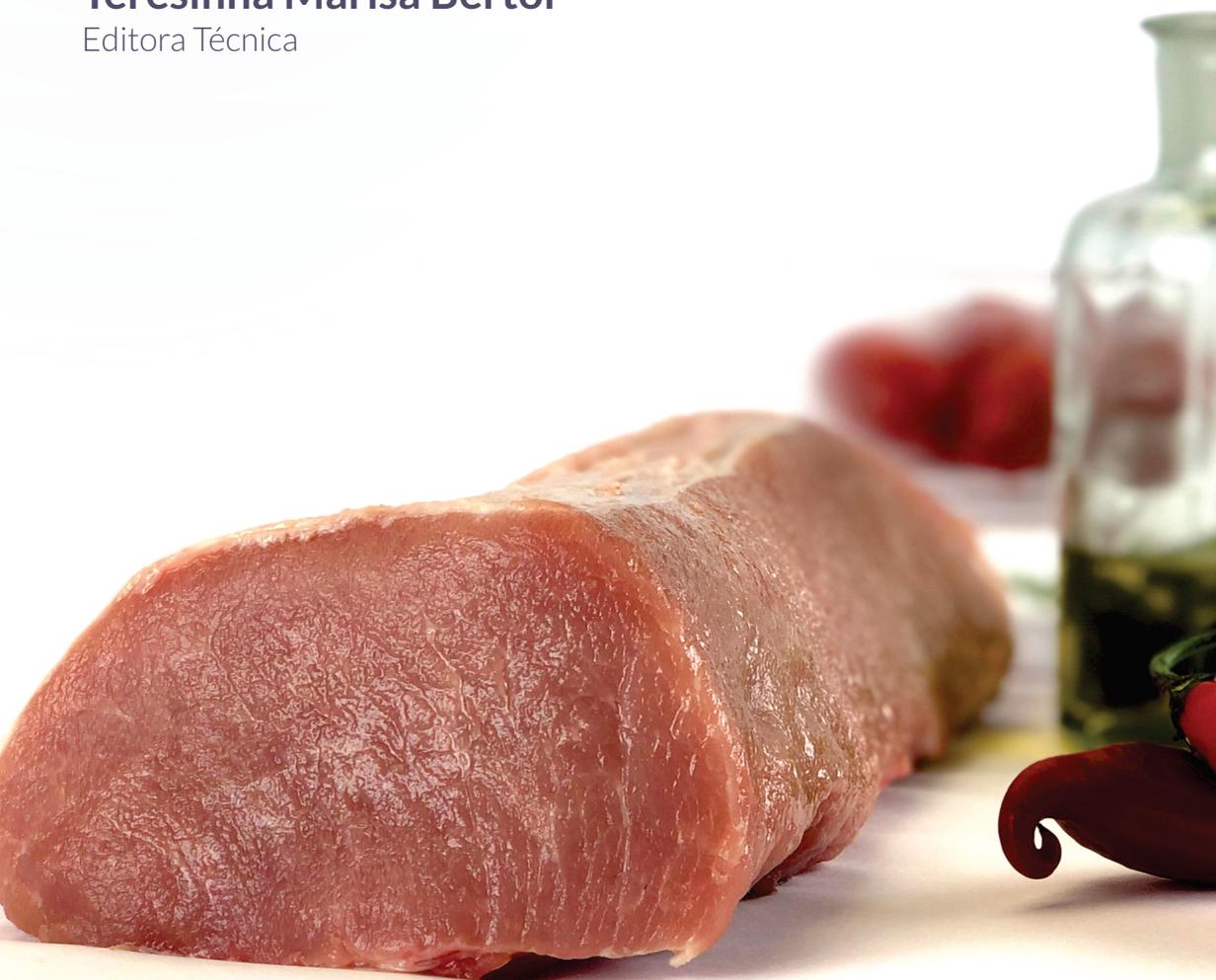


ESTRATÉGIAS NUTRICIONAIS

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

Unidade responsável pelo conteúdo e pela edição
Embrapa Suínos e Aves

Comitê Local de Publicações da
Embrapa Suínos e Aves

Presidente
Marcelo Miele

Secretária-Executiva
Tânia Maria Biavatti Celant

Membros
Airton Kunz
Ana Paula Almeida Bastos
Gilberto Silber Schmidt
Gustavo Julio Mello Monteiro de Lima
Monalisa Leal Pereira

Supervisão editorial
Tânia Maria Biavatti Celant

Revisão técnica
Arlei Coldebella
Dirceu João Duarte Talamini
Franco Muller Martins
Gerson Neudi Scheuermann
Helenice Mazzuco
Jorge Vitor Ludke
Luizinho Caron
Teresinha Marisa Bertol
Vivian Feddern

Revisão de texto
Lucas Scherer Cardoso

Normalização bibliográfica
Claudia Antunes Arrieche

Tratamento das ilustrações
Vivian Fracasso, Lucas Scherer Cardoso e Marina Schmitt

Projeto gráfico e editoração eletrônica
Vivian Fracasso

Foto da capa
Marina Schmitt

Capa
Vivian Fracasso

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

Autores

Daniela Miotto Bernardi

Nutricionista, doutora em Alimentos e Nutrição, professora do Centro Universitário Assis Gurgacz, departamento de Nutrição, Cascavel, PR

Edmilson Santos de Freitas

Médico Veterinário, mestre em Patologia Veterinária, professor do Centro Universitário Assis Gurgacz, Cascavel, PR

Eduardo Alexandre de Oliveira

Médico Veterinário, doutor em Ciências Veterinárias, educador, coordenador do Curso de Medicina Veterinária, Unisociesc, São Bento do Sul, SC

Jonas Irineu dos Santos Filho

Engenheiro Agrônomo, doutor em Ciência (Economia Aplicada), pesquisador da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC

Sabrine Zambiasi Silva

Nutricionista, mestre em Engenharia Agrícola, professora do Centro Universitário Assis Gurgacz, departamento de Nutrição, Cascavel, PR

Teresinha Marisa Bertol

Zootecnista, doutora em Zootecnia, pesquisadora da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC

Valdemiro Carlos Sgarbieri

Engenheiro Agrônomo, doutor em Nutrição, professor Emérito da Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP

Apresentação

A carne suína está presente no cardápio dos seres humanos há milhares de anos, pois há registros da domesticação e da presença do javali (*Sus scrofa*) na culinária desde o período muito anterior a Cristo. Ao longo do tempo, o *Sus scrofa* deu origem a algumas subespécies, dentre as quais a *Sus scrofa domesticus*, atual porco doméstico. Atualmente, a carne suína é uma das fontes de proteína mais importantes na alimentação humana, integrando dietas em praticamente todas as regiões do mundo e contribuindo com mais de 40% do consumo mundial de carnes. É, portanto, a carne mais consumida em nível global.

Desde a antiguidade, muitas transformações ocorreram no padrão de qualidade da carne suína. Inicialmente, o porco doméstico se caracterizava por maior proporção das partes dianteiras e elevado conteúdo de gordura corporal. A gordura foi gradualmente sendo reduzida através de melhoramento genético, assim como a proporção dos membros dianteiros, até resultar nos suínos produzidos atualmente, com elevada porcentagem de carne magra, elevada proporção dos cortes traseiros e baixa quantidade de gordura. A dieta desses animais também sofreu imensas transformações ao longo do tempo. Pelo fato de ser um animal onívoro, na natureza o suíno selvagem se alimentava de capins, raízes, grãos e frutas, enfim, todo tipo de alimento disponível. Após sua domesticação, houve uma transformação gradual em sua dieta, a qual passou a incluir cada vez mais os grãos de cereais e oleaginosas. Essa mudança foi mais intensa ao longo do século XX, quando se deu origem às criações tecnificadas para produção do suíno padrão industrial, com dietas minuciosamente balanceadas, as quais também apresentam impacto sobre a composição corporal e garantem a expressão do elevado potencial genético desses animais para crescimento e produção de carne.

A alimentação pode apresentar grande influência na qualidade da carne dos suínos, pois diversos componentes da dieta apresentam potencial para induzir alterações específicas, sendo as principais a modificação do perfil de ácidos graxos dos diversos depósitos de gordura corporal, o conteúdo de marmoreio, a deposição de nutrientes específicos nos tecidos, aumento da estabilidade oxidativa e modificação das alterações bioquímicas que ocorrem no *ante e post mortem*. Este fato dá margem para o desenvolvimento de estratégias nutricionais para produção de carne com qualidade diferenciada para nichos de mercado ou estratégias que reduzam os problemas de qualidade tecnológica na produção em larga escala.

Neste livro, procuramos abordar as principais estratégias nutricionais que podem proporcionar melhoria na qualidade da carne, com aplicação em diferentes sistemas de produção, assim como discutimos os efeitos de estratégias e ingredientes dietéticos que podem potencialmente prejudicar sua qualidade. Além disso, também apresentamos uma visão sobre os padrões atuais de qualidade da carne suína e seu valor nutricional, bem como valoração e percepção dos consumidores. Nosso objetivo é fornecer subsídios para técnicos e produtores sobre como melhor alimentar seus animais para a produção de uma carne suína de qualidade, bem como apresentar informações técnicas e científicas atualizadas e relevantes para uso de estudantes e pesquisadores.

Teresinha Marisa Bertol
Editora Técnica

Prefácio

Nossa intenção ao editar esse livro foi reunir em uma só obra os conhecimentos que adquirimos em quase 20 anos de estudo e de pesquisa científica sobre o efeito da nutrição na qualidade da carne de suínos. Os autores convidados a colaborar na elaboração de alguns dos capítulos são profissionais com sólida formação acadêmica e experiência profissional em suas áreas de atuação. No conjunto dos nove capítulos, foram abordados temas como padrões atuais de qualidade da carne suína, uma detalhada descrição de seu valor nutricional e importância para a saúde, uma análise do efeito da mudança nos padrões econômicos sobre a valoração e a percepção dos consumidores e as principais estratégias nutricionais que podem impactar positivamente a qualidade da carne, bem como estratégias que podem potencialmente apresentar efeito negativo.

Na análise das diferentes estratégias nutricionais, foi abordado o uso de diferentes produtos oriundos da agricultura, tais como óleos, sementes e subprodutos de oleaginosas, ervas, frutos e seus subprodutos, além do uso de fontes alternativas de energia, eletrólitos, aditivos não nutricionais e níveis supra ou subnutricionais de vitaminas e minerais específicos. As variações esperadas incluem alterações no perfil de ácidos graxos da gordura associada à carne, aumento do conteúdo de marmoreio, aumento da estabilidade oxidativa da carne e modificação das reações bioquímicas no músculo no período *ante e post mortem*, tendo como consequências melhorias da qualidade tecnológica, sensorial e de saudabilidade da carne. As estratégias discutidas nesse livro foram submetidas a uma análise crítica quanto ao seu potencial para induzir mudanças na qualidade da carne, considerando ainda a viabilidade de seu uso na prática e qual o sistema de produção onde sua utilização é mais promissora, não esquecendo da análise das possíveis consequências sobre o desempenho dos animais, a composição da carcaça e a rentabilidade da produção.

Esperamos que o conjunto de informações apresentado nesse livro seja de utilidade para produtores e agroindústrias que desejem produzir produtos com qualidade diferenciada ou que simplesmente desejam minimizar os problemas de qualidade tecnológica da carne através do uso estratégico da nutrição. Além disso, estudantes e pesquisadores podem encontrar nessa obra informações científicas atualizadas sobre os temas abordados.

Teresinha Marisa Bertol
Editora Técnica

Sumário

Capítulo 1	Composição e aspectos de qualidade da carne suína <i>Teresinha Marisa Bertol, Eduardo Alexandre de Oliveira, Jonas Irineu dos Santos Filho</i>	11
Capítulo 2	A qualidade como um dos fatores determinantes da demanda por produtos suínos no Brasil <i>Jonas Irineu dos Santos Filho</i>	39
Capítulo 3	Qualidade nutricional da carne suína <i>Daniela Miotto Bernardi, Sabrine Zambiasi Silva e Edmilson Santos de Freitas</i>	57
Capítulo 4	Efeito da composição dos lipídios da dieta sobre a composição dos lipídios corporais e suas implicações sobre a qualidade da carne e dos produtos processados <i>Teresinha Marisa Bertol</i>	113

Capítulo

5

Antioxidantes naturais na alimentação de suínos: efeitos sobre a estabilidade oxidativa e qualidade da carne

Daniela Miotto Bernardi e Valdemiro Carlos Sgarbieri

161

Capítulo

6

Implicações do nível de nutrição proteica e vitamina A sobre a qualidade da carne

Teresinha Marisa Bertol

199

Capítulo

7

Modificadores do metabolismo e seu efeito sobre a composição da carcaça e qualidade da carne

Teresinha Marisa Bertol

225

Capítulo

8

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

Teresinha Marisa Bertol

245

Capítulo

9

Influência do conteúdo de gordura e do tipo de carboidrato presente na dieta dos suínos sobre as reservas energéticas do músculo e a qualidade da carne

Teresinha Marisa Bertol

277

Capítulo 1

Composição e aspectos de qualidade da carne suína

*Teresinha Marisa Bertol
Eduardo Alexandre de Oliveira
Jonas Irineu dos Santos Filho*



Introdução

O hábito de consumir produtos de origem suína está presente na maior parte da população brasileira, que em geral consome produtos suínos entre uma a duas vezes por semana ou esporadicamente. Mas, a despeito da alta qualidade da carne suína brasileira, em um estudo desenvolvido para determinar os fatores que afetam a preferência dos consumidores brasileiros por produtos suínos (Santos Filho; Bertol, 2007), observou-se que existe um grande número de consumidores que não consome produtos de origem suína. As principais causas do não consumo são a percepção dos consumidores de que a carne suína está associada a problemas com a saúde, e o fato de não gostar. A importância dada pelos consumidores aos atributos de qualidade sinaliza para a possibilidade de que os paradigmas da segurança do alimento, que já estavam presentes nos países desenvolvidos nos anos 1990, estejam presentes atualmente também no modelo mental de tomada de decisão dos consumidores brasileiros de produtos oriundos da suinocultura. Alguns fatores extrínsecos e intrínsecos de qualidade da carne como cor, aparência, qualidade nutricional, prazo de validade, embalagem, marca e inspeção sanitária se mostraram importantes quanto à preferência dos consumidores para os produtos estudados.

Em uma avaliação mais ampla, as mudanças no nível de exigências dos consumidores, impulsionadas por diferentes padrões culturais e pela evolução do poder aquisitivo, aliadas às mudanças provocadas pelo rearranjo dos sistemas produtivos (aumento de escala, integrações/parcerias) e pelo avanço tecnológico, têm levado a substanciais alterações na forma de produzir e nas características dos produtos finais. Esta mudança de cenário é observada no agronegócio como um todo, mas especialmente visível na produção animal, a qual vem passando por grandes transformações ao longo dos últimos anos.

Assim, transformar os produtos de origem animal de *commodity* para produtos altamente qualificados, com valor agregado, e orientados para o mercado, requer ações estratégicas e controles em todos os segmentos da cadeia de produção, com o objetivo de reconhecer e registrar os atributos dos processos e produtos. O foco principal é manter e aumentar a confiança dos consumidores na qualidade dos produ-

tos, porque vários problemas de segurança dos alimentos já ocorridos, principalmente na Europa, têm levado os consumidores a comportarem-se com uma crescente atitude crítica. Além disso, cada vez mais os consumidores estão preocupados em como os animais que servem de alimento são criados, e se estes foram submetidos a sofrimentos desnecessários. No aspecto conjuntural, o alto nível de urbanização, a enorme intensificação e aumento na escala de produção conduzem a mudanças estruturais que estão ocorrendo na forma de produção, comercialização e consumo dos alimentos de origem animal.

Desta forma, parte dos questionamentos atuais dos consumidores está relacionada com estas mudanças estruturais na produção animal, tais como o aumento da concentração de animais por área e por propriedade e aumento da escala de produção, às condições de produção na granja e de abate em relação a aspectos de bem-estar animal e ao uso e possível presença na carne de resíduos de medicamentos veterinários e contaminantes. Atualmente, outro ponto muito questionado pelos consumidores diz respeito à saudabilidade da carne, no que se refere ao conteúdo de gordura, de colesterol e à composição dos ácidos graxos associados à carne e produtos cárneos, devido às possíveis implicações destes na incidência de doenças, principalmente as cardiovasculares. Considerando-se a crescente preocupação, mesmo entre os mais jovens, por dietas mais saudáveis e o envelhecimento progressivo da população brasileira e mundial, esse fator assume grande importância no cenário da produção suinícola.

A qualidade da carne do ponto de vista técnico assume vários aspectos, que compreendem desde a qualidade nutricional, a qualidade tecnológica para comercialização *in natura* e para processamento, a qualidade do ponto de vista sensorial e a segurança quanto à presença de resíduos ou contaminantes. A carne suína produzida hoje no Brasil e em países desenvolvidos atende a elevados níveis de exigência quanto estes aspectos de qualidade. Isto se deve aos constantes avanços nas diversas áreas da produção: a genética e a nutrição, que permitiram uma redução acentuada no conteúdo de gordura das carcaças; a organização dos sistemas de produção, a melhoria nos equipamentos e no manejo pré-abate e o controle de qualidade no abate e processamento, que reduziram acentuadamente os problemas tecnológicos, sanitários e de contaminação química e microbiológica das carcaças.

Composição e qualidade

Composição e valor nutricional da carne

A carne suína apresenta composição variável, principalmente quanto ao conteúdo de gordura e proteína, de acordo com o músculo ou corte. Os principais cortes desprovidos da gordura de cobertura apresentam teor de proteína acima de 18%, baixa quantidade de gordura e conteúdo de energia e de colesterol bastante reduzidos (Tabela 1), o que habilita a carne suína como uma importante fonte de proteína para alimentação humana. A relação proteína:água é igual ou menor a 0,3, variando de acordo com o conteúdo de gordura da carne. O conteúdo de colesterol dos principais cortes de carne suína varia de 60 (cortes mais magros) a 80 (cortes mais gordos) mg de colesterol/100 g de carne. De acordo com as recomendações dietéticas da *American Heart Association* (Krauss et al., 2000), o consumo recomendado de colesterol deve estar abaixo de 300 mg/dia. O consumo de 100 g de carne suína representa 20% a 27% deste valor.

O conteúdo de carboidratos da carne suína é muito baixo, assim como o conteúdo de minerais, sendo a soma de ambos nutrientes ao redor de 1% do total.

A carne suína é uma importante fonte de vitaminas do complexo B, sendo uma das principais fontes de tiamina (B1), uma boa fonte de vitamina B6, além de conter também vitamina E, embora possa ocorrer grande variação no conteúdo destes nutrientes nos cortes provenientes de diferentes animais (Driskell et al., 1998). Além disso, é também uma importante fonte das vitaminas B2, B12 e niacina, de acordo com os valores constantes na *National Nutrient Database for Standard Reference* (USDA, 2018) (Tabela 1). Estima-se que para um consumo diário de carne suína de 135,3 g, a contribuição da carne suína é de 0,97 mg de vitamina B1, 0,31 mg de vitamina B2, 0,70 mg de vitamina B6 e 0,74 mg de vitamina B12, o que corresponde a 97, 25,8, 35/43,7 (homem/mulher) e 37% do *Recommended Daily Allowance* (RDA) destas vitaminas, respectivamente (Esteve et al., 2002). Parte das vitaminas do complexo B e da vitamina E são perdidas durante o cozimento da carne, com a proporção dependendo da temperatura de preparação, mas em geral a retenção é maior do que 50% (Driskell et al., 1998).

Tabela 1. Composição centesimal e conteúdo de colesterol e das principais vitaminas e minerais dos principais cortes de carne suína crua.

Nutriente	Corte ¹					
	Paleta (10072)	Pernil (10010)	Lombo (10040)	File mignon (10060)	Paleta, parte superior (10084)	Ponta da costela (10088)
Água (%)	72,63	72,90	73,62	76,00	74,31	59,75
Proteína (%)	19,55	20,48	21,99	20,95	18,73	15,47
Gordura (%)	7,14	5,41	3,71	2,17	5,71	23,40
Energia (cal/100 g)	148	136	127	109	131	277
Colesterol (mg/100 g)	67	68	69	65	60	80
Vitamina B1 - tiamina (mg/100 g)	0,884	0,875	0,510	0,998	0,558	0,319
Vitamina B2 - riboflavina (mg/100 g)	0,314	0,228	0,198	0,342	0,384	0,251
Niacina (mg/100 g)	4,275	5,338	6,934	6,684	4,387	4,662
Vitamina B6 - piridoxina (mg/100 g)	0,415	0,500	0,742	0,777	0,521	0,574
Vitamina B12 (µg/100 g)	0,84	0,71	0,50	0,51	0,91	0,38
P (mg/100 g)	202	229	220	247	202	141
K (mg/100 g)	341	369	362	399	339	242
Fe (mg/100 g)	1,22	1,01	0,65	0,98	1,20	0,91
Zn (mg/100 g)	3,14	2,27	1,86	1,89	3,36	2,50
Na (mg/100 g)	76	55	58	53	65	81

¹ Corte sem gordura, exceto para a ponta da costela.
 Fonte: USDA (2018) – National Nutrient Database for Standard Reference.

As carnes vermelhas, nas quais se inclui a carne suína, são importantes fontes de minerais como o Zn, o qual se encontra na forma altamente disponível, e de Se (World Health Organization, 1996). A carne suína também contém níveis significativos de P, K, Fe e Na (Tabela 1), podendo suprir parte dos requerimentos diários destes nutrientes.

Composição da gordura

A gordura suína apresenta alta proporção de ácidos graxos monoinsaturados, dos quais o principal representante é o ácido oleico (Tabela 2). O segundo grupo com maior proporção é o dos ácidos graxos saturados e, por último, em menor proporção, estão os ácidos graxos poli-insaturados, predominantemente do tipo ômega-6.

Na Tabela 3, é apresentado o conteúdo de ácidos graxos do sebo bovino, banha suína e gordura de ave. Embora estes dados não representem exatamente a composição da gordura associada à carne, nos dão uma ideia da qualidade da gordura corporal dos suínos relativamente a outras espécies. O perfil de ácidos graxos da gordura suína inclui um nível de ácidos graxos saturados inferior ao observado nos ruminantes, mas superior ao das aves. O conteúdo de ácidos graxos poli-insaturados é menor do que o da gordura das aves, porém, o teor de ácidos graxos ômega-3 é semelhante, o que dá a gordura suína uma relação ômega-6/ômega-3 melhor do que a das aves. Entretanto, o perfil de ácidos graxos da gordura corporal dos suínos é dependente da composição da gordura fornecida na dieta, pois nesses animais parte dos ácidos graxos da dieta são depositados diretamente na gordura corporal. Desta forma, é possível obter produtos suínos com perfil de gordura diferenciada dependendo da dieta fornecida. É importante ressaltar os aspectos positivos da gordura suína obtida com alimentação convencional, ou seja, menor conteúdo de ácidos graxos saturados que a gordura bovina e melhor relação ômega-6/ômega-3 do que a gordura de aves.

Tabela 2. Perfil de ácidos graxos da gordura suína.

Ácidos graxos (%)	USDA - NAL ¹	Campos et al. (2006) ²
Total saturados	35,47	37,45
Cáprico (10:0)	0,09	0,04
Láurico (12:0)	0,14	0,04
Merístico (14:0)	1,25	1,01
Palmitico (16:0)	21,81	22,98
Heptadecanoico (17:0)	-	0,32
Esteárico (18:0)	11,98	12,74
Araquídico (20:0)	-	-
Total monoinsaturados	45,42	46,47
Palmitoleico (16:1)	2,82	1,12
Oleico (18:1)	41,80	44,41
Eicosenoico (20:1)	0,77	0,94
Total poli-insaturados	10,84	14,41
Linoleico (18:2)	9,41	13,73
Linolênico (18:3)	0,83	0,60
Eicosadienoico (20:2)	-	-
Araquidônico (20:4)	0,31	-

¹Calculado a partir do conteúdo de gordura e de ácidos graxos presentes na carcaça integral de suínos.

²Analisado no toucinho de suínos alimentados com ração baseada em milho e farelo de soja (Campos et al., 2006).

Tabela 3. Composição média da gordura de diferentes espécies (%).

Ácidos graxos	Sebo bovino	Banha suína	Gordura de ave
Total saturados	48,4	38,9	28,7
Total monoinsaturados	40,5	44,9	44,2
Total poli-insaturados	3,7	11,2	21,7
Linoleico	3,1	10,2	19,5
Linolênico	0,6	1,0	1,0
≥ 20 C	0,3	1,0	1,2
Ômega-6	3,1	10,2	19,5
Ômega-3	0,6	1,0	1,0
Relação ômega-6/ômega-3	5,17:1	10,2:1	19,5:1

Fonte: National Research Council (2012).

Padrão tecnológico

As características sensoriais da carne suína, incluindo aroma, textura, maciez, cor e aparência, influenciam sensivelmente a decisão dos consumidores na hora da compra. Portanto, a indústria direciona seus esforços de produção na busca de um produto que esteja dentro de um determinado padrão de qualidade, embora as expectativas dos consumidores possam apresentar algumas variações dependendo da localização geográfica e da etnia. Os padrões desejáveis para vários atributos relativos à qualidade tecnológica e sensorial da carne suína foram definidos pelo NPPC (National Research Council, 1998) e incluem pH final de 5,6 a 5,9, coloração de rosa avermelhado a vermelho púrpura, aparência com superfície não aquosa, textura firme, escore de marmoreio de 2 a 4, perda de fluidos por gotejamento menor ou igual a 2,5% do peso da carcaça e força de cisalhamento menor do que 3,2 kg (Tabela 4).

Tabela 4. Padrões de qualidade da carne suína.

Atributo	Padrão desejado
Cor visual ¹	3 a 5 (rosa avermelhado a vermelho púrpura)
Aparência	Superfície não aquosa
Textura	Firme
pH final	5,6 a 5,9
Marmoreio ² (%)	2 a 4
Perda de fluidos por gotejamento (%)	≤ 2,5
Warner Bratzler shear force ³ (kg)	< 3,2

¹Escala de 6 pontos (1= rosa pálido; 6= vermelho escuro) (National Research Council, 1999).

²Escala de 10 pontos (1= 1% de gordura intramuscular; 10= 10% de gordura intramuscular) (National Research Council, 1999).

³Medida aos 7 dias de maturação, indica o grau de maciez

Fonte: National Research Council (1998).

pH e capacidade de retenção de água

Alterações na qualidade da carne normalmente são precedidas por mudanças no metabolismo da energia *pre e/ou post mortem*. Estas alterações, bem como a quantidade inicial de reservas de energia prontamente disponíveis no músculo representadas pela concentração de glicogênio muscular ou pelo potencial glicolítico, podem ser influenciadas por fatores como genótipo, nutrição, exercício e manejo. Mudanças no metabolismo da energia ou na concentração inicial de glicogênio podem afetar ambos, o pH inicial e o pH final, e dessa forma causar alterações em importantes características de qualidade, tais como a cor, firmeza, estabilidade da cor, estabilidade oxidativa e capacidade de retenção de água.

O pH inicial influencia principalmente a cor e a perda por gotejamento. A rápida queda do pH após o abate, com as carcaças ainda apresentando temperatura elevada, resulta em baixo pH inicial (45 minutos após o abate), o que leva à redução da solubilidade e desnaturação das proteínas sarcoplasmáticas e miofibrilares dos músculos, afetando sua capacidade de retenção de água, a cor e a textura, o que resulta em carne pálida, exsudativa e com aspecto flácido (*pale, soft and exudative* – PSE) (Kauffman; Marsh, 1987; Offer, 1991). Normalmente, pH inicial abaixo de 6,0 leva à produção de carne PSE (Berg, 2000), embora pH um pouco mais elevados (em torno de 6,2) já estejam associados com aumento da perda por gotejamento. A produção de carne PSE normalmente está associada com estresse agudo próximo ao momento do abate, o qual acelera o metabolismo, causa elevação dos níveis de H^+ e lactato no músculo e aumenta a temperatura corporal. Essa condição é exacerbada em suínos portadores do gene Halotano, mas pode ocorrer também em suínos não portadores.

Quanto ao pH final (24 horas após o abate), este normalmente está associado ao nível das reservas musculares de glicogênio no momento do abate. Quando a queda do pH é insuficiente, com pH final superior a 6,0, obtém-se carcaças com carne de aparência seca, textura firme e coloração escura (*dark, firm and dry* – DFD). Esta condição normalmente está associada com estresse de longa duração ou com prolongados períodos de jejum antes do abate. Por outro lado, quando

o pH final da carcaça é inferior a 5,5 (podendo chegar a níveis tão baixos quanto 5,1), a carne será de coloração normal, porém com textura flácida e aparência exsudativa (*reddish-pink, soft and exudative* – RSE). A redução da capacidade de retenção de água nesta condição se dá pela aproximação do pH do músculo com o ponto isoelétrico da miosina, que está ao redor de 5,1 (Berg, 2000). A produção de carne RSE normalmente está associada com ausência de jejum pré-abate, com dietas contendo elevados níveis de carboidratos solúveis, ou com a presença de um gene específico causador desta condição, o gene *Rendement Napole*, fatores esses associados com elevados níveis de reservas de glicogênio muscular no momento do abate.

A capacidade de retenção de água é um dos principais aspectos de qualidade tecnológica da carne, pois afeta a aparência e o rendimento dos cortes e dos produtos processados, podendo afetar também sua textura. A retenção de água no músculo depende de complexos mecanismos de natureza química e estrutural (Huff-Lonergan; Lonergan, 2007), podendo ser influenciada por muitas variáveis, embora o pH inicial e a temperatura das carcaças estejam entre as mais importantes. Fisher et al. (2007) relataram que em carcaças classificadas de acordo com a capacidade de retenção de água 75% daquelas consideradas exsudativas apresentavam pH inicial menor do que 6,2 e em 75% das carcaças não exsudativas o pH inicial foi maior do que 6,2. Isto demonstra a forte influência do pH inicial sobre a capacidade de retenção de água do músculo, mas significa também que outros fatores além do pH estão envolvidos. Dentre estes fatores, estão o pH final (Miller et al., 2000; Juncher et al., 2001), o grau de encurtamento do sarcômero (Huff-Lonergan; Lonergan, 2007), o grau de desnaturação de proteínas específicas (Huff-Lonergan; Lonergan, 2007; Choi et al., 2010) e o grau de oxidação e subsequente agregação das proteínas miofibrilares (Traore et al., 2012), os quais podem estar interconectados e mutuamente dependentes. A taxa e a extensão do declínio do pH *post mortem* no músculo são largamente responsáveis pelos fatores mencionados acima, porque afetam o grau de desnaturação de algumas proteínas e o encurtamento do sarcômero (Huff-Lonergan; Lonergan, 2007). A taxa de declínio do pH nas primeiras 6 horas após o abate está diretamente ligada ao grau de degradação da desmina e talina via sistema da calpastatina, influenciando a habilidade do músculo para reter água Melody et al.,

2004; Zhang et al., 2006; Bee et al., 2007). Além disso, a degradação da integrina, uma proteína componente das paredes celulares, aumenta a perda por gotejamento (Lawson, 2004; Zhang et al., 2006).

Gordura intramuscular

A gordura intramuscular é composta pelos lipídios localizados no interior dos músculos, incluindo os polares, representados pelos fosfolipídios componentes das membranas celulares, os lipídios neutros, compostos pelos triacilgliceróis presentes em gotas dentro das fibras musculares ou em adipócitos localizados entre as fibras musculares e o colesterol (Hocquette et al., 2010). O termo marmoreio se refere à gordura visível dentro do músculo. Normalmente o aumento do conteúdo de gordura intramuscular é positivamente associado às características sensoriais, tais como suculência e maciez e à aceitabilidade da carne suína (Hodgson et al., 1991; Castell et al., 1994; Teye et al., 2006; Alonso et al., 2010; Cannata et al., 2010) e tecnológicas, como aumento do pH, redução das perdas por cocção e gotejamento (Hodgson et al., 1991; Cannata et al., 2010). Os níveis mínimos aceitáveis de gordura intramuscular necessários para imprimir características sensoriais positivas na carne suína variam de 2,2% a 3,4%, o primeiro sendo indicado por consumidores que preferem carne com teor reduzido de gordura e o segundo por aqueles que preferem carne com elevado conteúdo de marmoreio (Font-I-Furnols et al., 2012). Em estudo realizado envolvendo duas agroindústrias, com genótipos magros para produção industrial de carne magra e um genótipo com carne de melhor qualidade para produção de produtos curados, foi observado que a gordura intramuscular do lombo varia de 1% a 4% (Bertol et al., 2017). Porém, considerando exclusivamente os genótipos para produção industrial de carne magra, o percentual de animais que apresentam escore de marmoreio de 1 e 2 (1% e 2% de gordura intramuscular, respectivamente) pode variar de 80% a 97%, com até 50% dos animais apresentando apenas 1% de gordura intramuscular dependendo do sexo e genótipo (Bertol et al., 2016). Portanto, observa-se que nos sistemas atuais de produção industrial mais de 50% dos animais apresentam conteúdo de marmoreio abaixo do desejável ou apenas se aproximando do mínimo desejável para garantia da qualidade tecnológica e sensorial.

A seleção genética para aumento da carne magra nas carcaças tem resultado em reduzida espessura de toucinho e baixo conteúdo de gordura intramuscular (Lefaucheur et al., 2011; Rauw et al., 2012). Portanto, o grau de muscularidade das carcaças pode estar associado ao conteúdo de marmoreio. Entretanto, a deposição de marmoreio nos músculos dos suínos é fortemente influenciada também por vários outros fatores, tais como o sexo (Castell et al., 1994; Hyun et al., 2003), a raça ou genótipo (Bertol et al., 2010; Bertol et al., 2013), nutrição (Morel et al., 2008; Bertol et al., 2010; Katsumata et al., 2012; Olivares et al., 2011) e manejo alimentar. O peso de abate é outro fator que pode afetar o marmoreio, observando-se aumento de seu conteúdo com a elevação do peso de abate, desde que os animais sejam alimentados à vontade ou com baixo nível de restrição alimentar (Weatherup et al., 1998; Latorre et al., 2003; Bertol et al., 2018), indicando que o marmoreio é depositado tardiamente.

Coloração

A coloração da carne é um dos principais fatores que afeta a decisão de compra do produto *in natura*, uma vez que os consumidores veem a cor como um indicativo de carne fresca e ausência de patógenos (Mancini; Hunt, 2005). A cor da carne depende de pigmentos, sendo a mioglobina o principal deles, que corresponde a aproximadamente 80% da coloração muscular (Price; Schweigert, 1987).

Essa proteína atua nos tecidos musculares como transportador e armazenador de oxigênio e é semelhante à hemoglobina, cuja função é transportar oxigênio pelo sistema circulatório. A presença da hemoglobina em grandes proporções na carne é um indicativo de que a sangria foi realizada de maneira incorreta (Pardi et al., 2005). Em menores proporções, o citocromo C – proteína associada à membrana interna das mitocôndrias e de coloração verde – e a hemoglobina também desempenham papel na formação da coloração da carne (Mancini; Hunt, 2005).

A mioglobina é solúvel em água, possui baixo peso molecular (16.700 daltons), sendo formada por 153 resíduos de aminoácidos e uma molécula heme (Nelson; Cox, 2002) em forma de anel – a proto-

porfirina – na qual o Ferro encontra-se ligado na forma ferrosa (Fe^{2+}) ou férrica (Fe^{3+}). O átomo de ferro possui seis ligações com esse anel: quatro ligadas a átomos de nitrogênio, uma ligada à histidina e a sexta está disponível para se ligar com diferentes substâncias, como O_2 , H_2O , OH^- , NO e CO (Stryer, 1981). Apesar de poder ligar-se a diferentes substâncias, a mioglobina possui alta afinidade pelo oxigênio.

A mioglobina confere a cor característica da carne não apenas pela sua quantidade, mas também pelo seu estado químico. Ela pode ser encontrada nas formas de deoximioglobina (ausência de oxigênio), oximioglobina (presença de oxigênio) ou metamioglobina (baixa presença de oxigênio) (Tabela 5). Esses pigmentos apresentam constante interconversão (Sarantópoulos; Pizzinatto, 1990) por meio de reações de oxigenação, desoxigenação, oxidação e redução (Figura 1).

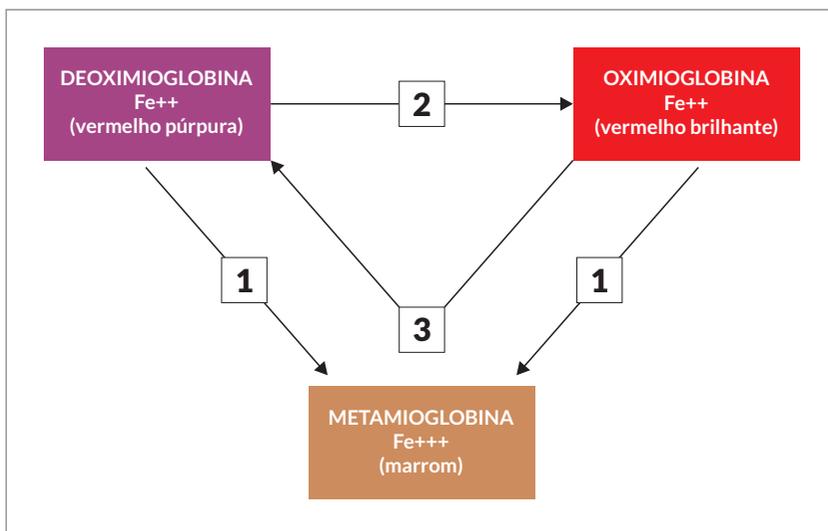
Tabela 5. Composição média da gordura de diferentes espécies (%).

Tipo de mioglobina	Abreviação	Estado de oxidação	Ligante	Cor
Deoximioglobina	Mb	Fe^{2+}	Nenhum	Vermelho púrpura
Oximioglobina	MbO_2	Fe^{2+}	Oxigênio	Vermelho brilhante
Metamioglobina	MetMb	Fe^{3+}	H_2O (pH<8)	Marrom

Fonte: Adaptado de Lindahl (2005).

Quando a carne fresca é exposta diretamente ao contato com oxigênio, em poucos minutos o ferro presente na mioglobina liga-se ao oxigênio e é formada a oximioglobina, por meio de reação de oxigenação, alterando a cor da carne de vermelho púrpura para vermelho brilhante (Figura 1). A profundidade da penetração do oxigênio na carne depende da temperatura, pH, competição por oxigênio por outros processos respiratórios Mancini; Hunt, 2005) e pressão de oxigênio (Lindahl, 2005). Embora não ocorra contato direto do oxigênio com o interior da carne, o mesmo pode ser absorvido pelos citocromos C das células e se difundir por certa profundidade (Lawrie; Ledward, 2006). Esse processo ocorre porque, mesmo na fase *post mortem*, as mitocôndrias continuam metabolizando o oxigênio.

Quando a capacidade de oxigenação é reduzida, a oxidação do ferro presente na mioglobina ou oximioglobina ocasiona a formação da metamioglobina, de coloração marrom. Essa coloração é indesejável e aproximadamente 20% de metamioglobina na superfície da carne pode provocar a rejeição por parte dos consumidores (Pearson; Dutson, 1994). A relação entre as diferentes formas oxidativas da mioglobina é dependente da temperatura (Lindahl, 2005), pressão parcial de oxigênio, pH e crescimento microbiano na carne (Mancini; Hunt, 2005). Conforme o pH e a temperatura dos tecidos se elevam, ocorre aumento da atividade enzimática, o que reduz a disponibilidade do oxigênio que manteria o estado da oximioglobina, formando metamioglobina (cor marrom). O aumento da atividade microbiana causa redução da tensão de oxigênio na superfície do tecido e, por reação de redução, leva à formação de deoximioglobina (vermelho púrpura), a qual pode ser oxidada por peróxido de hidrogênio, formando metamioglobina (Walker, 1980). Assim, ao manter a carne em temperatura baixa (próxima ao congelamento) são minimizadas as atividades enzimática e microbiana e a utilização do oxigênio, ajudando na manutenção da coloração vermelho-brilhante por maior tempo.



1. Reação de oxidação (enzimática).
2. Reação de oxigenação (espontânea, na presença de oxigênio).
3. Reação de oxidação e redução.

Fonte: Adaptado de Mancini e Hunt (2005).

Figura 1. Reações responsáveis pela formação de pigmentos na carne.

A quantidade de mioglobina presente na carne de suínos é afetada principalmente pela idade, atividade física, grupo muscular avaliado e composição nutricional da dieta. Em menor intensidade, os teores de mioglobina podem também ser alterados pela genética e sexo. Com o aumento da idade, ocorre maior acúmulo de mioglobina na musculatura (Latorre et al., 2004; Lawrie; Ledward, 2006), fazendo com que a carne apresente coloração mais avermelhada. Da mesma forma, quando os animais são submetidos a intensos exercícios físicos, aumenta a demanda muscular por oxigênio e, conseqüentemente, o teor de mioglobina (Lawrie; Ledward, 2006). Em uma situação comercial brasileira, Bertol et al. (2015) relataram maior intensidade de vermelho na carne de suínos conforme o peso de abate aumentou de 100 kg até 145 kg de peso vivo, atribuído pelos autores ao possível maior teor de mioglobina na musculatura.

A diferença dos teores de mioglobina entre os distintos músculos de um mesmo suíno se deve ao tipo de fibra muscular presente na musculatura, o que reflete em coloração diferente entre os músculos (Tabela 6). As fibras dos tipos I e IIA possuem maior capilaridade e, conseqüentemente, maiores teores de mioglobina quando comparadas às fibras do tipo IIB (Klont et al., 1998). Entretanto, é importante ressaltar que a cor pode variar dentro do mesmo músculo em um pequeno espaço de avaliação: a quantidade de mioglobina de um músculo pode variar centenas de vezes em um espaço de um centímetro de distância devido a mudanças nos tipos de fibra na mesma musculatura (Lawrie; Ledward, 2006). Do ponto de vista nutricional, dietas com baixos teores de ferro podem propiciar carne com coloração menos avermelhada (Lawrie; Ledward, 2006).

Tabela 6. Coloração de diferentes músculos de suínos abatidos entre 80 kg e 130 kg.

Parâmetro de cor/intensidade	Músculo					EP
	BF	GM	LT	SM	TR	
L*	46,57 ^c	48,07 ^{bc}	51,31 ^a	48,66 ^b	39,93 ^d	0,53
a*	11,99 ^b	9,11 ^c	7,52 ^d	11,91 ^b	12,88 ^a	0,16
b*	17,15 ^a	15,54 ^b	14,85 ^c	17,19 ^a	15,29 ^b	0,14

L*: Luminosidade

a*: coordenada vermelho/verde (+a indica vermelho e -a indica verde)

b*: coordenada amarelo/azul (+b indica amarelo e -b indica azul)

BF: *biceps femoris*; GM: *gluteus medius*; LT: *longissimus lumborum et thoracis* (10ª costela); SM: *semimembranosus*;

TR: *triceps brachii*.

Médias com letras iguais (linhas horizontais) não são diferentes (P>0,05).

Fonte: Adaptado de Brewer et al. (2001).

Além dos fatores supracitados, a variação anormal do pH após o abate, que ocasiona a ocorrência da carne PSE e DFD, também está relacionada a alterações significativas na cor da carne, principalmente devido a alterações na capacidade de retenção de água. A presença da carne PSE ocasiona alterações estruturais, sem que ocorram mudanças na quantidade de pigmentos. A rápida queda do pH nessa situação proporciona o encolhimento dos miofilamentos, com saída de líquidos para o meio extracelular (Adzitey; Nurul, 2011) e a precipitação de proteínas solúveis do sarcoplasma muscular, o que conseqüentemente aumenta a dispersão da luz (L*, luminosidade), ou seja, aumento da palidez (Goldsprink; MCloughlin, 1964). Essa precipitação pode ser responsável por aproximadamente 70% na variação da luminosidade da carne PSE (Joo et al., 1999). Nessa situação, a quantidade de luz absorvida pela carne é baixa e ocorre absorção da luz verde, o que reduz a intensidade da cor vermelha da carne e faz com que a carne PSE seja menos vermelha e mais amarela (Warriss, 2000). Além disso, o baixo pH favorece a oxidação da mioglobina e oximioglobina em metamioglobina (Adzitey; Nurul, 2011), que possui menor intensidade de cor (Lawrie; Ledward, 2006).

Já no caso da carne DFD, o elevado pH faz com que as proteínas musculares estejam acima do ponto isoelétrico, o que impossibilita o encurtamento dos miofilamentos, que permanecem unidos e evitam a perda de água (Lawrie; Ledward, 2006). Com isso, o músculo passa a absorver maior intensidade de luz e apresenta aparência escura

(Warriss, 2000). Paralelamente, a penetração do oxigênio na carne é baixa, fazendo com que ocorra uma fina camada de oximioglobina na superfície e que a coloração da mioglobina prevaleça, aumentando a aparência escura da carne (Lawrie; Ledward, 2006; Adzitey; Nurul, 2011).

Maciez

A maciez é um atributo de qualidade de carne que pode ser avaliada por métodos instrumentais através de texturômetro ou através de análise sensorial realizada com painéis treinados ou com consumidores. Entretanto, estes métodos não são necessariamente comparáveis, por isso, as medidas objetivas de textura só devem ser utilizadas para fazer inferências sobre a aceitabilidade dos produtos pelos consumidores se ambos tiverem sido validados (Wheeler et al., 1997). Em qualquer dos métodos de avaliação da maciez é necessário que sejam seguidos protocolos padronizados para que os dados sejam passíveis de comparação.

A maciez é um parâmetro essencial para a aceitação da carne pelos consumidores e é influenciada por fatores pré e pós-abate. Os fatores pré-abate são o comprimento e diâmetro dos sarcômeros (Pardi et al., 2005) e a presença e distribuição de tecidos conectivos, como o colágeno e a elastina (Lawrie; Ledward, 2006). No pós-abate, a degradação proteica (Huff-Lonergan et al., 1996) e a taxa de glicólise *post mortem* (Lawrie; Ledward, 2006; Pardi et al., 2005) são essenciais para determinar a maciez da carne.

As fibras musculares são dispostas em feixes que, com o passar da idade, crescem em comprimento e diâmetro e tornam-se mais resistentes ao corte (Pardi et al., 2005). O diâmetro dos feixes pode variar de acordo com a musculatura avaliada: os músculos com alta taxa de crescimento pós-natal, como o *semimembranosus*, possuem maiores diâmetros das fibras, ao passo que músculos com menores taxas de crescimento, como o *semitendinosus*, possuem menores diâmetros (Lawrie; Ledward, 2006). Quanto maior for o diâmetro das fibras musculares, mais espesso é o perímio (Pardi et al., 2005) e menores os índices de maciez que a carne tende a apresentar.

O comprimento das fibras também varia de acordo com a musculatura. Wheeler et al. (2000) analisaram o comprimento e a maciez de diferentes músculos de suínos: *semitendinosus*, *triceps brachii*, *longissimus*, *semimembranosus* e *biceps femoris*. Os autores perceberam maior comprimento das fibras – e conseqüentemente menor maciez – nos músculos *semitendinosus* e *triceps brachii*.

Outro fator que deve ser considerado quando se avalia a textura da carne é a presença de tecidos conectivos, como o colágeno e a elastina. Destes, o colágeno está presente em maior quantidade (Tornberg, 1996) e varia de acordo com a idade do animal: com o aumento da idade, diminui a proporção de colágeno solúvel (Correa et al., 2006) devido à formação de ligações cruzadas (Lawrie; Ledward, 2006), o que torna a carne menos macia. A elastina é mais resistente que o colágeno e normalmente presente em pequenas quantidades nos tecidos musculares, sendo sua presença associada aos vasos sanguíneos (Lawrie; Ledward, 2006). Entretanto, em alguns músculos, sua presença em maior quantidade pode afetar negativamente a maciez da carne (Lawrie; Ledward, 2006).

Após o abate, a taxa de degradação proteica é responsável por significativos efeitos na maciez da carne (Huff-Lonergan et al., 1996). Com o colapso circulatório e a conseqüente interrupção do aporte de oxigênio ao músculo, é cessada a respiração celular, ocasionando a glicólise anaeróbica (Pardi et al., 2005) e a quebra do glicogênio muscular (Price; Schweigert, 1987). Nesse processo, uma molécula de glicose é transformada em lactato e duas moléculas de ATP (Pardi et al., 2005), cujo objetivo é manter a integridade estrutural das células por um período adicional (Judge et al., 1989). Após o esgotamento do glicogênio muscular, a concentração de ATP é reduzida e não existe mais energia disponível no tecido muscular para manter o relaxamento, o que causa a formação do complexo actino-miosina de maneira irreversível e conseqüente encurtamento dos sarcômeros, em processo chamado de *rigor mortis* (Pardi et al., 2005).

A redução do ATP no processo de *rigor mortis* promove a fuga de íons Ca^{++} para o sarcoplasma (Lawrie; Ledward, 2006), que ativam as calpaínas, as quais são proteases dependentes de cálcio que degradam as proteínas musculares, ocasionando aumento da maciez da carne (Huff-Lonergan et al., 1996; Taylor et al., 1995). Em estudo conduzi-

do por Mellody et al. (2004), foi comparada a degradação proteica e a maciez da carne em diferentes músculos de suínos. Os autores perceberam maior degradação das proteínas titina, nebulina, desmina e troponina e, conseqüentemente, maior maciez no músculo *longissimus dorsi*, quando comparado ao *semimembranosus*. Em estudo avaliando a degradação proteica em bovinos, Huff-Lonergan et al. (1996) também citaram a degradação da proteína filamina como um importante fator na maciez da carne.

O sistema calpaína é composto por três enzimas: a μ -calpaína e m-calpaína, que são responsáveis pela proteólise muscular; e a calpastatina, que inibe as duas enzimas anteriores (Goll et al., 2003). O processo de proteólise pelas calpaínas é dependente do pH. Após o abate, a quantidade de íons Ca^{++} não é suficiente para ativar as calpaínas – que permanecem ligadas à calpastatina – e quando o pH atinge o valor aproximado de 5,5 se inicia a proteólise, cuja atividade cessa com a autólise (Lawrie; Ledward, 2006).

A percepção de maciez por painéis treinados e até mesmo a textura instrumental podem ser positivamente afetadas pela elevação do conteúdo de marmoreio da carne, fator que também influencia positivamente a percepção de suculência (Hodgson et al., 1991; Alonso et al., 2010; Cannata et al., 2010). A capacidade de retenção de água da carne afeta a suculência e desta forma também pode afetar indiretamente a percepção de maciez (Aaslyng et al., 2003).

Conclusões

A composição da carne suína varia de acordo com o corte, tendo a gordura e a proteína como os componentes mais variáveis. Com exceção da costela, os principais cortes de carne suína desprovidos de gordura de cobertura apresentam conteúdo de proteína acima de 18%, gordura na faixa de 2% a 7% e conteúdo de colesterol entre 60 mg/kg e 70 mg/kg. Além disso, carne suína é uma importante fonte de vitaminas do complexo B, zinco e selênio. Estas características fazem da carne suína uma fonte de proteína saudável e com potencial para atender parte significativa da dieta humana.

Os ácidos graxos predominantes na gordura suína são os monoinsaturados, que representam mais de 40% dos ácidos graxos totais. O conteúdo de ácidos graxos ômega-3 é baixo, entre 0,5% e 1%. Na comparação com outras espécies, a gordura suína apresenta menor conteúdo de ácidos graxos saturados que a gordura bovina e melhor relação ômega-6/ômega-3 do que a gordura de aves, mas sua composição é dependente da dieta fornecida aos animais.

O pH da carne suína é determinado por inúmeros fatores, entre os quais estão o genótipo, a nutrição e o manejo. Esse efeito se dá pela elevação ou redução do nível das reservas de energia nos músculos e pela aceleração ou desaceleração do metabolismo energético no período que imediatamente antecede ou sucede o abate. Por sua vez, o pH afeta várias características de qualidade como a cor, firmeza, estabilidade da cor, estabilidade oxidativa e capacidade de retenção de água da carne.

A gordura intramuscular é positivamente associada às características sensoriais, tais como suculência, maciez e aceitabilidade da carne suína, bem como a características tecnológicas, como aumento do pH e redução das perdas por cocção e por gotejamento. Os níveis mínimos de gordura intramuscular necessários para imprimir características sensoriais positivas na carne variam de 2,2% a 3,4%, porém, nos genótipos utilizados para produção industrial de carne magra no Brasil, em mais de 50% dos animais esses níveis estão abaixo do desejável. Entre os principais fatores determinantes desses baixos níveis de gordura intramuscular, estão a seleção genética para redução da porcentagem de gordura nas carcaças, as dietas com níveis nutricionais elevados para máxima taxa de crescimento e a restrição alimentar.

A coloração da carne é um dos principais fatores que afeta a decisão de compra do produto *in natura*. O principal fator que afeta a cor da carne são os pigmentos, sendo a mioglobina o principal deles. A mioglobina corresponde a aproximadamente 80% da coloração muscular e confere a cor característica da carne não apenas pela sua quantidade, mas também pelo seu estado químico. O pH, a temperatura e a atividade microbiana podem afetar o estado químico da mioglobina por reduzir a capacidade de oxigenação. Mantendo-se a carne em temperatura baixa (próxima ao congelamento) a elevação do pH é retardada e as

atividades enzimática e microbiana e a utilização do oxigênio são minimizadas, ajudando na manutenção da coloração vermelho-brilhante por maior tempo. Além disso, como já mencionado acima, além da mio-globina o pH também afeta a coloração da carne.

A maciez é um atributo de qualidade de carne considerado essencial para a aceitação da carne pelos consumidores e é influenciada por fatores tais como o comprimento e diâmetro dos sarcômeros, a presença e distribuição de tecidos conectivos, a degradação proteica e a taxa de glicólise *post mortem*. Maior diâmetro e maior comprimento das fibras musculares, assim como maior conteúdo e menor solubilidade dos tecidos conectivos estão associados a menores índices de maciez. Por outro lado, maiores taxas de degradação proteica por meio da ação das proteases musculares ocasionam aumento da maciez, fator que é dependente do pH. Somente quando o pH se aproxima de 5,5 é que tem início a proteólise. A maciez também pode ser positivamente afetada pela elevação do conteúdo de gordura intramuscular e pelo aumento da capacidade de retenção de água da carne.

Referências

- AASLYNG, M. D.; BEJERHOLM, C.; ERTBJERG, P.; BERTRAM, H. C.; ANDERSEN, H. J. Cooking loss and juiciness of pork in relation to raw meat quality and cooking procedure. **Food Quality and Preference**, v. 14, n. 4, p. 277-288, June 2003. DOI: 10.1016/S0950-3293(02)00086-1.
- ADZITEY, F.; NURUL, H. *Pale soft exudative* (PSE) and *dark firm dry* (DFD) meats: causes and measures to reduce these incidences - a mini review. **International Food Research Journal**, v. 18, p. 11-20, Dec. 2011.
- ALONSO, V.; CAMPO, M. M.; PROVINCIAL, L.; RONCALE'S, P.; BELTRA'N, J. A. Effect of protein level in commercial diets on pork meat quality. **Meat Science**, v. 85, p. 7-14, May 2010. DOI: 10.1016/j.meatsci.2009.11.015.
- BEE, G.; ANDERSON, A. L.; LONERGAN, S. M.; HUFF-LONERGAN, E. Rate and extent of pH decline affect proteolysis of cytoskeletal proteins and water-holding capacity in pork. **Meat Science**, v. 76, p. 359-365, June 2007. DOI: 10.1016/j.meatsci.2006.12.004.
- BERG, E. P. **Composition and quality assessment procedures**. Des Moines: National Pork Producers Council, 2000. 42 p.

- 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. Qualidade da carne e desempenho de genótipos de suínos alimentados com dois níveis de aminoácidos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, p. 621-629, Maio 2010. DOI: 10.1590/S0100-204X2010000600012.
- BERTOL, T. M.; CAMPOS, R. M. L. de; LUDKE, J. V.; TERRA, N. N.; FIGUEIREDO, E. A. P. de; COLDEBELLA, A., SANTOS FILHO, J. I. dos; KAWSKY, V. L.; LEHR, N. M. Effects of genotype and dietary oil supplementation on performance, carcass traits, pork quality and fatty acid composition of backfat and intramuscular fat. **Meat Science**, v. 93, p. 507-516, Mar. 2013. DOI: 10.1016/j.meatsci.2012.11.012.
- BERTOL, T. M.; COLDEBELLA, A.; SANTOS FILHO, J. I. dos; GUIDONI, A. L. Swine carcasses classified by degree of exudation and marbling content. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 2, p. 121-128, Feb. 2017. DOI: 10.1590/S0100-204X2017000200006.
- BERTOL, T. M.; OLIVEIRA, E. A.; COLDEBELLA, A.; KAWSKI, V. L.; SCANDOLERA, A. J.; WARPECHOWSKI, M. B. Meat quality and cut yield of pigs slaughtered over 100 kg live weight. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 67, n. 4, p. 1166-1174, 2015. DOI: 10.1590/1678-4162-8113.
- BERTOL, T. M.; SANTOS FILHO, J. I. dos; COLDEBELLA, A. Pork quality in two slaughter plants from the South of Brazil. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 53., 2016, Gramado. **Anais...** Gramado: UFRGS, 2016.
- BERTOL, T. M.; SANTOS FILHO, J. I. dos; COLDEBELLA, A.; KAWSKY, V.; MARINHO, A. L. Efeito do peso de abate sobre a qualidade da carne. In: SANTOS FILHO, J. I. dos; BERTOL, T. M. (Ed.). **Questões técnicas do peso de abate em suínos**. Concórdia: CNPSA, 2018. p. 67-80.
- BREWER, M. S.; ZHU, L. G.; BIDNER, B.; MEISINGER, D. J.; MCKEITH, F. K. Measuring pork color: effects of bloom time, muscle, pH and relationship to instrumental parameters. **Meat Science**, v. 57, p. 169-176, Feb. 2001. DOI: 10.1016/S0309-1740(00)00089-9.
- CAMPOS, R. M. L. de; HIERRO, E.; ORDÓNEZ, 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 back fat fatty acids. **Journal of Animal and Feed Sciences**, v. 15, p. 427-433, July. 2006. DOI: 10.22358/jafs/66913/2006.
- CANNATA, S.; ENGLE, T. E.; MOELLER, S. J.; ZERBY, H. N.; RADUNZ, A. E.; GREEN, M. D.; BASS, P. D.; BELK, K. E. Effect of visual marbling on sensory properties and quality traits of pork loin. **Meat Science**, v. 85, n. 3, p. 428-434, July. 2010. DOI: 10.1016/j.meatsci.2010.02.011.
- CASTELL, A. G.; CLIPLEF, R. L.; POSTE-FLYNN, L. M.; BUTLER, G. Performance, carcass and pork characteristics of castrates and gilts self-fed diets differing in protein content and lysine: energy ratio. **Canadian Journal Animal Science**, v. 74, n. 3, p. 519-528, 1994. DOI: 10.4141/cjas94-073.

CHOI, Y. M.; LEE, S. H.; CHOE, J. H.; RHEE, M. S.; LEE, S. T.; JOO, S. T.; KIM, B. C. Protein solubility is related to myosin isoforms, muscle fiber types, meat quality traits, and *post mortem* protein changes in porcine *longissimus dorsi* muscle. **Livestock Science**, v. 127, p. 183-191, 2010.

CORREA, J. A.; FAUCITANO, L.; LAFOREST, J. J.; RIVEST, J.; MARCOUX, M.; GARIÉPY, C. Effects of slaughter weight on carcass composition and meat quality in pigs of two different growth rates. **Meat Science**, v. 72, p. 91-99, Jan. 2006. DOI: 10.1016/j.meatsci.2005.06.006.

DRISKELL, J. A.; GIRAUD, D. W.; SUN, J.; JOO, S.; HAMOUZ, F. L.; DAVIS, S. L. Retention of vitamin b-6, thiamin, vitamin e, and selenium in grilled boneless pork chops prepared at five grill temperatures. **Journal of Food Quality**, v. 21, n. 3, p. 201-210, 1998. DOI: 10.1111/j.1745-4557.1998.tb00516.x.

ESTEVE, M. J.; FARRÉ, R.; FRÍGOLA, A.; PILAMUNGA, C. Contents of vitamins B1, B2, B6, and B12 in pork and meat products. **Meat Science**, v. 62, p. 73-78, Sept. 2002. DOI: 10.1016/S0309-1740(01)00230-3.

FISHER, K. Drip loss in pork: influencing factors and relation to further meat quality traits. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, v. 124, suppl. 1, p. 12-18, Nov. 2007. DOI: 10.1111/j.1439-0388.2007.00682.x.

FONT-I-FURNOLS, M.; TOUS, N.; ESTEVE-GARCIA, E.; GISPERT, M. Do all the consumers accept marbling in the same way? The relationship between eating and visual acceptability of pork with different intramuscular fat content. **Meat Science**, v. 91, n. 4, p. 448-453, Aug. 2012. DOI: 10.1016/j.meatsci.2012.02.030.

GOLDSPRINK, G.; MCLOUGHILN, J. V. The effect of temperature on the solubility of the sarcoplasmic proteins in relation to colour changes in post-rigor muscle. **Irish Journal of Agricultural Research**, v. 3, n. 1, p. 9-16, 1964.

GOLL, D. E.; THOMPSON, V. F.; LI, H.; WEI, W.; CONG, J. The calpain system. **Physiological Reviews**, v. 83, n. 3, p. 731-801, July 2003. DOI: 10.1152/physrev.00029.2002.

HOCQUETTE, J. F.; GONDRET, F.; BAÉZA, E.; MÉDALE, F.; JURIE, C.; PETHICK, D. W. Intramuscular fat content in meat-producing animals: development, genetic and nutritional control, and identification of putative markers. **Animal**, v. 4, n. 2, p. 303-319, Fev. 2010. DOI: 10.1017/S1751731109991091.

HODGSON, R. R.; DAVIS, G. W.; SMITH, G. C.; SAVEL1, J. W.; CROSS, H. R. Relationships between pork loin palatability traits and physical characteristics of cooked chops. **Journal of Animal Science**, v. 69, p. 4858-4365, Dec. 1991. DOI: 10.2527/1991.69124858x.

HUFF-LONERGAN, E.; LONERGAN, S. M. New frontiers in understanding drip loss in pork: recent insights on the role of *post mortem* muscle biochemistry. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, v. 124, suppl. 1, p. 19-26, Nov. 2007. DOI: 10.1111/j.1439-0388.2007.00683.x.

HUFF-LONERGAN, E.; MITSUHASHI, T.; BEEKMAN, D. D.; PARRISH JUNIOR, F. C.; OLSON, D. G.; ROBSON, R. M. Proteolysis of specific muscle structural proteins by m-calpain at low pH and temperature is similar to degradation in *post mortem* bovine muscle. **Journal of Animal Science**, v. 74, p. 993-1008, 1996.

HYUN, Y.; ELLIS, M.; MCKEITH, F. K.; BAKER, D. H. Incidence de la concentration de leucine dans les aliments sur la croissance, les paramètres de la carcasse et la qualité de la viande des porcs de finition. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 83, p. 315-318, 2003.

JOO, S. T.; KAUFFMAN, R. G.; KIM, B. C.; PARK, G. B. The relationship of sarcoplasmic and myofibrillar protein solubility to colour and water-holding capacity in porcine *longissimus* muscle. **Meat Science**, v. 52, p. 291-297, July 1999. DOI: 10.1016/S0309-1740(99)00005-4.

JUDGE, M. D.; ABERLE, E. D.; FORREST, J. C.; HEDRICK, H. B.; MERKEL, R. A. **Principles of meat science**. 2nd ed. Iowa: Hunt Publishing Company, 1989. p. 97-125.

JUNCHER, D.; RONN, B.; MORTENSEN, E. T.; HENCKEL, P.; KARLSSON, A.; SKIBSTED, L. H.; BERTELSEN, G. Effect of pre-slaughter physiological conditions on the oxidative stability of colour and lipid during chill storage of pork. **Meat Science**, v. 58, p. 347-357, Aug. 2001. DOI: 10.1016/S0309-1740(00)00156-X.

KATSUMATA, M.; KYOYA, T.; ISHIDA, A.; OHTSUKA, M.; NAKASHIMA, K. Dose-dependent response of intramuscular fat accumulation in *longissimus dorsi* muscle of finishing pigs to dietary lysine levels. **Livestock Science**, v. 149, p. 41-45, Nov. 2012. DOI: 10.1016/j.livsci.2012.06.025.

KAUFFMAN, R. G.; MARSH, B. B. Quality characteristics of muscle as a food. In: PRICE, J. F.; SCHWEIGERT, B. S. **The science of meat and meat products**. 3rd ed. Westport: Food & Nutrition Press Inc, 1987. p. 349-369.

KLONT, R. E.; BROCKS, L.; EIKELENBOOM, G. Muscle fibre type and meat quality. **Meat Science**, v. 49, suppl. 1, p. S219-S229, 1998. DOI: 10.1016/S0309-1740(98)90050-X.

KRAUSS, R. M.; ECKEL, R. H.; HOWARD, B.; APPEL, L. J.; DANIELS, S. R.; DECKELBAUM, R. J.; ERDMAN JUNIOR, J. W.; KRIS-ETHERTON, P.; GOLDBERG, I. J.; KOTCHEN, T. A.; LICHTENSTEIN, A. H.; MITCH, W. E.; MULLIS, R.; ROBINSON, K.; WYLIE-ROSETT, J.; ST. JEOR, S.; SUTTIE, J.; TRIBBLE, D. L.; BAZZARRE, T. L. AHA dietary guidelines. revision 2000: a statement for healthcare professionals from the nutrition committee of the American Heart Association. **Circulation**, v. 102, p. 2296-2311, 2000.

LATORRE, M. A.; LÁZARO, R.; VALENCIA, D. G.; MEDEL, P.; MATEOS, G. G. The effects of gender and slaughter weight on the growth performance, carcass traits, and meat quality characteristics of heavy pigs. **Journal of Animal Science**, v. 82, p. 526-533, Fev. 2004. DOI: 10.2527/2004.822526x.

LATORRE, M. A.; MEDEL, P.; FUENTETAJA, A.; LÁZARO, R.; MATEOS, G. G. Effect of gender, terminal sire line and age at slaughter on performance, carcass characteristics and meat quality of heavy pigs. **Animal Science**, v. 77, n. 1, p. 33-45, Aug. 2003. DOI: 10.1017/S1357729800053625.

LAWRIE, R. A.; LEDWARD, D. A. **Lawrie's meat science**. 7th ed. Boca Raton: CRC, 2006. 442 p.

LAWSON, M. A. The role of integrin degradation in *post mortem* drip loss in pork. **Meat Science**, v. 68, p. 559-566, Dec. 2004. DOI: 10.1016/j.meatsci.2004.05.019.

LEFAUCHEUR, L.; LEBRET, B.; ECOLAN, P.; LOUVEAU, I.; DAMON, M.; PRUNIER, A.; BILLON, Y.; SELLIER, P.; GILBERT, H. Muscle characteristics and meat quality traits are affected by divergent selection on residual feed intake in pigs. **Journal of Animal Science**, v. 89, p. 996-1010, Apr. 2011. DOI: 10.2527/jas.2010-3493.

LINDAHL, G. **Colour characteristics of fresh pork**. 2005. 73 f. Thesis (Doctoral) - Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala.

MANCINI, R. A.; HUNT, M. C. Current research in meat color. **Meat Science**, v. 71, p. 100-121, Sept. 2005. DOI: 10.1016/j.meatsci.2005.03.003.

MELODY, J. L.; LONERGAN, S. M.; ROWE, L. J.; HUIATT, T. W.; MAYES, M. S.; HUFF-LONERGAN, E. Early *post mortem* biochemical factors influence tenderness and water-holding capacity of three porcine muscles. **Journal of Animal Science**, v. 82, p. 1195-1205, 2004. DOI: 10.2527/2004.82411195x.

MILLER, K. D.; ELLIS, M.; BIDNER, B.; MCKEITH, F. K.; WILSON, E. R. Porcine *Longissimus* glycolytic potential level effects on growth performance, carcass, and meat quality characteristics. **Journal of Muscle Foods**, v. 11, n. 3, p. 169-181, May 2007. DOI: 10.1111/j.1745-4573.2000.tb00423.x.

MOREL, P. C. H.; JANZ, J. A. M.; ZOU, M.; PURCHAS, R. W.; HENDRIKS, W. H.; WILKINSON, B. H. P. The influence of diets supplemented with conjugated linoleic acid, selenium, and vitamin E, with or without animal protein, on the composition of pork from female pigs. **Journal of Animal Science**, v. 86, n. 5, p. 1145-1155, May 2008. DOI: 10.2527/jas.2007-0358.

NATIONAL PORK PRODUCERS COUNCIL. National Pork Quality Solutions Team. **Pork quality targets**. Des Moines: National Pork Board, 1998. 1 p. Disponível em: <http://www.meatscience.org/pubs/factsheets/porkqualtargets.pdf>. Acesso em: 3 abr. 2019.

NATIONAL PORK PRODUCERS COUNCIL. **Pork quality Standards**. Des Moines: National Pork Producers Council, 1999. 1 p.

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

NELSON, D. L.; COX, M. M. **Lehninger princípios da bioquímica**. 3. ed. São Paulo: Sarvier, 2002. 975 p.

OFFER, G. Modeling the formation of pale, soft and exudative meat: effects of chilling regime and rate and extent of glycolysis. **Meat Science**, v. 30, p. 157-184, 1991. DOI: 10.1016/0309-1740(91)90005-B.

OLIVARES, A.; REY, A. I.; DAZA, A.; LÓPEZ-BOTE, C. J. Low levels of dietary vitamin A increase intramuscular fat content and polyunsaturated fatty acid proportion in liver from lean pigs. **Livestock Science**, v. 137, p. 31-36, May 2011. 10.1016/j.livsci.2010.09.023.

PARDI, M. C.; SANTOS, I. F. dos; SOUZA, E. R.; PARDI, H. S. **Ciência, higiene e tecnologia da carne**. 2. ed. Goiania: UFG, 2005. 623 p. v. 1.

PEARSON, A. M.; DUTSON, T. R. (Ed.) **Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products**. Springer US, 1994. 505 p. (Advances in meat research series, 9).

PRICE, J.; SCHWEIGERT, B. S. **The science of meat and meat products**. 3rd ed. Westport: Food & Nutrition Press, 1987, 639 p.

RAUW, W. M.; DIAZ, I.; FRANCÉS, F.; CORELLA, D.; SOLER, J.; TIBAU, J.; GOMEZ-RAYA, L. The relationship between feed intake behaviour with intramuscular fat, cholesterol and fatty acid composition in pork. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, v. 129, p. 289-297, Aug. 2012. DOI: 10.1111/j.1439-0388.2011.00978.x.

SANTOS FILHO, J. I. dos; BERTOL, T. M. Efeitos da percepção dos atributos dos alimentos e das características dos consumidores sobre o Consumo de carne suína. In: CONGRESSO DA SOBER, 45., 2007. **Anais...** Londrina: UEL, 2007. p. 1-19.

SARANTÓPOULOS, C. I. G. L.; PIZZINATTO, A. Fatores que afetam a cor das carnes. **Coletânea ITAL**, v. 20, n. 1, p. 1-12, 1990.

STRYER, L. **Biochemistry**. 2nd ed. San Francisco: Freeman, 1981. 949 p.

TAYLOR, R. G.; GEESINK, G. H.; THOMPSON, V. F.; KOOHMARAIE, M.; GOLL, D. E. Is Z-Disk degradation responsible for *post mortem* tenderization? **Journal of Animal Science**, v. 73, p. 1351-1367, May 1995. DOI: 10.2527/1995.7351351x.

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, May 2006. DOI: 10.1016/j.meatsci.2005.11.010.

TORNBERG, E. Biophysical aspects of meat tenderness. **Meat Science**, v. 43, n. 1, p. 175-191, 1996. DOI: 10.1016/0309-1740(96)00064-2.

TRAORE, S.; AUBRY, L.; GATELLIER, P.; PRZYBYLSKI, W.; JAWORSKA, D.; KAJAK-SIEMASZKO, K.; SANTÉ-LHOUTELLIER, V. Higher drip loss is associated with protein oxidation. **Meat Science**, v. 90, p. 917-924, Apr. 2012. DOI: 10.1016/j.meatsci.2011.11.033.

USDA. Department of Agriculture. **United States USDA national nutrient database for standard reference**. Release 28. Washington, DC, 2018.

WALKER, H. W. Effects of microflora on fresh meat color. **Reciprocal Meat Conference Proceedings**, v. 33, p. 33-36, 1980.

WARRISS, P. D. **Meat science: an introductory text**. Wallingford: CAB International, 2000. 310 p.

WEATHERUP, R. N.; BEATTIE, V. E.; MOSS, B. W.; KILPATRICK, D. J.; WALKER, N. The effect of increasing slaughter weight on the production performance and meat quality of finishing pigs. **Animal Science**, v. 67, p. 591–600, Dec. 1998. DOI: 10.1017/S1357729800033038.

WHEELER, T. L.; SHACKELFORD, S. D.; KOOHMARAIE, M. Standardizing collection and interpretation of *Warner-Bratzler shear force* and sensory tenderness data. **Proceedings of the Reciprocal Meat Conference**, v. 50, p. 68-77, 1997. Disponível em: <https://www.ars.usda.gov/ARSEUserFiles/30400510/1997500068.pdf>. Acesso em: 26 set. 2018.

WHEELER, T. L.; SHACKELFORD, S. D.; KOOHMARAIE, M. Variation in proteolysis, sarcomere length, collagen content, and tenderness among major pork muscles. **Journal of Animal Science**, v. 78, p. 958-965, Apr. 2000. DOI: 10.2527/2000.784958x.

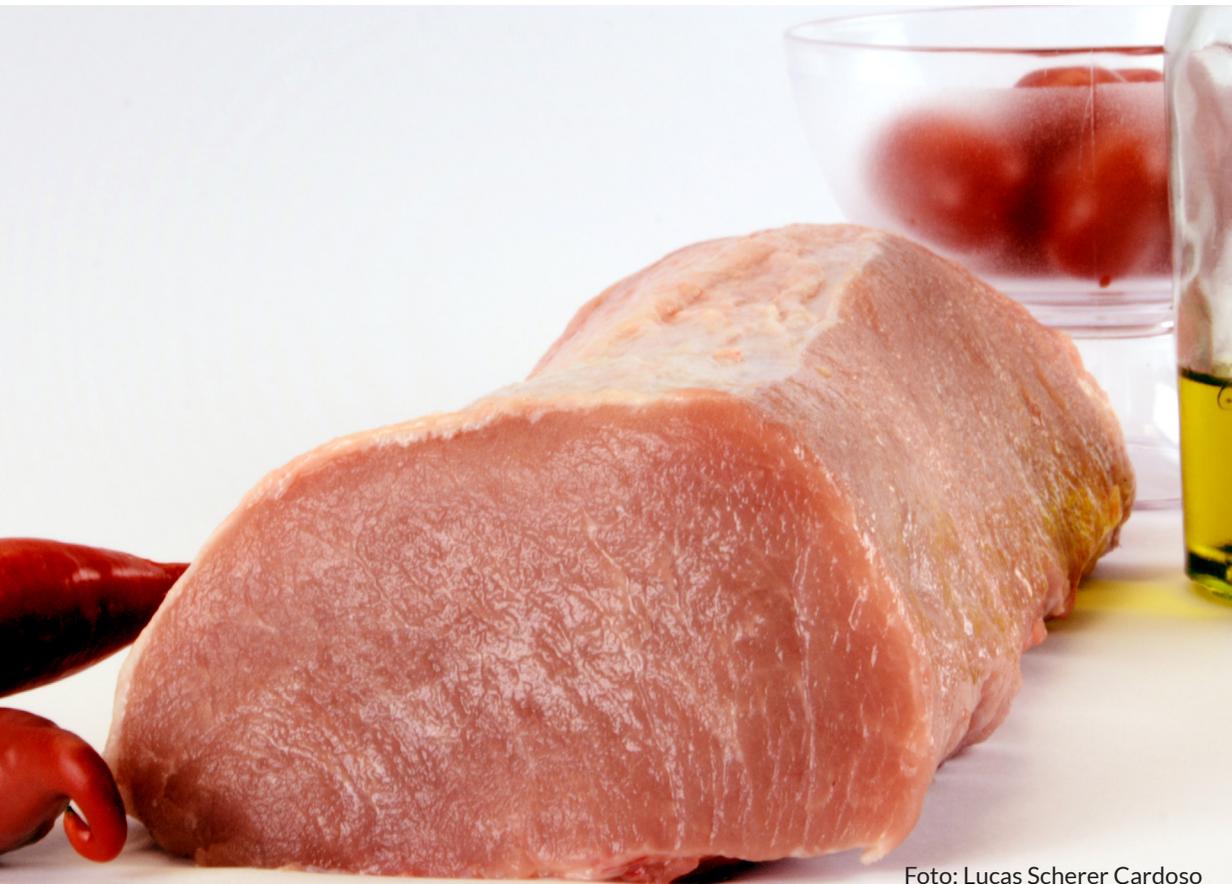
WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Trace elements in human nutrition and health**. Genebra: 1996. 361 p.

ZHANG, W. G.; LONERGAN, S. M.; GARDNER, M. A.; HUFF-LONERGAN, E. Contribution of *post mortem* changes of integrin, desmin and μ -calpain to variation in water holding capacity of pork. **Meat Science**, v. 74, p. 578-585, Nov. 2006. DOI: 10.1016/j.meatsci.2006.05.008.

Capítulo 2

A qualidade como um dos fatores determinantes da demanda por produtos suínos no Brasil

Jonas Irineu dos Santos Filho



Introdução

A produção de proteína animal é crescente no Brasil e no mundo e este crescimento deverá continuar nos próximos 20 anos. Dois fatores serão os maiores responsáveis por este crescimento:

- a) O tamanho da população mundial, que deverá alcançar a cifra de 9 bilhões de habitantes em 2050 frente aos 7 bilhões atuais;
- b) O crescimento da renda per capita que já está ocorrendo no mundo e em especial nos países em desenvolvimento.

Ainda que a carne suína seja a mais consumida no mundo, o consumo de a carne de frango deverá superá-la nos próximos 10 anos. Mesmo assim, o suíno continuará a ter uma participação expressiva no consumo de proteína animal nos próximos 20 anos (Figura 1).

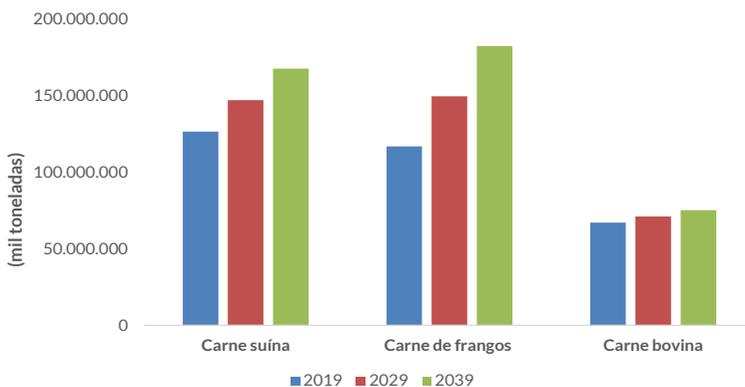


Figura 1. Estimativa para produção mundial de carne suína, bovina e de frangos para os próximos 20 anos.

Fonte: Cálculo dos autores com base em dados primários da FAO.

O Brasil, ainda que seja o quarto maior produtor mundial de carne suína, tem um baixo consumo per capita, semelhante à média mundial (14,65 kg em 2017). Enquanto em 2016 o consumo per capita dos Estados Unidos, União Europeia e China era de 29,40 kg, 40,90 kg e 38,03 kg, o consumo brasileiro foi de somente 14,05 kg (USDA, 2019; FAO, 2019). Assim, no Brasil, o comportamento da produção e consumo de carnes não segue o padrão mundial. Aqui, a carne mais consumida é a de frango, seguido pelas carnes bovina e suína (Figura 2).

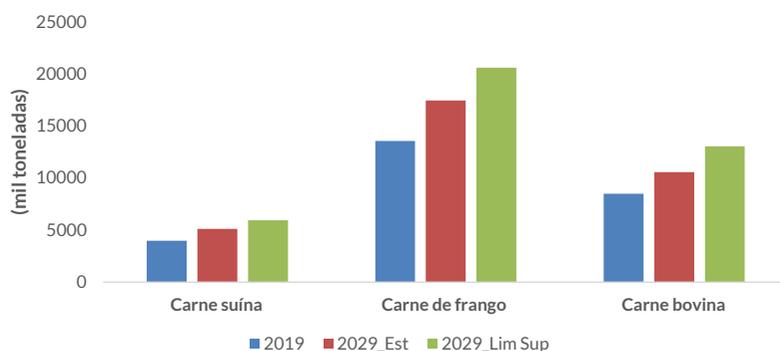


Figura 2. Estimativa para produção brasileira de carne suína, bovina e de frangos para os próximos 20 anos.

Fonte: Projeções..., (2019).

O aumento no consumo de proteína animal não será uniforme entre os países. É provável que o crescimento do consumo de carne nos países em desenvolvimento continue em resposta aos aumentos da população e da renda. Para a indústria de carnes, no entanto, haverá um desafio em manter a participação de mercado nos países desenvolvidos. Nestes, não se espera que os consumidores, que já apresentam altos níveis de consumo e uma população envelhecida, aumentem significativamente a ingestão de proteínas animais. Além disso, os consumidores nos países desenvolvidos estão se interessando mais por sistemas de produção de carne, bem-estar animal, segurança alimentar e outros assuntos relacionados à qualidade (OCDE, 2013 apud Henchion et al., 2014).

Por outro lado, é esperado que o maior crescimento no consumo ocorra na Ásia, América Latina, Oriente Médio e nos países em desenvolvimento em geral. Yotopoulos (1985) mostrou que a evolução da renda altera a composição das dietas das populações em uma sequência envolvendo, inicialmente, o consumo de tubérculos e cereais, passando para as carnes e, em um terceiro momento, aumentando o consumo de frutas e verduras. Corroborando este raciocínio, Rosegrant et al. (2001) concluíram que a mudança na dieta decorrente do crescimento da renda deveria dobrar a quantidade de carne consumida nos países em desenvolvimento neste início de século. Nestes países que impulsionarão o aumento do consumo, também é esperado que o preço

seja um fator de grande importância na tomada de decisão dos consumidores. Assim, a combinação de preço e crescimento econômico será a variável-chave para o crescimento no consumo (OCDE, 2019).

É essencial que a indústria da carne compreenda completamente como os consumidores percebem a qualidade e como essas percepções influenciam suas escolhas e determine os atributos de qualidade mais importantes que eles precisam para manter e melhorar os produtos de carne existentes e novos (Troy; Kerry, 2010). Assim, a capacidade ou não de se manter importante na preferência dos consumidores dependerá da habilidade dos atores presentes nesta cadeia de perceber e atender os anseios dos consumidores.

Desta forma, neste capítulo iremos discutir as questões relacionados à qualidade e seu potencial de efeito sobre o consumo de carnes suína. Nas próximas páginas, discorrer-se-á sobre o conceito de qualidade, a evidência de valor para a mesma e como a qualidade é percebida pelo consumidor brasileiro.

A qualidade e outros fatores determinantes do consumo de alimentos

Em todos os mercados, os consumidores desejam produtos que sejam saborosos, seguros e saudáveis, podendo ser definidos com produtos de alta qualidade. Entretanto, qualidade, na perspectiva do consumidor, é algo subjetivo. Então, a avaliação sobre qualidade de carne pode variar entre indivíduos, sociedades e culturas. Portanto, não é surpresa que explorar sobre qualidade é complexo devido ao seu caráter amplo e abrangente (Henchion et. al., 2014).

Um conceito de qualidade pode ser encontrado em Luning et al. (2002). Os autores sugerem que qualidade representa as características e propriedades dos produtos que satisfazem em termos fisiológicos e psicológicos as expectativas destes consumidores. Como evidenciado pela definição de Luning et al. (2002), os motivos que orientam o consumidor na busca de um produto são influenciados por diferentes estímulos. Ironicamente, várias incongruências são observadas pelo lado do consumidor no uso e na interpretação de suas informações sobre

qualidade. Ainda, segundo Henschion et. al. (2014), é particularmente digno de nota que:

- a) Inferências de qualidade feitas pelos consumidores podem não ser indicadores da qualidade real;
- b) A demanda expressa por determinadas informações pode não se traduzir no uso dessas informações.

As características que descrevem qualidade em geral podem ser divididas em dois tipos, intrínsecas e extrínsecas. As características intrínsecas são aquelas que são visíveis no produto. Já as características extrínsecas representam informações do produto, mas não são parte física dele (Stenkamp, 1990 Apud Henschion et al., 2014).

As características intrínsecas de qualidade geralmente descritos na literatura são segurança do alimento e saúde, cor, textura, tamanho, teor de gordura e aroma (Luning; Marcelis; 2002). A literatura internacional disponibiliza estudos que apresentam resultados sobre a percepção de fatores intrínsecos de qualidade por parte dos consumidores (Bender, 1981; Savell et al., 1989; Clydesdale, 1994; Francis, 1995; Edwards, 2005; Aaslyng et al., 2007).

Por outro lado, as características extrínsecas comumente citadas para carnes na literatura mundial incluem data de validade, qualidade da marca, local de compra, embalagem, preço, informações relacionadas à origem, alimentação animal, bem-estar animal, sustentabilidade da produção, conveniência e processamento (Henschion et al., 2014). A literatura também apresenta estudos sobre o tema e podemos, por exemplo, citar Becker et al., (2000); Bello Acebron; Calvo Dopico, (2000); Grunert, (2005), Grunert, (2006); Verbeke; Roosen, (2009); Mckendree, (2013); Picardy et al., (2017).

Para além das características intrínsecas e extrínsecas, outros fatores afetam o consumo dos produtos agropecuários. Destacam-se, dentre outros, a renda real dos consumidores, o preço dos alimentos substitutos e complementares, o tamanho e a composição da população e da unidade familiar, o nível de educação, a idade do consumidor, a estação do ano, a religião e a origem étnica. Estes fatores afetam a percepção que os consumidores têm em relação à qualidade dos alimentos.

Além dos fatores listados acima, questões relacionadas à disponibilidade de tempo da mulher têm ganhado cada vez mais importância no consumo dos alimentos (Schlindwein, 2006). O aumento no uso de produtos de rápido e fácil preparo provocou um significativo decréscimo no tempo de preparação de alimentos desde a Segunda Guerra Mundial (de 3 horas por dia, logo depois da guerra, para 30 minutos hoje, na França, de acordo com Touraine, (1994)) e pode explicar o grande avanço da carne de frango. Esta tendência tem sido reforçada pelo crescimento no número de pessoas vivendo sozinhas, direcionadas pela conveniência, pois cozinham para elas mesmas, como mostrado por Jensen et al., (1994). O aumento do interesse em rapidez e facilidade para preparar as refeições tem direcionado para o consumo de alimentos tais como pizza e massa e para a introdução de novos pratos que também induzem a substituição para refeições com menos carne.

O outro ponto está relacionado a maior inserção da mulher no mercado de trabalho, reduzindo o tempo de lazer ofertado às famílias. Nos Estados Unidos, por exemplo, 60% das mulheres estão trabalhando fora de casa, um crescimento de mais de 40% em relação aos anos 1970, de forma que o valor dado ao lazer pelas famílias tem aumentado. Muitas famílias, conseqüentemente, procuram otimizar o seu tempo disponível para o lazer, direcionando o seu consumo para produtos que demandem um menor tempo de preparo. Este fato, embora de forma menos acentuada, vem sistematicamente ocorrendo no Brasil e pode estar sendo determinante nas decisões para se adquirir determinado produto ou serviço.

A praticidade na preparação de alimentos é percebida pelo consumidor como um preço a ser pago pelo seu tempo de lazer. Assim, a praticidade no preparo dos alimentos traz um ganho para o consumidor em relação ao seu tempo de lazer. Quanto maior o valor dado pelo consumidor pelo seu tempo livre, mais ele estará disposto a dispender pelo produto mais pronto para o consumo ou mais rápido e prático de preparar (Deaton; Muellbauer, 1986).

Evidências da existência de valor econômico relacionado com a qualidade dos alimentos

A renda das pessoas, que se espera seja crescente ao longo dos anos, é um componente fundamental para a mudança da percepção dos consumidores sobre novos atributos de qualidade (Brandt, 1980). De forma contrária, o preço dos itens de consumo alimentares tem uma tendência secular de queda que ocorre em função da constante evolução tecnológica da produção, do grande número de produtores, que dificulta a formação de conluios, e da baixa elasticidade renda dos produtos.

O consumidor, em geral, após atingir uma renda que permita saciar as suas necessidades básicas, não aumenta o consumo de determinado produto com quedas no seu preço. A queda de preços funciona como um aumento de renda para os consumidores. Os economistas costumam chamar este fenômeno de aumento do excedente do consumidor. O excedente do consumidor é o ganho monetário obtido na aquisição de um produto por um preço menor do que ele concordaria em pagar. Se houver um aumento no nível de preço e uma baixa no ponto de equilíbrio da quantidade demandada, o excedente do consumidor e o bem-estar do consumidor diminuem. De forma contrária, com a queda no nível de preços e elevação no ponto de equilíbrio da quantidade, o excedente do consumidor aumenta juntamente com o seu bem-estar. Este excedente deverá ser utilizado para consumir outra cesta de bens e, nesta nova cesta, produtos de qualidade superior deverão estar presentes.

O preço de equilíbrio é determinado pela decisão de, por parte do empresário, ofertar um produto e, pelo lado do consumidor, comprar ou não o produto. De qualquer forma, é possível estimar o valor da qualidade analisando a diferença entre a elasticidade renda da demanda pela quantidade e pelo dispêndio. Quanto maior o impacto da qualidade, maior a distância entre estas duas elasticidades calculadas (Hoffmann, 2000).

Para os produtos suínos, analisando os dados da Pesquisa de Orçamentos Familiares de 2008, observa-se que existe uma diferença entre a elasticidade renda da despesa e a elasticidade renda da de-

manda, comprovando que os consumidores diferenciam as questões de qualidade dos produtos e demanda (Figura 3).

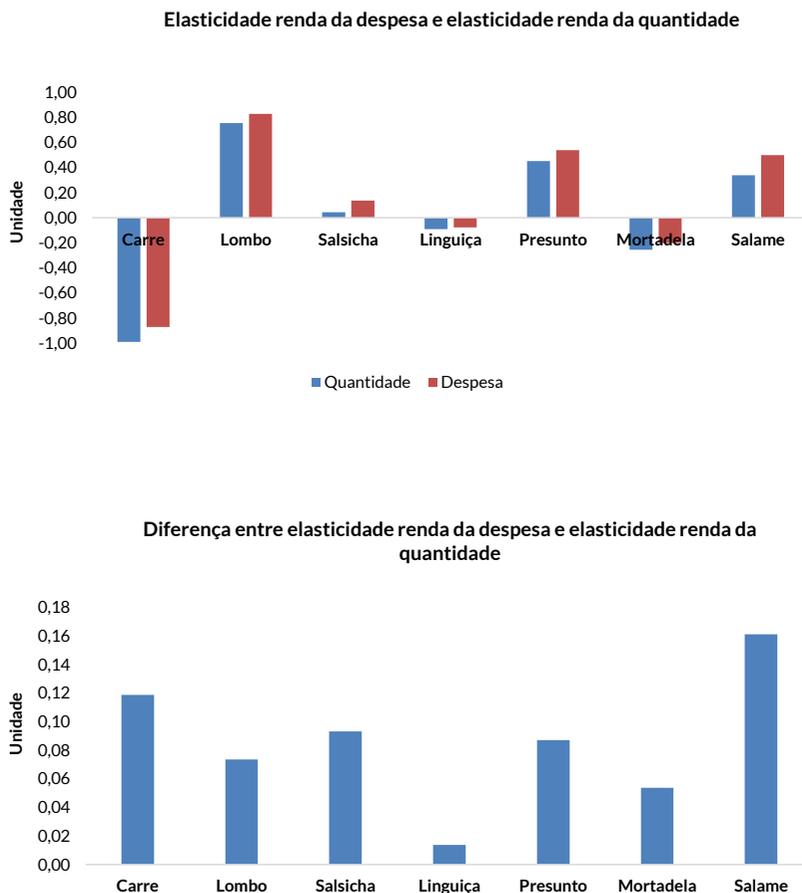


Figura 3. Diferença entre elasticidade renda da demanda pela quantidade e pelo dispêndio.

Fonte: IBGE/Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008. Tabulação dos dados e cálculos dos autores.

De forma complementar, a mesma pesquisa mostrou que os preços pagos pelos consumidores das classes de renda mais elevada são superiores aos preços pagos pelos mais pobres. Este fato sinaliza que existe um diferencial de qualidade, percebida pelos consumidores de maior renda.

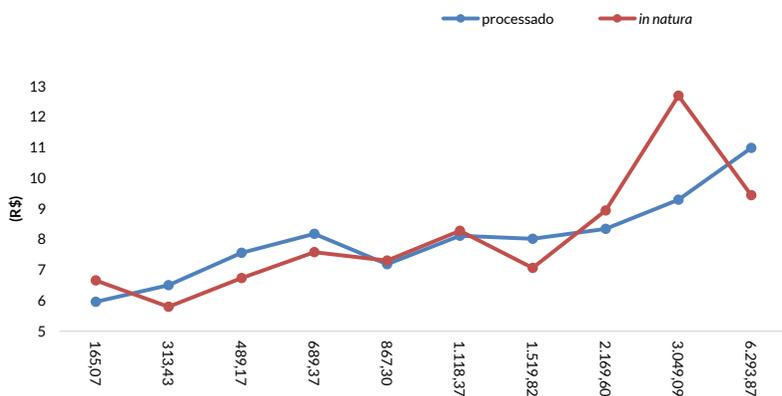


Figura 4. Preços pagos pelos consumidores em diferentes faixas de renda.

Fonte: IBGE/Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008. Tabulação dos dados e cálculos dos autores.

Percepção de qualidade da carne suína no Brasil

A percepção dos consumidores de produtos de origem suína é investigada sob as perspectivas qualitativa e quantitativa. Estudos quantitativos analisam questões relacionadas à elasticidade preço da demanda e da renda (Talamini, 1991; Hoffmann, 2000; Santos Filho, 2003; Schlindwein, 2006; Pintos-Payeras, 2009). Estudos qualitativos envolvem o estudo de fatores que motivam as opções de escolha e o comportamento dos consumidores. Atitudes dos consumidores, percepção e crenças, que podem explicar as razões para a escolha dos produtos, são exploradas (Richards, 2000; Bernabéu; Tendero, 2005; Aaslyng et al, 2007).

De forma geral, os fatores que mais afetam a percepção de qualidade são preço, propaganda, conveniência, bem-estar animal, segurança do alimento e saúde. Os fatores intrínsecos e extrínsecos de qualidade, como cor, textura, tamanho, marca, teor de gordura, rótulo e aroma também são determinantes para as escolhas dos consumidores.

Santos Filho e Bertol (2007), ao estudarem os fatores determinantes do consumo de carne suína, utilizaram o modelo teórico de múltiplos atributos proposto por Fishbein (1963).

Neste estudo, foram aplicados a consumidores 1.326 questionários nas cidades de Curitiba, Porto Alegre e São Paulo. Em cada ponto de venda (supermercados, mercearias, armazéns, etc.), os entrevistadores ficaram parados em uma pequena mesa ou junto ao ponto de exposição das carnes e convidavam os compradores a participar da pesquisa. A primeira seção do questionário focava a frequência de consumo, atitudes e crenças sobre a carne suína. A seção final estava relacionada a questões socioeconômicas dos entrevistados. Assim, os questionários provêm informações sobre uma grande amplitude de atitudes em relação à carne suína e à percepção que os consumidores têm em relação a atributos como sabor, preço, qualidade nutricional, cor, etc. Os resultados principais serão descritos a seguir.

Quando se perguntou o porquê do não consumo da carne suína, as respostas se concentraram em “problemas de saúde” (48,3%) e porque “simplesmente não gostam” (30,56%). O preço, por outro lado, aparentemente é menos importante na decisão de consumir ou não carne suína. Dentre o item “outros”, o não consumo devido a questões religiosas e por vegetarianismo foram os principais. O não consumo por questões religiosas decorre da proibição do consumo de carne suína pelas comunidades islâmica e judaica, sendo este um quesito improvável de ser alterado por campanhas de marketing. A grande proporção de consumidores que percebe a carne suína como danosa à saúde mostra que eles ainda não estavam devidamente convencidos das qualidades da carne produzida pela suinocultura moderna, como um produto com níveis reduzidos de gordura e seguro para a saúde.

Ao categorizar os consumidores pelo tipo de atividade econômica, pode-se constatar que as categorias onde os respondentes têm proporcionalmente mais restrições em relação ao consumo de carne suína são os aposentados (55,6%) e profissionais da saúde (médicos, dentistas, nutricionistas e enfermeiras), onde 54,1% dos respondentes declararam não consumir produtos de origem suínica. A categoria dos profissionais da educação também demonstrou uma restrição ao consumo da carne suína acima da média do total dos respondentes. A categoria formada por outros profissionais de nível superior, por outro lado, foi aquela onde, proporcionalmente, mais respondentes declararam consumir carne suína.

No Brasil, as propagandas danosas em sua maioria relacionam os suínos com os lixões das grandes cidades, ainda que esta parcela da produção seja completamente irrisória (Santos Filho, 2003).

A pesquisa efetuada em 2007 revelou que a correlação entre suínos e problemas cardiovasculares é vista como verdadeira pelo público em geral e também pela classe médica, que possui o paradigma de que a carne suína causa problemas cardiovasculares. De fato, 84% dos aposentados, 51,5% dos profissionais da saúde e 51,7% dos educadores não consumiam carne suína por acreditar que a mesma possa ser danosa a sua saúde.

A percepção de alimento saudável, muito embora não seja tão intensa, de forma a tornar o consumidor totalmente avesso ao produto, faz com que os consumidores diminuam a intensidade de consumo da carne suína. Como a associação do produto aos suínos é menor nos industrializados, o efeito negativo sobre o consumo destes é menor do que nos produtos in natura de carne suína.

Atributos como tamanho, aparência, qualidade nutricional, prazo de validade, sistemas de acreditação do produto tipo SIF (Sistema de Inspeção Federal), embalagem e marca demonstram ter impacto em relação ao grau de preferência por carne suína. Questões como conveniência, crenças sobre os problemas de saúde e desconhecimento sobre os produtos suínos podem estar influenciando estes resultados.

Itens como sabor, aroma e cor, por outro lado, mostram ter impacto sobre a preferência por produtos suínos. Este fato corrobora com pesquisas prévias que indicam estes atributos como os pontos fortes da carne suína.

Características sociais e econômicas como renda e tamanho da família são sensivelmente importantes na determinação da frequência com que as pessoas consomem carne suína. A idade somente se mostrou como tendo um grau de aderência significativa com a preferência pelo consumo de salsicha. O nível de educação formal teve aderência significativa somente para as preferências com o consumo de lombo.

O preço da carne é sem sombra de dúvidas um importante item na definição por consumir ou não determinado produto. Entretanto, Issanchou (1996) sugere que quando o produto não é comprado fre-

quentemente, compradores podem não sentir restrições neste limite. Os consumidores podem comparar preços entre produtos na hora da compra, porém a seleção dos produtos pode ser baseada na associação de preço com a percepção de outros atributos que são vistos por eles como sendo indicadores relevantes de qualidade. No nosso estudo de Santos Filho e Bertol (2007), este item demonstrou ter um impacto negativo nas preferências dos consumidores por produtos de origem suína.

No mesmo estudo de Santos Filho e Bertol (2007), para a salsicha sabor, o aroma e a cor tiveram efeito negativo, enquanto que a aparência, que representa um somatório das características sensoriais visuais, apresentou efeito positivo. Desta forma, para os atributos cor, aroma e sabor, quanto maior a importância que o consumidor imputa a estes atributos, menor a probabilidade de estes consumidores apresentarem preferência média e alta por salsicha. Os atributos de qualidade, por outro lado, apresentaram um efeito positivo sobre a preferência dos consumidores por salsicha. Assim sendo, quanto maior a importância dada pelos consumidores a características como qualidade nutricional, prazo de validade, Sistema de Inspeção Federal (acreditação do produto), embalagem e marca, maiores são as probabilidades de estes consumidores apresentarem preferência média e alta pela salsicha. A salsicha, em termos de características sensoriais e de qualidade, é um produto ambíguo. Este fato se deve, em muitos casos, ao grande número de produtos disponíveis (ainda que todos sejam salsicha, existe uma diferenciação que induz/sinaliza para uma diferença de qualidade e paladar). A variável renda e tamanho da família apresentaram efeito positivo sobre a preferência do consumo. De forma similar, a percepção da importância do preço também afetou positivamente a preferência pelo consumo de salsicha.

Para o presunto, a importância atribuída pelos consumidores aos atributos sensoriais foi pouco significativa. Dentro do grupo de variáveis que correspondem a este atributo, somente o aroma, que apresentou sinal negativo, e a aparência, com sinal positivo, foram significativos. De forma similar à salsicha, as variáveis que descrevem os atributos de qualidade também impactaram de forma positiva as preferências pelo consumo do presunto. Dentre as variáveis que descrevem as características da família, somente a renda foi significativa e positiva.

O consumo de carne suína in natura no Brasil é inferior ao consumo de produtos industrializados e este fato é confirmado quando se observa que os maiores efeitos marginais para os diversos atributos ocorrem para a preferência média, para o caso do lombo, baixa, para o caso da costela, e alta, para as preferências por presunto e salsicha. Entretanto, as variáveis que afetam as preferências sobre o consumo apresentaram neste estudo resultados similares aos obtidos pelos produtos industrializados. Desta forma, os atributos sensoriais se relacionaram negativamente com as preferências pelo lombo suíno. Os outros atributos de qualidade se relacionaram positivamente.

A cor era um atributo que se esperava ter efeito significativo e positivo sobre as preferências dos consumidores por produtos in natura de carne suína, ao contrário dos resultados obtidos neste estudo. Ainda assim, é importante enfatizar que esta característica pode estar sendo mal-percebida ou entendida pelos consumidores.

Independente da análise dos sinais, pode-se perceber que existem dois grupos distintos de preferência: os de qualidade e os sensoriais. Estes dois grupos têm efeito direto sobre a preferência dos consumidores pelos produtos in natura e industrializados. Por outro lado, as características de renda, tamanho da família e escolaridade, também, conforme já esperado, foram significativas.

Deve-se levar em consideração que neste trabalho a pergunta efetuada aos consumidores foi em relação à preferência pelos produtos (nenhuma/nunca, baixa, média e alta) e não sobre a intensidade de consumo. As características sensoriais, de qualidade e de preço representam a percepção dos consumidores sobre a importância destes atributos no momento de decidir consumir produtos oriundos da suinocultura (a pergunta foi feita uma única vez e não estava relacionada a nenhum produto suíno específico). As únicas características reais analisadas foram renda, idade, escolaridade e tamanho da família.

Ainda que possa apresentar limitações, estes resultados estão em consonância com estudos nacionais efetuados em diversas localidades. Estes estudos mostram que os produtos suínos precisam ser mais difundidos em termos de sua qualidade para a saúde humana, conveniência e preço (Barcelos et al., 2011; Souza, et al., 2016; Oliveira et al., 2017).

Comentários finais

O comportamento do consumidor brasileiro é semelhante ao comportamento do consumidor mundial. As questões de renda, preço do produto, escolaridade, tamanho da família, influência da mulher na tomada de decisão e fatores intrínsecos e extrínsecos do produto são percebidas e afetam a decisão de compra dos consumidores nacionais. Ainda assim, existe um desconhecimento sobre as novas e modernas formas de produção por parte de grande número de formadores de opinião em relação, principalmente, a questões de saudabilidade do produto, que precisam ser desmistificadas (colesterol, cisticercose, lixões, etc.).

Por outro lado, devido à menor renda per capita em relação aos países desenvolvidos, questões relacionadas a características do sistema de produção (produção orgânica, sistemas alternativos de produção, bem-estar, etc.) ainda possuem pequeno impacto sobre o consumidor local.

Desta forma, recomenda-se aos agentes da cadeia:

- a) Continuar a dar ênfase a campanhas publicitárias que explicitem, em termos de saudabilidade, a qualidade dos produtos suínos para os consumidores;
- b) Investir em produtos práticos e fáceis para consumo, o que também é uma demanda dos novos tempos e tende a se acentuar nos anos vindouros;
- c) Considerar que a qualidade intrínseca do produto também deve ser vista como determinante do consumo.

Referências

AASLYNG, M. D.; OKSAMA, M.; OLSEN, E. V.; BEJERHOLM, C.; BALTZER, M.; ANDERSEN, G.; BREDIE, W. L. P.; BYRNE, D. V.; GABRIELSEN, G. The impact of sensory quality of pork on consumer preference. **Meat Science**, v. 76, n. 1, p. 61-73 p., May 2007. DOI: 10.1016/j.meatsci.2006.10.014.

BARCELOS, M. D. de; SAAB, M. S. de M.; PÉREZ-CUETO, F. A.; PERIN, M. G.; NEVES, M. F. N.; WIM, V. Pork consumption in Brazil: challenges and opportunities for the Brazilian pork production chain. **Journal on Chain and Network Science**, v. 11, n. 2, p. 99-113, Dec. 2011. DOI: 10.3920/JCNS2011.Qpork3.

BECKER, T.; BENNER, E.; GLITSCH, K. Consumer perception in fresh meat quality in Germany. **British Food Journal**, v. 102, n. 3, p. 246-266, 2000. DOI: 10.1108/00070700010324763.

BELLO ACEBRON, L.; CALVO DOPICO, D. The importance of intrinsic and extrinsic cues to expected and experienced quality: an empirical application for beef. **Food Quality and Preference**, v. 14, n. 4, p. 265-276, 2000. DOI: 10.1016/S0950-3293(99)00059-2.

BENDER, A. E. The appearance and the nutritional value of food products, **Journal Human Nutrition**, v. 35, n. 3, p. 215-217, 1981.

BERNABÉU, R.; TENDERO, A. Preference structure for lamb meat consumers. A spanish case study. **Meat Science**, v. 71, p. 464-470, Nov. 2005. DOI: 10.1016/j.meatsci.2005.04.027.

BRANDT, S. A. **Comercialização agrícola**. Piracicaba: Livrocere, 1980. 195 p.

IBGE. Pesquisa de orçamentos familiares 2008-2009: análise do consumo alimentar pessoal no Brasil. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv50063.pdf>>. Acesso em: 1 out. 2019.

CLYDESDALE, F. M. Changes in color and flavor and their effect on sensory perception in the elderly. **Nutrition Review**, v. 52, n. 8, p. 519-520, Aug. 1994. DOI: 10.1111/j.1753-4887.1994.tb01441.x.

DEATON, A. S.; MUELLBAUER, J. **Economics and consumer behavior**. Cambridge: Cambridge University Press, 1986. 450 p.

EDWARDS, S. A. Product quality attributes associated with outdoor pig production. **Livestock production science**, v. 94, n. 1, p. 5-14, May 2005. DOI: 10.1016/j.livprosci.2004.11.028.

FAO. FAOSTAT Statistics Division. Roma, 2019. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#home>. Acesso em: 20 jan. 2019.

FRANCIS, F. J. Quality as influenced by color. **Food quality and preference**, v. 6, n. 3, p. 149-155, 1995. DOI: 10.1016/0950-3293(94)00026-R.

FISHBEIN, M. An investigation of the relationships between beliefs about an object and the attitude toward that object. **Human Relations**, v. 16, p. 233-240, 1963. DOI: 10.1177/001872676301600302.

PROJEÇÕES do agronegócio: Brasil 2018/19 a 2028/29: projeções de longo prazo. Brasília, DF: Mapa, 2019. 126 p.

GRUNERT, K. G. Food quality and safety: consumer perception and demand. **European Review of Agricultural Economics**, v. 32, n. 3, p. 369-391, 2005. DOI: 10.1093/eurag/jbi011.

- GRUNERT, K. G. Future trends and consumer lifestyles with regard to meat consumption. **Meat Science**, v. 74, p. 149-160, Aug. 2006. DOI: 10.1016/j.meatsci.2006.04.016.
- HENCHION, M.; MCCARTHY, M.; RESCONI, V. C.; TROY, D. Meat consumption: trends and quality matters. **Meat Science**, v. 98, p. 561-568, July 2014. DOI: 10.1016/j.meatsci.2014.06.007.
- HOFFMANN, R. Elasticidades-renda das despesas com alimentos em regiões metropolitanas do Brasil em 1995-96. **Informações Econômicas**, v. 30, n. 2, p. 17-24, Fev. 2000.
- ISSANCHOU, S. Consumer expectations and perceptions of meat and meat products quality. **Meat Science**, v. 43, p. S5-S19, Aug. 1996.
- LUNING, P.; MARCELIS, W.; JONGEN, W. **Food quality management: a tecnico-managerial approach**. Wageningen: Wageningen Academic Publishers, 2002.
- MCKENDREE, M. G. S.; WIDMAR, N. O.; ORTEGA, D. L.; FOSTER, K. A. Consumer preferences for verified pork-rearing practices in the production of ham products. **Journal of Agricultural and Resource Economics**, v. 38, n. 3. p. 397-417, 2013.
- PICARDY, J. A.; PIESTROSEMOLI, S.; GRIFFIN, T. S.; PETERS, C. J. Niche pork: comparing pig performance and understanding producer benefits, barriers and labeling interest. **Renewable Agricultural and Food Suystems**, v. 34, n. 1, p. 7-19, 2017. DOI: 10.1017/S1742170517000230.
- OECD/FAO. **OECD-FAO Agricultural Outlook 2019-2028**. Rome: OECD Publishing, 2019. Disponível em: <http://www.fao.org/3/ca4076en/ca4076en.pdf>. Acesso em: 2 out. 2019.
- OLIVEIRA, A. P. DE; SILVA, C. P. DA; SANTANA JÚNIOR, H. A. DE; SANTOS, M. S. DE; MENDES, F. B. L.; SANTANA, E. O. C. Principals aspectos considerados por consumidores na aquisição e consumo de carne suína em Colônia do Piauí-PI. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da Unipar**, Umuarama, v. 20, n. 2, p. 71-77, Abr./Jun. 2017.
- PINTOS-PAYERAS, J. A. Estimção do sistema quase ideal de demanda para uma cesta ampliada de produtos empregando dados da POF de 2002-2003. **Economia Aplicada**, v. 13, p. 231-255, 2009.
- RICHARDS, T. J. A discrete/continuous model of fruit promotion advertising and response segmentation. **Agribusiness**, v. 16, n. 2, p. 179-196, 2000.
- ROSEGRANT, M.; PAISER, M.; MEIJER, S; WITCOVER, J. **Global food projection to 2020**. Washington, DC: International Food Policy Research Institute, 2001.
- SANTOS FILHO, J. I. Elasticidade Renda da Demanda por Carne Suína no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 41., 2003, Juiz de Fora, MG. **Exportações, segurança alimentar e instabilidade dos mercados: anais**. Juiz de Fora: Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural, 2003. p. 1-14. v. XLI.

SANTOS FILHO, J. I.; BERTOL, T. M. Efeitos da percepção dos atributos dos alimentos e das características dos consumidores sobre o consumo de carne suína. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 45., 2007, Londrina. **Conhecimentos para a agricultura do futuro: anais**. Brasília, DF: Sober; Londrina: Universidade Estadual de Londrina: IAPAR, 2007. 1 CD-ROM.

SAVELL, J. W.; CROSS, H. R.; FRANCIS, J. J.; WISE, J. W.; HALE, S. S.; WILKES, D. L.; SMITH, G. C. National consumer retail beef study: interaction of trim level, price and grade on consumer acceptance of beef steaks and roasts. **Journal of Food Quality**, v. 12, n. 4, p. 251-274, 1989. DOI: 10.1111/j.1745-4557.1989.tb00328.x.

SCHLINDWEIN, M. M. **Influência do custo de oportunidade do tempo da mulher sobre o padrão de consumo alimentar das famílias brasileiras**. 2006. 118 f. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

SOUZA, C. C. de; GABRIEL, R.; REIS NETO, J. F. de; FRAINER, D. M. A percepção de compradores sobre a qualidade da carne suína in natura no mercado varejista de Campo Grande (MS). **Revista de Extensão Rural**, Santa Maria, v. 23, n. 3, p. 151-168, 2011. DOI: 10.5902/2318179621488.

TALAMINI, D. J. D. **An analytic review of the pig and poultry industries in Brazil and of the pattern of international trade in meats and poultry**. 1991. 363 f. Thesis (Doctoral) - University of Oxford, Oxford.

TOURAINÉ, A. **Crítica da modernidade**. Petrópolis: Vozes, 1994. 431 p.

TROY, D. J.; KERRY, J. P. Consumer perception and the role of science in the meat industry. **Meat Science**, v. 86, p. 214-226, Aug. 2010. DOI: 10.1016/j.meatsci.2010.05.009.

USDA. Foreign Agricultural Service. Washington, DC: 2019. Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/advQuery>. Acesso em: 22 jan. 2019.

VERBEKE, W., ROOSEN, J. Market differentiation potential of country-of-origin, quality and traceability labeling. **Estey Centre Journal of International Law and Trade Policy**, v. 10, n. 1, p. 20-35, 2009.

YOTOPOULOS, P. A. Middle-income classes and food crises: the new food-feed competition. **Economic Development and Cultural Change**, v. 33, n. 3, p. 463-483, 1985.

Capítulo 3

Qualidade nutricional da carne suína

*Daniela Miotto Bernardi
Sabrine Zambiasi Silva
Edmilson Santos de Freitas*



Introdução

A carne suína é um alimento presente em grande parte dos lares brasileiros. Os dados do relatório anual da Associação Brasileira de Proteína Animal (Associação Brasileira de Proteína Animal, 2017) apontam que em 2016 o consumo per capita de carne suína foi de 14,4 kg. Porém, ao comparar com outros países, verifica-se que o consumo nacional é relativamente baixo, especialmente quando comparado com a União Europeia e China/Hong Kong/Macau, que estão no topo da lista mundial, onde a ingestão per capita ultrapassa os 40 kg por ano (National Pork Board, 2017).

O Brasil é um país de grande extensão territorial, com características regionais distintas e, portanto, grande variabilidade no perfil de ingestão de alimentos. Questões culturais sobre antigos sistemas de produção da carne suína ainda impactam na percepção do consumidor sobre esta carne. Além disso, a renda da população, a apresentação da carne (porções grandes, pouca variedade e pouca conveniência), questões religiosas e a falta de informação correta acerca da qualidade nutricional dos cortes suínos (como, por exemplo, sobre o teor de gordura e colesterol) estão entre os fatores apontados pelos estudos para o baixo consumo desta carne (Barcellos et al., 2011a, 2011b).

É importante relatar que, no Brasil, a carne suína é consumida principalmente na forma de produtos processados (67,9%), sendo que o consumo da carne fresca cresce com o aumento na renda da população (Miele, 2011). Esta mesma situação também foi identificada em estudo internacional (Nolan-Clark et al., 2012).

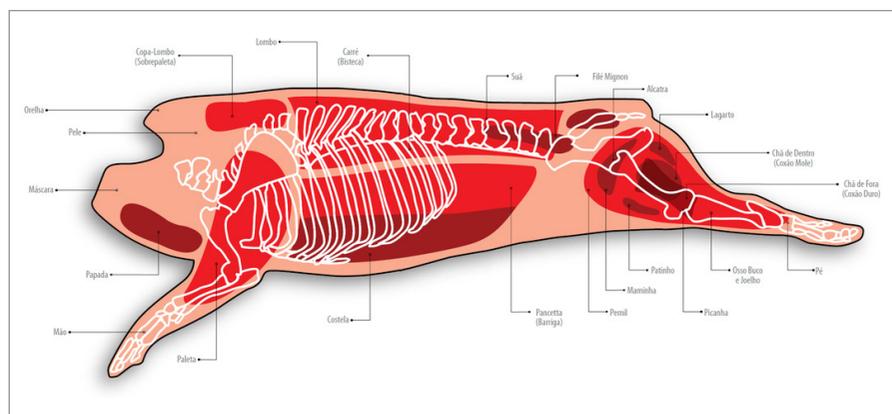
Pesquisa sobre o consumo de alimentos no Brasil constatou que saudabilidade e bem-estar, assim como qualidade e confiabilidade, aparecem como importantes tendências de consumo (Madi et al., 2010). Neste contexto, a carne suína fresca é um alimento que atende estas tendências, pois avanços em relação à legislação colaboraram de forma significativa para qualidade sanitária do produto final, bem como os avanços genéticos, de alimentação e de manejo dos últimos anos contribuíram para uma carne de excelente composição nutricional (Rosenvold; Andersen, 2003). Assim, a seguir, serão abordados aspectos relevantes sobre a composição nutricional da carne suína e fatores

que podem influenciar nesta característica, bem como seu papel na nutrição e saúde de populações.

Composição nutricional da carne suína

A carne é o resultado de reações físico-químicas pelas quais o tecido muscular do animal passa antes e após o abate. Possui uma estrutura complexa, formada por água, proteínas, lipídios e quantidades variáveis de vitaminas, minerais, glicogênio e compostos nitrogenados não proteicos (Ordoñez, 2005). Devido a esta composição bastante específica, a carne é um valioso alimento, pois é constituída por nutrientes essenciais para os seres humanos.

A concentração de nutrientes na carne é variável entre as espécies de animais e a carne suína apresenta certas características nutricionais que a distingue das demais, sendo destaque as proteínas de excelente perfil aminoacídico, o perfil de ácidos graxos equilibrado e as altas concentrações de vitaminas do complexo B e de certos minerais (Tabela..., 2011). Além disso, vale ressaltar que a composição nutricional da carne suína depende da região da carcaça de onde é obtido o corte (Figura 1), além de uma série de fatores intrínsecos e extrínsecos que serão discutidos mais adiante.



Fonte: Manual brasileiro de cortes suínos (Manual..., 2010).

Figura 1. Panorama geral dos cortes obtidos a partir da carcaça suína.

Para melhor elucidar as diferenças de composição da carne suína, foi realizada uma comparação entre cortes suínos e cortes similares de aves e bovinos. Além disso, considerando que o consumo de carnes é feito após tratamento térmico, em todas as comparações de composição, além do dado do corte cru, também foi inserida a informação do pós-cozimento. Assim, na Tabela 1 estão apresentadas as distribuições de macronutrientes, minerais e colesterol de cortes de suínos, frangos e bovinos crus e após cozimento.

Ao comparar o lombo suíno com peito de frango e contrafilé bovino, é possível verificar que o lombo suíno apresenta maior teor proteico que os demais, menor teor de colesterol e teor intermediário de lipídios. Em relação ao pernil suíno, se for comparado à coxa e sobrecoxa de frango, observa-se que o mesmo também apresenta maior teor proteico, valor intermediário de gordura e menor teor de colesterol. Da mesma forma, ao comparar a costela suína com costela bovina, pode-se verificar que a carne suína apresenta maior teor proteico e menor teor lipídico, porém maior teor de colesterol. Os teores de minerais são similares em todos os cortes apresentados. Portanto, de maneira geral, é possível verificar que a carne suína, quando comparada à carne de frango e de bovinos, apresenta maiores teores proteicos, valores intermediários de lipídios e colesterol, bem como valores equivalentes de minerais.

Quanto ao tratamento térmico, sua aplicação resulta em redução nos teores de água em função da desnaturação proteica e consequentemente redução na capacidade de retenção de água da carne (Araújo et al., 2014). A redução nos teores de água concentra os demais macronutrientes, portanto, ao observar os valores de umidade, proteínas, lipídios, minerais e colesterol das carnes após a cozimento, verifica-se que ocorre uma queda na umidade e aumento nos teores proteico, lipídico, de colesterol e minerais. De um modo geral, esta mesma interpretação foi feita por Wyness et al. (2011). Estudo Jensen et al., (2014) ressaltou a excelente qualidade nutricional da carne suína e demonstrou que o processo de cozimento doméstico não afeta a retenção de lipídios ou soma de aminoácidos, porém reduz a quantidade de taurina na carne, assim como certas propriedades funcionais fisiológicas no pós-digestão.

Tabela 1. Composição de macronutrientes, minerais e colesterol em 100 g cortes de suínos, frangos e bovinos, crus e após cocção.

Ácidos graxos	Umidade (g/100 g)		Proteína (g/100 g)		Lipídeos (g/100 g)		Colesterol (mg/100 g)		Minerais (g/100 g)	
	Cru	Após cocção	Cru	Após cocção	Cru	Após cocção	Cru	Após cocção	Cru	Após cocção
Suíno										
Bisteca*	67,7	51,8	21,5	28,9	8,0	17,4	56	82	1,0	1,2
Costela**	61,2	36,9	18,0	30,2	19,8	30,3	69	113	0,9	1,4
Lombo**	67,7	56,6	22,6	35,7	8,8	6,4	55	103	1,0	1,4
Perni**	67,1	49,3	20,1	32,1	11,1	13,9	59	110	1,0	1,4
Toucinho***	27,6	6,3	11,5	27,3	60,3	64,3	73	89	0,3	0,7
Frango										
Coxa (com pele)**	72,9	59,8	17,1	28,5	9,8	10,4	97	145	0,8	1,3
Peito (com pele)**	71,9	58,5	20,8	33,4	6,7	7,6	80	109	0,9	1,5
Sobrecoxa (com pele)**	63,6	55,0	15,5	28,7	20,9	15,2	88	158	0,8	1,3
Bovino										
Contrafilé (com gordura)*	65,7	51,7	21,2	32,4	12,8	15,5	73	144	0,9	1,2
Costela**	52,7	43,2	16,7	28,8	31,8	27,7	44	95	0,9	1,0
Miolo de alcatra (sem gordura)*	69,5	52,4	21,6	31,9	7,8	11,6	60	92	1,0	1,2

A informação do corte após cocção foi obtida a partir de diferentes métodos de cocção, sendo * método de cocção: grelha, ** método de cocção: fornecimento, *** método de cocção: fritura

Fonte: Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (Tabela..., 2011).

Macronutrientes

Conforme visto anteriormente, a concentração de proteína na carne suína é alta, sendo que após o cozimento este alimento atinge um teor proteico que varia de 27,3% a 35,7% entre os cortes apresentados anteriormente, sendo o menor valor para o toucinho frito e o maior para o lombo suíno assado.

Do ponto de vista nutricional, não é apenas o teor proteico que importa, mas sim a capacidade que a proteína tem de promover crescimento, determinado pelo perfil de aminoácidos presentes na carne (Sgarbieri, 1996). Neste contexto, pode-se dizer que as proteínas da carne, com exceção do colágeno, são completas do ponto de vista aminoácido (Sgarbieri, 1996). Na Tabela 2, estão apresentados os teores de aminoácidos presentes na carne suína, bovina e de aves, bem como no feijão e no ovo.

Quando comparado à coxa de frango, os cortes de pernil suíno e lombo suíno apresentaram maior concentração especialmente dos aminoácidos essenciais (triptofano, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, valina e histidina). Por outro lado, ao comparar os cortes suínos com o contrafilé se observa superioridade da carne suína para os aminoácidos essenciais triptofano e histidina. Ao comparar os teores de aminoácidos essenciais dos cortes suínos com as fontes não cárneas (ovo inteiro cozido e feijão preto cozido), novamente é possível verificar superioridade da carne suína.

Vale ressaltar que os dados da Tabela 2 estão apresentados em mg de aminoácido para 100 g de produto, porém se estes dados forem ajustados para mg de aminoácidos por g de proteína bruta, conforme demonstrado na Tabela 3, verifica-se que a proteína da carne suína apresenta sutil superioridade nos teores dos aminoácidos essenciais triptofano, isoleucina, lisina, fenilalanina, valina e histidina, comparado à carne frango e superioridade de isoleucina, lisina, valina e histidina, comparado à carne bovina. Ainda de acordo com a Tabela 3, se comparadas ao feijão, as carnes demonstram superioridade em relação aos teores de lisina e metionina, valina e histidina, porém quando comparada ao ovo, a carne suína apresenta maior concentração apenas de lisina e histidina.

Tabela 2. Teor de aminoácidos (mg) em 100 g de pernil e lombo suínos, coxa de frango e carcaça bovina, feijão preto cozido, ovo cozido.

	Pernil suíno	Lombo suíno	Coxa de frango com pele	Contrafilé bovino	Feijão preto cozido	Ovo cozido inteiro
Proteína bruta (g)	17,45	19,47	16,52	19,32	8,86	12,58
Triptofano (mg)*	208	244	167	136	105	153
Treonina (mg)	776	891	735	824	373	604
Isoleucina (mg)*	787	910	731	938	391	686
Leucina (mg)*	1.376	1.572	1.318	1.641	708	1.075
Lisina (mg)*	1.550	1.766	1.448	1.743	608	904
Metionina (mg)*	444	514	438	537	133	392
Cistina (mg)	216	248	183	266	96	292
Fenilalanina (mg)*	689	785	632	815	479	668
Tirosina (mg)	583	676	579	657	250	513
Valina (mg)*	931	1.064	764	1.023	464	767
Arginina (mg)	1.120	1.245	1.157	1.334	549	755
Histidina (mg)*	659	770	465	658	247	298
Alanina (mg)	1.032	1.158	1.015	1.254	372	700
Ácido aspártico (mg)	1.584	1.814	1.554	1.879	1.072	1.264

Continua..

Tabela 2. Continuação.

	Pernil suíno	Lombo suíno	Coxa de frango com pele	Contrafilé bovino	Feijão preto cozido	Ovo cozido inteiro
Ácido glutâmico (mg)	2.636	3.044	2.571	3.096	1.351	1.644
Glicina (mg)	992	1.019	1.005	1.256	346	423
Prolina (mg)	790	838	773	983	376	501
Serina (mg)	720	815	675	812	482	936

*Aminoácidos essenciais

Fonte: *National Nutrient Database for Standard Reference* (USDA, 2018).

Tabela 3. Teor de aminoácidos (mg) a cada 1 g de proteína bruta do pernil e lombo suínos, coxa de frango, carcaça bovina, feijão preto cozido e ovo cozido.

	Pernil suíno	Lombo suíno	Coxa de frango com pele	Contrafilé bovino	Feijão preto cozido	Ovo cozido inteiro
Triptofano (mg)*	12	12	10	12	12	12
Treonina (mg)	44	45	44	43	42	48
Isoleucina (mg)*	45	46	44	44	44	55
Leucina (mg)*	79	80	80	79	80	85
Lisina (mg)*	89	89	88	83	69	72

Continua...

Tabela 3. Continuação.

	Pernil suíno	Lombo suíno	Coxa de frango com pele	Contrafilé bovino	Feijão preto cozido	Ovo cozido inteiro
Metionina (mg)*	25	26	27	25	15	31
Cistina (mg)	12	13	11	11	11	23
Fenilalanina (mg)*	39	40	38	39	54	53
Tirosina (mg)	33	34	35	33	28	41
Valina (mg)*	53	54	46	49	52	61
Arginina (mg)	64	63	70	65	62	60
Histidina (mg)*	38	39	28	33	28	24
Alanina (mg)	59	59	61	62	42	56
Ácido Aspártico (mg)	91	92	94	91	121	100
Ácido glutâmico (mg)	151	154	156	152	152	131
Glicina (mg)	57	52	61	61	39	34
Prolina (mg)	45	42	47	46	42	40
Serina (mg)	41	41	41	38	54	74

*Aminoácidos essenciais

Fonte: National Nutrient Database for Standard Reference (USDA, 2018).

Nas diferentes espécies animais, o músculo magro tem uma composição relativamente constante em relação ao conteúdo de proteínas, gorduras, minerais e água, porém a gordura é o constituinte mais variável. Nos suínos, esta variação pode ser de 8% a 55% em função de vários fatores, dentre eles: a idade, o sexo, a raça, o manejo e a alimentação do animal. Em relação à idade, animais mais jovens contêm maior proporção de umidade e menor teor de gordura, proteínas e minerais do que os adultos. Os jovens são menos predispostos ao acúmulo de gordura subcutânea e intermuscular. Quanto ao sexo, machos inteiros têm menor predisposição para acúmulo de gordura que fêmeas e estas, por sua vez, têm menor predisposição à acúmulo de gordura que machos castrados (Wood et al., 2008).

Em suínos, a gordura corporal é dividida em subcutânea (60% a 70%), intramuscular (20% a 35%) e associada a órgãos (10% a 15%), sendo que as classes lipídicas presentes nestes diferentes locais são fosfolipídios, triacilgliceróis, monoacilgliceróis e diacilgliceróis, colesterol livre e éster de colesterol (Ordoñez, 2005; Wyness et al., 2011; Bridi; Silva, 2013).

Os lipídios possuem importantes funções sensoriais na carne (Wyness et al., 2011). A gordura intramuscular, por exemplo, é um atributo de qualidade da carne suína, pois está relacionada com maciez, sabor e suculência (Daszkiewicz et al., 2005; Ordoñez, 2005; Bridi; Silva, 2013). Ao comparar o teor de gordura intramuscular de lombo suíno, contrafilé bovino e peito de frango, Bragagnolo e Rodriguez-Amaya (2002) verificaram teores de gordura muito similares, sendo estes de 3 g/100 g, 2,4 g/100 g e 2,7 g/100 g, respectivamente. Porém, vale ressaltar que esses dados podem não representar mais a realidade atual da indústria de carne suína, pois em estudo recente, onde foram avaliadas mais de 700 carcaças suínas provenientes de 27 granjas, os autores verificaram um escore de marmoreio (gordura intramuscular) de 1,91% (Bertol et al., 2017).

A carne com baixo teor de gordura geralmente é classificada como a que tem entre 5% e 10% de lipídios (Wyness et al., 2011). Contudo, a tendência global de reduzir o teor lipídico da carne motivou estudos em genética, alimentação e manejo, os quais resultaram em significativa redução no teor total de gordura na carne suína (Rosenvold;

Andersen, 2003). Conforme discutido anteriormente, o teor de gordura total nos cortes suínos é muito parecido aos teores presentes em cortes similares de frangos e bovinos, porém é bem distinto entre as diferentes regiões da carcaça (Tabela 1).

Além disso, em estudos com consumidores, muitas vezes o teor de colesterol da carne suína é apontado como um dos motivos para o baixo consumo (Barcellos et al., 2011a, 2011b), porém, as concentrações de colesterol nesta carne são próximas às de aves e bovinos (Tabela 1). Outra consideração interessante acerca disso foi feita por Bragagnolo e Rodriguez-Amaya (2002), que demonstraram que quando o teor de lipídios no músculo suíno é baixo, a concentração de colesterol é alta, e apontaram que os lipídios de membrana têm maior concentração de colesterol que os lipídios de tecido adiposo. Esta característica pode ser verificada também na Tabela 1, sendo que ao calcular o teor de colesterol por g de gordura presente nos cortes se verifica que o conteúdo de colesterol em cada 1 g de gordura é de 7 mg na bisteca crua, 6,25 mg no lombo suíno cru, 5,32 mg no pernil suíno cru, 3,49 mg na costela suína crua e de 1,21 mg no toucinho suíno, corroborando, portanto, com os achados de Bragagnolo e Rodriguez-Amaya (2002).

Na Tabela 4, segue a distribuição dos ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poli-insaturados em cortes de carne suína, bovina e de frango, crus e após a cocção. Em relação ao perfil lipídico, verifica-se que a carne de animais não ruminantes, como os suínos e aves, contém proporcionalmente mais ácidos graxos insaturados que em animais ruminantes (bovinos), porém a literatura demonstra que composição dos ácidos graxos na carne de não ruminantes é dependente do perfil de ácidos graxos da ração animal (Wyness et al., 2011). Pode ser observado também que o perfil de ácidos graxos da carne varia de acordo com o teor total de gordura no corte. Em geral, cortes com menos gordura possuem relativamente maior teor de insaturados e menor de saturados, corroborando, portanto, com a literatura (Wyness et al., 2011).

De acordo com a Tabela 4, em média, o teor de gordura saturada nos cortes de suínos é de 37%, em frangos é 31% e em bovinos é 45%; o teor de monoinsaturadas é de 42% para a carne suína, 45% para frango e 41% para bovinos; e, em relação a poli-insaturadas, o teor em suínos é de 14%, frangos 17% e em bovinos de 1%.

Tabela 4. Teor de gorduras saturadas, monoinsaturadas e poli-insaturadas em 100 g de cortes de suínos, frangos e bovinos, crus e após cocção.

	Saturados (g/100 g)		Monoinsaturados (g/100 g)		Poli-insaturados (g/100 g)	
	Cru	Após cocção	Cru	Após cocção	Cru	Após cocção
Suíno						
Bisteca*	3,5	7,5	3,9	7,7	1,2	1,2
Costela**	7,4	11,8	8,3	13,9	2,3	3,1
Lombo**	3,3	2,6	3,7	2,9	1,0	0,7
Pernil**	4,2	4,8	5,0	6,4	1,7	1,9
Toucinho***	17,7	20,0	20,1	26,2	10,1	14,6
Frango						
Coxa (com pele)**	3,0	3,1	4,1	3,8	2,2	2,2
Peito (com pele)**	2,2	2,2	3,2	2,7	0,9	1,8
Sobrecoxa (com pele)**	6,5	4,2	9,6	5,4	3,6	3,9
Bovino						
Contrafilé (com gordura)*	5,6	7,4	5,5	6,3	0,2	0,2
Costela**	14,9	11,8	12,7	12,1	0,3	0,3
Miolo de alcatra (sem gordura)*	3,4	5,1	3,3	4,9	0,1	0,3

A informação do corte após cocção foi obtida a partir de diferentes métodos de cocção, sendo * método de cocção: grelha, ** método de cocção: forneamento, *** método de cocção: fritura
 Fonte: Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (Tabela..., 2011).

Em relação a cocção, é possível verificar que esta exerce pouco efeito sobre o perfil lipídico das carnes, exceto para a gordura do toucinho, pois contém maiores teores de gorduras monoinsaturadas e poli-insaturadas após a fritura.

Na Tabela 5 está apresentada a distribuição dos ácidos graxos (AG) presentes em cortes de suínos, frangos e bovinos.

Tabela 5. Perfil dos ácidos graxos em 100 g de cortes de suínos, frangos e bovinos crus.

	12:0 (g)	14:0 (g)	16:0 (g)	18:0 (g)	20:0 (g)	16:1 (g)	18:1 (g)	20:1 (g)	18:2 n-6 (g)	18:3 n-3 (g)	20:4 (g)
Suíno											
Bisteca	0,01	0,13	2,17	1,12	0,02	0,21	3,37	0,06	1,12	0,05	0,05
Costela	0,02	0,28	4,59	2,42	0,03	0,45	7,64	0,12	2,11	0,09	0,08
Lombo	0,01	0,12	2,08	1,00	0,02	0,22	3,39	0,06	0,88	0,04	0,05
Pernil	0,01	0,16	2,58	1,29	0,02	0,26	4,64	0,09	1,51	0,06	0,08
Toucinho	0,06	0,75	11,42	5,21	0,09	0,98	18,82	0,28	9,32	0,68	0,15
Frango											
Coxa (com pele)	-	0,05	2,24	0,68	0,01	0,45	3,61	0,02	2,00	0,09	0,05
Peito (com pele)	-	0,06	1,66	0,46	0,01	0,44	2,75	0,03	0,80	0,03	0,03
Sobrecoxa (com pele)	-	0,12	4,96	1,31	0,02	1,13	8,44	0,02	3,41	0,12	0,08
Bovino											
Contraflé (com gordura)	0,01	0,41	3,21	1,57	0,01	0,62	4,81	0,01	0,15	0,05	0,02
Costela	0,03	1,11	7,76	5,15	0,03	1,31	11,05	0,12	0,15	0,12	-
Miolo de alcatra (sem gordura)	-	0,20	1,79	1,10	0,01	0,36	2,85	0,02	-	0,04	0,03

Fonte: Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (Tabela..., 2011).

O AG palmítico (C16:0), seguido do esteárico (C18:0), destaca-se entre os saturados com maior concentração nos três tipos de carne. Também estão presentes, em quantidades menores, os AG saturados mirístico (C14:0) e láurico (C12:0).

Entre os AG insaturados, o oleico (C18:1) é o maior representante dos monoinsaturados nos três tipos de carnes, seguido do palmitoleico (C16:1). Quanto aos poli-insaturados, vale ressaltar que estes são dependentes da alimentação dos animais, uma vez que os precursores das famílias ômega-6, o linoleico (C18:2) e da ômega-3, o alfa-linolênico (C18:3), não são sintetizados pelo organismo humano, sendo considerados essenciais (Bernardi et al., 2016). O araquidônico (C20:4) é um ômega-6 alongado e dessaturado a partir do C18:2. É possível observar que os teores de linoleico, alfa-linolênico e araquidônico são maiores na gordura de suínos e frangos quando comparados à de bovinos (Tabela 5). Isso ocorre devido ao processo de fermentação ruminal que interfere na composição de AG.

Micronutrientes

Na Tabela 6, seguem os teores de vitaminas do complexo B (tiamina - B1, riboflavina - B2, niacina - B3, piridoxina - B6) e da vitamina A (retinol) em diferentes cortes de carne suína, comparados aos de frangos e bovinos.

A literatura é unânime em afirmar o elevado teor de tiamina na carne suína quando comparada aos outros tipos de carne, e isso pode ser constatado na Tabela 6, onde se verifica que o teor desta vitamina na carne crua é quase dez vezes maior na carne suína do que em outros tipos de carnes. A niacina, é outra vitamina do complexo B que se destaca na carne suína crua, com teores maiores que em frangos e bovinos. De acordo com a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (Tabela..., 2011), a riboflavina e a piridoxina estão presentes nos cortes suínos, porém, em baixos teores. O mesmo é constatado para as concentrações de retinol.

Tabela 6. Teor de vitaminas do complexo B e de Retinol em 100 g cortes de suínos, frangos e bovinos, crus e após cocção.

	Tiamina (mg/100 g)		Riboflavina (mg/100 g)		Piridoxina (mg/100 g)		Niacina (mg/100 g)		Retinol (mcg/100 g)	
	Cru	Após cocção	Cru	Após cocção	Cru	Após cocção	Cru	Após cocção	Cru	Após cocção
Suíno										
Bisteca*	0,90	0,77	Tr	0,14	Tr	0,03	2,65	1,92	Tr	Tr
Costela**	0,62	0,71	Tr	0,05	Tr	Tr	8,27	10,63	Tr	Tr
Lombo**	0,95	0,75	Tr	0,07	Tr	0,11	13,83	12,43	Tr	Tr
Pernil**	1,06	0,77	0,06	0,09	Tr	Tr	5,67	6,57	Tr	Tr
Toucinho***	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	5,10	5,03	Tr	Tr
Frango										
Coxa (com pele)**	0,16	0,05	0,05	0,05	Tr	Tr	2,04	10,40	10	6
Peito (com pele)**	0,09	0,12	Tr	Tr	Tr	Tr	2,58	15,80	4	6
Sobrecoxa (com pele)**	0,09	0,10	0,06	0,05	Tr	Tr	3,40	11,20	7	8
Bovino										
Contrafilé (com gordura)*	0,11	Tr	0,08	0,18	0,03	0,13	3,79	4,91	4	Tr
Costela**	0,12	Tr	0,11	0,08	Tr	0,35	5,99	0,56	5	Tr
Miolo de alcatra (sem gordura)*	0,12	0,03	0,07	0,05	Tr	0,05	3,59	4,66	4	Tr

A informação do corte após cocção foi obtida a partir de diferentes métodos de cocção, sendo * método de cocção: grelha, ** método de cocção: forno, *** método de cocção: fritura.

Fonte: Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (Tabela..., 2011).

Em relação ao efeito do tratamento térmico sobre as concentrações de riboflavina, piridoxina e niacina, na maioria das vezes o que se observa é que a cocção promove concentração no teor destas vitaminas, por outro lado, a tiamina é significativamente perdida no aquecimento. Estes dados estão de acordo com os discutidos por Pereira e Vicente (2013).

Na Tabela 7, estão apresentadas as concentrações de minerais em cortes de suínos, bovinos e de frangos, antes e após cocção.

O teor de cálcio na costela e pernil de suíno crus é maior que nos demais cortes suínos e também maior que nos mesmos cortes de outros animais. Em relação ao magnésio e fósforo, os teores são maiores em suínos do que em bovinos, porém não são maiores que em aves. Os teores de ferro e zinco na carne suína são muito similares à carne de frango, porém menores que na carne bovina. Quanto ao potássio, a bisteca suína e lombo suíno se destacam sobre os demais cortes. O pernil suíno também é fonte importante de cobre quando comparado aos demais tipos de carne apresentados.

Ao verificar o efeito da cocção sobre o teor de minerais, observa-se que a cocção resulta em aumento no teor de cálcio, fósforo, ferro, potássio e zinco. Possivelmente isso ocorra devido à concentração de nutrientes resultante da perda de água na cocção (Araújo et al., 2014). Por outro lado, magnésio, sódio e cobre têm redução nos teores após a cocção, sendo possivelmente esta perda por lixiviação (Araújo et al., 2014).

Tabela 7. Teor de minerais em 100 g de cortes de suínos, frangos e bovinos, crus e após cocção.

	Calcio (mg/100 g)	Magnésio (mg/100 g)	Fósforo (mg/100 g)	Ferro (mg/100 g)	Sódio (mg/100 g)	Potássio (mg/100 g)	Cobre (mg/100 g)	Zinco (mg/100 g)
Cru								
Suíno								
Bisteca	6	24	195	0,5	54	335	0,07	1,4
Costela	15	18	159	0,9	88	248	0,05	2,3
Lombo	4	24	195	0,5	53	334	0,01	0,9
Pernil	13	23	192	0,9	102	256	0,16	1,7
Frango								
Coxa (com pele)	8	26	185	0,7	95	275	0,03	2,0
Peito (com pele)	8	28	213	0,4	62	252	0,05	0,6
Sobrecoxa (com pele)	7	22	154	0,7	68	190	0,05	1,3
Bovino								
Contrafilé (com gordura)	4	18	164	1,3	44	285	0,04	2,8
Costela	-	12	130	1,2	70	151	Tr	2,7
Miolo de alcatra (sem gordura)	3	20	165	2,0	43	299	0,06	3,0

Continua..

Tabela 7. Continuação.

	Cálcio (mg/100 g)	Magnésio (mg/100 g)	Fósforo (mg/100 g)	Ferro (mg/100 g)	Sódio (mg/100 g)	Potássio (mg/100 g)	Cobre (mg/100 g)	Zinco (mg/100 g)
Após cocção								
Suíno								
Bisteca*	34	25	229	0,9	51	366	0,06	2,3
Costela**	17	14	201	1,0	63	246	0,07	3,1
Lombo**	20	18	238	0,5	39	311	0,03	1,8
Pernil**	18	27	247	1,3	62	395	0,09	3,3
Frango								
Coxa (com pele)**	8	14	251	1,2	95	318	0,05	2,6
Peito (com pele)**	8	18	297	0,5	56	380	0,01	1,0
Sobrecoxa (com pele)**	11	15	252	1,2	96	323	0,06	2,2
Bovino								
Contraflé (com gordura)*	4	19	219	2,4	57	352	0,09	4,8
Costela**	28	20	179	2,2	92	270	0,08	5,5
Miolo de alcatra (sem gordura)*	5	26	279	3,2	52	385	0,11	4,8

A informação do corte após cocção foi obtida a partir de diferentes métodos de cocção, sendo * método de cocção: grelha, ** método de cocção: fornecimento, *** método de cocção: fritura.
Fonte: Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (Tabela..., 2011).

Variabilidade nas referências em relação à composição nutricional da carne suína

Conforme discutido, a carne suína é um alimento com importante concentração de nutrientes, os quais variam em relação aos diferentes tipos de cortes e também têm suas concentrações alteradas pelo processamento ao qual são submetidos. Ao realizar breve busca em base de dados de diferentes países sobre a composição da carne suína, observa-se diferenças nutricionais apresentadas por estas bases (Tabela 8). Portanto, é importante fazer uma reflexão sobre esta variação. Esta ponderação tem particular importância, pois muitas vezes estes dados são utilizados para avaliar o impacto nutricional da carne na saúde humana.

Para fundamentar melhor esta discussão, na Tabela 8 estão apresentados dados apenas da composição centesimal de três cortes suínos crus (costela, lombo e pernil), os quais foram obtidos a partir de bases de dados do Brasil, Estados Unidos e Dinamarca (Technical University of Denmark, 2009; Tabela..., 2011; USDA, 2018).

Tabela 8. Teor de minerais em 100 g de cortes de suínos, frangos e bovinos, crus e após cocção.

		TACO*	USDA**	DTU***
Costela suína crua	Umidade %	61,2	59,8	65,2
	Proteína (g/100 g)	18,0	15,5	17,9
	Lípidios (g/100 g)	19,8	23,4	16,1
	Colesterol (mg/100 g)	69	80	73
	Minerais (g/100 g)	0,9	0,7	0,8
	Energia (Kcal/100 g)	256	277	215
Lombo suíno cru	Umidade %	67,7	66,9	66,5
	Proteína (g/100 g)	22,6	19,7	19,2
	Lípidios (g/100 g)	8,8	12,6	13,3
	Colesterol (mg/100 g)	55	63	62
	Minerais (g/100 g)	1,0	1,0	1,0
	Energia (Kcal/100 g)	176	198	195

Continua...

Tabela 8. Continuação.

		TACO*	USDA**	DTU***
Pernil suíno cru	Umidade %	67,1	62,5	67,9
	Proteína (g/100 g)	20,1	17,4	18,2
	Lipídios (g/100 g)	11,1	18,9	12,9
	Colesterol (mg/100 g)	59	73	62
	Minerais (g/100 g)	1,0	0,9	1,0
	Energia (Kcal/100 g)	186	245	188

*Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (Tabela..., 2011); **National Nutrient Database for Standard Reference (USDA, 2018); ***Danish Food Composition Database ((Technical University of Denmark, 2009).

Considerando as três referências analisadas, bem como os três cortes avaliados, a variação média da umidade foi de 4%, de proteínas foi 2,9%, de lipídios 5,9%, de minerais 0,1%, de colesterol 11 mg e de calorias foi de 47,7 Kcal. Em relação à composição centesimal (umidade, proteína, lipídios e minerais), o corte que apresentou maior variabilidade foi a costela, com um percentual de variação de 15,1%. Quanto aos nutrientes, o que mais sofreu variação entre as diferentes referências foi a porção lipídica, que variou 7% na costela, 4,5% no lombo e 6,3% no pernil.

Esta variabilidade nos nutrientes da carne é pouco discutida na literatura e pela maioria dos bancos de dados de alimentos, os quais apresentam uma identificação da carne suína muito vaga, não estando claro como foi feita a padronização das amostras (obtenção do corte e método de cocção empregado), não sendo apresentadas informações sobre raças e sistema de manejo dos animais, além de muitas vezes não estar clara a metodologia empregada na determinação da concentração dos nutrientes (Reig et al., 2013).

A padronização da amostra é fator essencial e indispensável em análises de alimentos (Zenebon et al., 2008). O teor total de gordura, por exemplo, varia de corte para corte, os quais apresentam diferentes quantidades de lipídios intramuscular e intermuscular e também de tecido adiposo externo. Portanto, é importante que fique claro na descrição da carne como foi obtido o corte (o que foi considerado na sua extração), assim será possível maior padronização e clareza em relação aos dados de diferentes bancos de composição nutricional de alimentos.

Da mesma forma, ressalta-se a importância da informação completa sobre método de cocção, pois os métodos de cocção possuem características distintas, as quais podem diferir quanto aos resultados de indicadores culinários (Araújo et al., 2014). Portanto, para que seja possível comparar cortes cárneos que passaram por certo método de cocção, é essencial compreender o princípio do método e a forma como ele foi aplicado sobre o alimento.

Em relação à metodologia analítica empregada no processamento das amostras, conforme citado anteriormente, também é um fator importante que pode interferir nos resultados nutricionais, por exemplo, se considerar o manual do Instituto Adolf Lutz (Zenebon et al., 2008), existem pelo menos quatro métodos que podem ser empregados na determinação de lipídios, e na literatura existem muitas outras metodologias publicadas e padronizadas, as quais também podem ser empregadas de forma segura e eficiente. Portanto, estas diferenças metodológicas podem resultar em pequenas variações nos resultados.

Sobre os efeitos de fatores intrínsecos e extrínsecos na composição da carne suína, estes serão especificamente discutidos no item sobre “Fatores que influenciam na composição da carne suína” deste capítulo. Porém, o fato é que fatores como raça e genótipo, sexo, idade, alimentação, estação do ano e manejo podem ter substancial influência nas características de composição química nutricional e impactar no rendimento da carcaça, na vida de prateleira e nas características sensoriais (cor, sabor, textura) da carne (Rosenvold; Andersen, 2003).

Outro aspecto importante e que deve ser considerado é que algumas bases de dados de composição de alimentos não são atualizadas com frequência, mas ao longo dos anos ocorreram inovações no sistema de produção dos animais (manejo e genética, por exemplo), as quais modificaram as características nutricionais do produto. A falta de informação completa sobre os nutrientes, também é um fator que dificulta a utilização de certas referências, a exemplo da tabela brasileira (Tabela..., 2011), onde não constam informações sobre todas as vitaminas e minerais, bem como não é descrito o perfil lipídico e de aminoácidos de todos os alimentos estudados na tabela. Neste sentido, existe a necessidade de investimentos em pesquisas nesta área, a fim de valorizar a composição nutricional dos alimentos nacionais.

Fatores que influenciam na composição da carne suína

Conforme discutido no item anterior, a composição nutricional da carne suína pode ser afetada por uma série de fatores extrínsecos e intrínsecos, os quais serão brevemente descritos a seguir.

Fatores extrínsecos

Na suinocultura, a alimentação é um dos fatores de maior custo no sistema produtivo, a qual representa aproximadamente 70% do custo total, devido à grande utilização de ingredientes como a soja e o milho na composição das rações (Melo et al., 2014). De acordo com Pacheco et al. (2007), em períodos de elevação dos custos a restrição alimentar seguida por um período de alimentação à vontade, visando o ganho de peso compensatório dos animais, representa um dos recursos que podem amenizar momentos de déficit econômico. Sabe-se que os animais expressam uma velocidade de crescimento acelerado (ganho compensatório) após o período de restrição alimentar quando comparados a animais que receberam alimentação à vontade continuamente. Isso se dá pelo aumento na síntese proteica, entretanto, os resultados obtidos por estes autores não evidenciaram diferença na composição nutricional da carne entre animais que receberam alimentação à vontade e os que tiveram restrição alimentar. A maior influência sobre a composição nutricional da carne em geral se deve ao tipo e quantidade de ingrediente fornecido na ração (Melo et al., 2014).

Os suínos são animais monogástricos e muitos componentes da dieta são consequentemente transferidos da alimentação para os tecidos muscular e adiposo, o que afeta subsequentemente a qualidade da carne suína, pois esses animais incorporam diretamente nos tecidos parte das gorduras consumidas (Rosenvold et al., 2002; Rosenvold; Andersen, 2003). A dieta afeta de forma mais intensa a composição de ácidos graxos da gordura subcutânea do que da gordura intramuscular (Wood et al., 2003). Em capítulo posterior, serão discutidos os efeitos da dieta sobre composição lipídica da carne. Outro fator que pode afetar a composição lipídica dos tecidos é o sistema de produção, es-

pecialmete em relação ao exercício realizado pelo animal (Rosenvold; Andersen, 2003; Reig et al., 2013).

Estoques de glicogênio muscular no momento do abate podem ser manipulados por meio da alimentação e manejo no pré-abate, o que influencia no declínio do pH e na qualidade tecnológica da carne suína, que por sua vez, afeta a capacidade de retenção de água das proteínas miofibrilares, bem como o teor final de água e proteínas solúveis na carne, influenciando assim, a composição centesimal da mesma (Rosenvold et al., 2002; Rosenvold; Andersen, 2003).

Elevadas quantidades de carboidratos digestíveis na dieta têm sido investigadas com o objetivo de reduzir ou superar o problema da perda de qualidade da carne associada ao aumento do pH, comumente conhecido como carne escura, firme e seca (DFD) (Rosenvold; Andersen, 2003). Alguns fatores como manejo pré-abate inadequado, desconforto dos animais durante o transporte da granja até o frigorífico, ausência de bem-estar dos suínos em todas as etapas do processo e as características genéticas ligadas ao gene halotano (discutido mais adiante) são algumas das condições que podem levar ao surgimento da carne PSE (pálida, mole e exsudativa) a qual tem menor aceitabilidade no mercado (Souza et al., 2013). Portanto, para Rosenvold e Andersen (2003), o manejo adequado no pré-abate pode minimizar o estresse psicológico ou físico aos animais, resultando em uma carne com melhores características sensoriais.

Fatores intrínsecos

Durante muitos anos, as pesquisas envolvendo o melhoramento genético em suínos eram focadas fundamentalmente na melhoria dos índices zootécnicos dos animais. No que se referia à qualidade da carne, se restringiam apenas aos aspectos relacionados à saúde, ao processamento, à nutrição e, em menor grau, às características sensoriais. No entanto, essa realidade tem mudado devido à exigência do mercado consumidor relacionada à segurança da carne que será consumida, facilidade de preparo e satisfação durante o consumo (Band et al., 2005). Para Rosa et al. (2008), é importante que os parâmetros de qualidade da carne suína sejam conhecidos com o intuito de se obter produtos de

melhor qualidade, satisfazendo dessa forma o consumidor, e isso está ligado diretamente à raça ou à linhagem genética utilizada na produção.

A influência genética na qualidade nutricional e sensorial da carne suína compreende diferenças entre raças, bem como diferenças entre animais da mesma raça (Rosenvold; Andersen, 2003), sendo que ambos serão discutidos a seguir. Sistemas de produção tradicionais, geralmente utilizam cruzamentos de Landrace X Large White para fêmeas, sendo que a escolha do reprodutor terminal bastante delicada, pois dependerá da qualidade desejada para a carne, bem como de fatores relacionados à lucratividade e rendimento. Em geral, quando se espera obter carcaças mais magras, são utilizados machos Landrace e Pietran, ao passo que terminadores Duroc e Moura, por exemplo, resultam qualidade de carne superior e carnes com maior teor de gordura. Vale ressaltar que o perfil dos ácidos graxos também é afetado pelo tipo genético do pai. Outra situação a ser considerada é que, embora carcaças mais magras apresentem maior volume de musculatura, geralmente estão associadas à maior concentração de glicogênio muscular, o que tem influência na velocidade do *rigor mortis* e conseqüentemente na capacidade de retenção de água da carne (Rosenvold; Andersen, 2003; Bertol et al., 2013; Reig et al., 2013).

Conforme apontado no tópico anterior, uma das principais perdas econômicas na indústria de suínos está relacionada à carne PSE (pálida, mole e exsudativa), devido à mutação genética na proteína reguladora do fluxo de cálcio, rianodina, em decorrência do surgimento da PSS (Síndrome do Estresse Suíno) ligado a condições de manejo dos animais antes e durante o abate (Rosenvold; Andersen, 2003; Maganhini et al., 2007). Outros fatores relacionados a perdas econômicas significativas na indústria suína são decorrentes do gene do Rendimento Nápole (gene RN) e o gene halotano (gene HAL) (Bridi et al., 2008; Chagas, 2014). Estas perdas econômicas em geral resultam em alteração de capacidade de retenção de água na carne, o que por sua vez podem afetar significativamente a composição centesimal da carne.

De acordo com Reig et al. (2013), os efeitos do sexo em suínos não são tão importantes, por outro lado afetam o teor de gordura na carne, pois camadas mais finas de gordura no tecido subcutâneo são

observadas nas fêmeas do que nos machos castrados devido às diferenças no metabolismo induzidas pelos hormônios sexuais entre machos e fêmeas. Assim, a carne dos machos castrados geralmente contém mais gordura e marmoreio e uma camada de gordura subcutânea mais profunda do que a carne de marrãs (Armero et al., 1999). Poucos estudos se concentram no efeito do sexo na produção de alguns produtos processados como o presunto curado. Em um estudo, foi demonstrado que o presunto oriundo de suínos castrados apresentou maior teor de gordura do que os de leitões, o que está associado a maior deposição de marmoreio (Peloso et al., 2010).

A percepção negativa do consumidor no que se refere à carne de machos inteiros tem sido descrita por diversos autores, não somente no que se refere ao produto *in natura*, mas também em produtos industrializados, como bacon e presunto curado. No entanto, em um estudo realizado por Gispert et al. (2010) em que foram avaliados machos inteiros, machos castrados, machos imunocastrados e fêmeas, notou-se que a profundidade de gordura das carcaças dos machos imunocastrados era semelhante às carcaças de machos castrados cirurgicamente na área do lombo, enquanto na área do presunto era similar às carcaças de fêmeas. Carcaças de machos imunocastrados eram menos magras que carcaças de machos inteiros.

No que diz respeito ao peso dos suínos ao abate, alguns autores apontam que o aumento do peso resulta em aumento na quantidade de carne produzida, com pouco efeito sobre o rendimento de carne. Números dados demonstram que o aumento da idade e do peso ao abate de suínos resulta em maior peso e maior concentração de gordura intramuscular na carne (Candek-Potokar; Skrlep, 2012).

A carne de suínos abatidos com peso elevado submetidos à restrição alimentar apresenta cor vermelha mais intensa e mesmo nível de gordura intramuscular que a carne de suínos mais leves, enquanto a maciez é alterada apenas de maneira discreta (Bertol et al., 2015). Em suínos alimentados à vontade, ou próximo do à vontade, aqueles abatidos em pesos mais elevados tendem a apresentar maior conteúdo de gordura intramuscular (Bertol et al., 2018). Suínos com elevado peso de abate, apresentam características tecnológicas da carne diferentes de suínos abatido com menor peso, como o aumento do conteúdo de teci-

do adiposo e gordura subcutânea, uma maior expansão de tecido conjuntivo, depósito de lipídeos saturados na carne, dentre outros (Hugo; Roodt, 2007).

Impacto do consumo de carne suína nas necessidades nutricionais

A ingestão da carne suína de forma regular e equilibrada pode contribuir para atender as demandas nutricionais de crianças e adultos (Murphy et al., 2011; Nolan-Clark et al., 2012). Nolan-Clark et al. (2012), em estudo que verificou o consumo alimentar de crianças australianas, demonstrou que a carne suína influenciou favoravelmente a ingestão de nutrientes, especialmente maior consumo de energia, gordura, proteína, fósforo e zinco. Além disso, uma proporção significativamente maior de consumidores de carne suína atendeu as necessidades individuais de nutrientes para proteína, cálcio, ferro, tiamina, riboflavina, fósforo, zinco e iodo em comparação com os não consumidores (Nolan-Clark et al., 2012). Da mesma forma, por meio de análises secundárias da Pesquisa Nacional de Saúde e Nutrição (NHANES), um estudo americano mostrou que o consumo de carne suína *in natura* contribuiu substancialmente na ingestão de proteína, selênio, tiamina, fósforo, potássio, zinco, riboflavina, niacina, vitamina B6 e vitamina B12 de indivíduos adultos (Murphy et al., 2011).

Neste contexto, a seguir serão abordados aspectos sobre a importância nutricional e recomendações nutricionais de macro e micronutrientes e sua presença na carne suína, assim como de que forma a ingestão da mesma pode auxiliar em atender as recomendações nutricionais dos seres humanos.

Macronutrientes

Proteínas são nutrientes essenciais na alimentação e nutrição humana e possuem importantes funções vitais como promoção de crescimento, atuação como catalisadores, funções estruturais, contráteis, hormonais, de transporte e de proteção, bem como funções energéticas (4 kcal/g de proteína) (Cozzolino; Cominetti, 2013). A adequada ingestão proteica assegura substrato para que o organismo seja capaz

de produzir as proteínas com funções supracitadas, sendo que qualquer quantidade proteica acima ou abaixo do recomendado pode ter como consequência alterações no balanço proteico (Sgarbieri, 1996; Cozzolino; Cominetti, 2013).

As recomendações de ingestão de proteínas variam especialmente de acordo com a faixa etária. As referências de ingestão dietética (DRI, sigla do inglês: *Dietary Reference Intakes*) (Dietary..., 2005) recomendam que a ingestão de proteína seja de 1,1 g/kg/dia para indivíduos de 1 ano a 3 anos, 0,95 g/kg/dia para 4 anos a 13 anos, 0,85 g/kg/dia para 14 anos a 18 anos e 0,8 g/kg/dia para maiores de 18 anos. Existe também uma recomendação de distribuição proteica aceitável na dieta de indivíduos saudáveis de diferentes faixas etárias, também propostas pela Dietary... (2005), sendo que para indivíduos de 1 ano a 3 anos a recomendação é de que a distribuição proteica represente de 5% a 20% do total calórico ingerido no dia, para indivíduos de 4 a 18 a distribuição é de 10% a 20% e para adultos esta distribuição é de 10% a 35%. Neste contexto, considerando uma dieta de um indivíduo adulto de 2.000 kcal, pode-se dizer, que de maneira geral, o consumo de uma porção de 100 g de carne suína cozida supre cerca de 50% das necessidades proteicas deste indivíduo.

Conforme relatado no item sobre “Composição nutricional da carne suína” deste capítulo, para suprir as demandas corporais não basta apenas ingerir proteínas em quantidades dentro das recomendações, é importante ingerir proteínas com perfis aminoacídicos adequados (Sgarbieri, 1996). De acordo com o perfil de aminoácidos, as proteínas podem ser classificadas em completas, incompletas e totalmente incompletas. Proteínas completas contêm todos os aminoácidos essenciais (triptofano, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, valina e histidina) em quantidades adequadas para manter o equilíbrio nitrogenado e promover o crescimento. Proteínas incompletas fornecem todos os aminoácidos essenciais, porém, não em quantidades apropriadas. Proteínas totalmente incompletas são aquelas com ausência de um ou mais aminoácidos essenciais, portanto se consumidas isoladamente não são capazes de manter a vida (Cozzolino; Cominetti, 2013).

A Organização Mundial da Saúde (WHO, sigla do inglês: *World Health Organization*), juntamente com a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO, sigla do inglês: *Food and Agriculture Organization*) e com a Universidade das Nações Unidas (UNU, sigla do inglês: *United Nations University*), sugeriram recomendações específicas de aminoácidos essenciais, sendo esta recomendação expressa em mg de aminoácido por dia por kg de peso corporal, onde a recomendação de histidina é de 10 mg, isoleucina 20 mg, leucina 39 mg, lisina 30 mg, metionina e cisteína 15 mg, fenilalanina e tirosina 25 mg, treonina 15 mg, triptofano 4 mg e valina 26 mg (World Health Organization, 2007).

Conforme apresentado na Tabela 2, a carne suína apresenta excelente perfil de aminoácidos, especialmente os essenciais, porém na Tabela 9 estão apresentados os percentuais de adequação na ingestão de aminoácidos a partir da ingestão de 100 g de diferentes fontes proteicas. Para apresentar os dados desta tabela, foi considerada uma situação hipotética de um indivíduo adulto, pesando 70 kg, com uma ingestão média de 100 g de pernil suíno assado, ou de lombo suíno assado, ou coxa de frango assado, ou feijão preto cozido ou ovo inteiro cozido.

Tabela 9. Percentual de adequação das necessidades de aminoácidos de um indivíduo adulto de 70 kg, com a ingestão de 100 g de diferentes fontes proteicas pós-cozção (pernil suíno assado, lombo suíno assado, coxa de frango assada, feijão preto cozido, ovo inteiro cozido).

Aminoácidos	Pernil suíno assado	Lombo suíno assado	Coxa de frango assada	Feijão preto cozido	Ovo cozido inteiro
Histidina	146,0	153,3	95,1	35,3	42,6
Isoleucina	87,0	90,1	75,1	27,9	49,0
Leucina	77,7	79,4	69,3	25,9	39,4
Lisina	113,8	115,8	99,1	29,0	43,0
Metionina + Cisteína	97,1	100,7	84,9	21,8	65,1
Fenilalanina + Tirosina	112,3	115,3	99,0	41,7	67,5
Treonina	114,1	117,3	100,3	35,5	57,5
Triptofano	115,7	121,8	86,8	37,5	54,6
Valina	79,0	80,5	59,9	25,5	42,1

Recomendações de aminoácidos com base na referência World Health Organization (2007). Concentração de aminoácidos com base na *National Nutrient Database for Standard Reference* (USDA, 2018).

Os dados da Tabela 9 mostram que a carne suína (lombo ou pernil) é superior em relação às demais fontes proteicas para suprir as necessidades de aminoácidos essenciais. Outra característica que deve ser considerada em relação a proteína é sua digestibilidade e, de acordo com a literatura, assim como para outros tipos de carne, a proteína presente na carne suína possui digestibilidade entre 95% e 100%, ao passo que proteínas de origem vegetal têm digestibilidade de 65% a 75% (Sgarbieri, 1996).

Conforme demonstrado, a carne suína possui altas concentrações dos aminoácidos ramificados (valina, leucina e isoleucina) os quais são metabolizados no músculo e apresentam importante papel na recuperação tecidual no pós-exercício, pois podem atuar na síntese proteica e na diminuição dos danos ao tecido muscular. Além disso, a oferta de aminoácidos de cadeia ramificada em programas para perda de peso pode proporcionar resultados favoráveis em relação às modificações da composição corporal e homeostase da glicose (Marchini et al., 2016). O triptofano, que também está presente em altas concentrações nesta carne, tem papel no metabolismo energético, pois é precursor da niacina, além de ser essencial na síntese de serotonina e melatonina, sendo considerado um aminoácido sacietógeno (Marchini et al., 2016).

Também se verifica que a carne suína apresenta concentrações consideráveis dos aminoácidos cistina, glutamina e glicina, os quais são substratos para a síntese de glutathione, reconhecido antioxidante celular (Mahan et al., 2012). Além disso, também apresenta quantidades consideráveis de selênio (conforme será visto a seguir), que tem papel fundamental no metabolismo desta enzima antioxidante.

Devido às altas concentrações de glicina, metionina e arginina, a carne suína também pode contribuir para a síntese de creatina, a qual tem importante papel no metabolismo energético (Cozzolino; Cominetti, 2013). Além disso, outro benefício do perfil aminoacídico da carne suína se deve as elevadas concentrações de lisina e metionina, as quais são substratos para a síntese de carnitina, transportador lipídico para o interior mitocondrial, portanto, com importante papel no catabolismo lipídico (Cozzolino; Cominetti, 2013).

Os lipídios são outra classe de macronutrientes que são diferenciais na carne suína. Do ponto de vista nutricional, o consumo de lipídios é necessário, uma vez que estes compostos atuam como reserva energética, como isolantes térmicos e na proteção de órgãos vitais. Também

são componentes estruturais de membranas celulares, precursores de produtos como prostaglandinas, tromboxanos e leucotrienos e, devido à alta densidade calórica (9 kcal/g), aumentam a saciedade (Cozzolino; Cominetti, 2013). Vale ressaltar que o consumo excessivo de lipídios pode estar associado ao aumento de risco de certas doenças relacionados com obesidade, dislipidemias e acúmulo de lipídios no tecido hepático, entre outras (Cozzolino; Cominetti, 2013).

Existem recomendações oficiais para a ingestão lipídica, bem como para a ingestão dos ácidos graxos considerando a saturação da cadeia carbônica. A *Dietary...* (2005) recomenda que para crianças de 1 ano a 3 anos os lipídios forneçam de 30% a 40% das necessidades energéticas, para indivíduos de 4 anos a 18 anos a distribuição lipídica na dieta deve ficar entre 25% a 35% e, para adultos, de 20% a 35% das necessidades energéticas diárias. A Sociedade Brasileira de Cardiologia, em sua última publicação sobre diretrizes de dislipidemias e prevenção de aterosclerose (Faludi et al., 2017), estabeleceu algumas recomendações para o consumo de diferentes tipos de lipídios, com base nas recomendações da I Diretriz sobre o consumo de gordura e doenças cardiovasculares (Santos et al., 2013) e também com base nas recomendações da *American Heart Association* (Miller et al., 2011). Esta referência estabelece que para indivíduos com LDL dentro da meta e sem comorbidades associadas, a ingestão de gorduras saturadas não deve exceder 10% da ingestão calórica total, enquanto que as monoinsaturadas e as poli-insaturadas devem perfazer 15% e 5% a 10%, respectivamente. Em relação a ingestão do colesterol, as diretrizes atuais (Miller et al., 2011; Faludi et al., 2017) apontam que não há evidências suficientes para estabelecimento de um valor mínimo para o consumo.

Neste contexto, o consumo de carne suína pode contribuir positivamente para atingir as necessidades diárias totais de lipídios e para a adequação na distribuição de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poli-insaturados. Assim, considerando uma dieta de 2.000 kcal, com conteúdo total de lipídios perfazendo de 30% das necessidades energéticas, sendo 10% saturados, 15% monoinsaturados e 5% poli-insaturados, a ingestão de 100 g de costela suína assada irá contribuir para atingir 45,2% das necessidades lipídicas diárias, sendo que em relação à gordura saturada, monoinsaturada e poli-insaturada serão atingidas, respectivamente, 53%, 42% e 28% das necessidades. Com a ingestão de 100 g de pernil assado, na mesma situação supracitada,

será atingido 20,7% da ingestão total de lipídios e 22%, 19% e 17% das necessidades de gordura saturada, monoinsaturada e poli-insaturada. Por outro lado, se for consumido 100 g de lombo suíno assado, será atingido 9,5% das necessidades lipídicas diárias e 12%, 9% e 6% das recomendações de gordura saturada, monoinsaturada e poli-insaturada.

Assim, cada tipo de corte pode contribuir de forma diferente para atingir as necessidades lipídicas diárias e as recomendações de perfil de ácidos graxos. Isso se deve ao fato de que cada corte tem um teor e perfil lipídico diferente, porém de maneira geral, verifica-se que a proporção entre os ácidos graxos na carne suína é bastante equilibrada e atende a distribuição recomendada para a ingestão de gordura saturada, monoinsaturada e poli-insaturada, especialmente nos cortes pernil e lombo suíno.

Micronutrientes

As vitaminas exercem importantes funções no organismo, sendo consideradas essenciais a uma série de reações metabólicas, pois atuam como coenzimas e grupos prostéticos (Cozzolino; Cominetti, 2013). A realização destas funções de forma eficiente está condicionada à ingestão adequada segundo recomendações nutricionais específicas para a idade, gênero e período da vida (Dietary... 1998, 2000, 2001, 2011). Quando a ingestão vitamínica é menor do que o recomendado, podem ocorrer doenças carenciais, as quais já são amplamente descritas na literatura (Mahan et al., 2012; Cozzolino; Cominetti, 2013

Nas Tabelas 10 e 11 estão apresentadas as recomendações nutricionais de vitaminas para adultos, bem como os resultados de um cálculo que considerou a concentração vitamínica em 100 g de lombo e pernil suíno assados e o quanto a ingestão destas 100 g de carne pode contribuir para atingir as recomendações vitamínicas diárias. Foram utilizadas as informações vitamínicas da carne suína apresentadas por duas referências, a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (Tabela..., 2011) e as informações americanas da *National Nutrient Database for Standard Reference* (USDA, 2018). Foi necessária a comparação com uma segunda referência, uma vez que na tabela brasileira não constam informações de todas as vitaminas.

Tabela 10. Recomendações nutricionais de vitaminas para homens adultos e percentual de contribuição para atingir as recomendações vitamínicas diárias com ingestão de 100 g de carne.

	Recomendação nutricional	Cortes suínos e a contribuição (%) da ingestão de 100 g de carne para atingir as recomendações diárias				
		Homens (mais de 18 anos) ^f	Lombo suíno assado ^d	Pernil suíno assado ^d	Lombo suíno assado ^e	Pernil suíno assado ^e
Vitamina A	900 (µg/d)				0,3	0,3
Vitamina C ^a	90 (mg/d)				0,7	0,3
Tiamina (B1) ^a	1,2 (mg/d)		62,2	64,4	82,3	52,9
Riboflavina (B2) ^a	1,3 (mg/d)		5,1	6,9	24,1	24,1
Niacina (B3) ^a	16 (mg/d)		77,7	41,0	34,8	28,6
Piridoxina (B6) ^a	1,3 (mg/d)		8,2	Tr	39,7	30,9
Folato total (B9) ^a	400 (µg/d)				1,5	2,5
Cobalamina (B12) ^a	2,4 (µg/d)				29,6	28,3
Ácido pantotênico (B5) ^b	5 (mg/d)				15,2	12,3
Colina ^b	550 (mg/d)				16,9	16,8
Vitamina D ^a	15 (µg/d)				6,7	5,3
Vitamina E ^a	15 (mg/d)				1,3	1,5
Vitamina K ^b	120 (µg/d)				0,0	0,0

^aRDA: Ingestão dietética recomendada; ^b AI: ingestão adequada; Fonte das referências nutricionais: ^cDietary Reference Intakes (Dietary... 1998, 2000, 2001, 2011).

Fontes utilizadas para o cálculo nutricional: ^dTabela Brasileira de Composição de Alimentos (Tabela... 2011); ^eNational Nutrient Database for Standard Reference (USDA, 2018).

Tabela 11. Recomendações nutricionais de vitaminas para mulheres adultas e percentual de contribuição para atingir as recomendações diárias com a ingestão de 100 g de carne.

	Recomendação nutricional	Cortes suínos e a contribuição (%) da ingestão de 100 g de carne para atingir as recomendações diárias			
	Mulheres (mais de 18 anos) ^c	Lombo suíno assado ^d	Pernil suíno assado ^d	Lombo suíno assado ^e	Pernil suíno assado ^e
Vitamina A	700 (µg/d)	-	-	0,4	0,4
Vitamina C ^a	75 (mg/d)	-	-	0,8	0,4
Tiamina (B1) ^a	1,1 (mg/d)	67,9	70,3	89,8	57,7
Riboflavina (B2) ^a	1,1 (mg/d)	6,1	8,2	28,5	28,5
Niacina (B3) ^a	14 (mg/d)	88,8	46,9	39,8	32,7
Piridoxina (B6) ^a	1,3 (mg/d)	8,2	-	39,7	30,9
Folato total (B9) ^a	400 (µg/d)			1,5	2,5
Cobalamina (B12) ^a	2,4 (µg/d)			29,6	28,3
Ácido pantotênico (B5) ^b	5 (mg/d)			15,2	12,3
Colina ^b	425 (mg/d)			21,9	21,7
Vitamina D ^a	15 (µg/d)			6,7	5,3
Vitamina E ^a	15 (mg/d)			1,3	1,5
Vitamina K ^b	90 (µg/d)			0,0	0,0

^aRDA: Ingestão dietética recomendada; ^b AI: ingestão adequada; Fonte das referências nutricionais: ^cDietary Reference Intakes (Dietary..., 1998, 2000, 2001, 2011).

Fontes utilizadas para o cálculo nutricional: ^aTabela Brasileira de Composição de Alimentos (Tabela..., 2011); ^bNational Nutrient Database for Standard Reference (USDA, 2018).

A primeira consideração que deve ser feita se refere à discrepância existente nos dados da composição vitamínica da carne quando comparadas as diferentes bases de dados (Tabela..., 2011; USDA, 2018). Estas diferenças foram discutidas no item “Variabilidade nas referências em relação à composição nutricional da carne suína” deste capítulo.

Em relação a contribuição da ingestão de 100 g de carne suína para atingir as recomendações diárias de vitaminas, é possível observar que as duas referências utilizadas são unânimes em relatar altas concentrações de tiamina e niacina na carne suína, de forma que sua ingestão pode contribuir significativamente para atingir a recomendação destas vitaminas. As tabelas diferem em relação às concentrações de riboflavina e piridoxina, sendo que de acordo com (Tabela..., 2011) a concentração destas vitaminas na carne suína é baixa e não contribui significativamente para atingir a ingestão recomendada. Por outro lado, ao avaliar os dados apresentados pela tabela americana (USDA, 2018), verifica-se que a ingestão de 100 g de carne suína contribui significativamente para atingir as recomendações de riboflavina e piridoxina. Ainda de acordo com as respectivas tabelas, é possível observar que a ingestão de carne suína contribui de modo especial para atingir as recomendações de cobalamina, ácido pantotênico e colina. Portanto, ficou demonstrado que esta carne apresenta importante papel no suprimento das necessidades nutricionais, especialmente das vitaminas do complexo B.

Assim como as vitaminas, os minerais também exercem importantes funções no organismo e possuem recomendações nutricionais de ingestão para a idade, gênero e período da vida (Dietary... 1997, 2000, 2001, 2011). Nas Tabelas 12 e 13, estão apresentadas as recomendações nutricionais de minerais para homens e mulheres adultos, respectivamente, bem como os resultados do cálculo nutricional que considerou a concentração de mineral em 100 g de lombo e pernil suíno assados e o quanto a ingestão destas 100 g contribuem para atingir as recomendações de minerais. Para este cálculo, também foram consideradas informações da Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (Tabela..., 2011) e da base de dados americana (USDA, 2018), pois na tabela brasileira não constam informações sobre a concentração de selênio e manganês.

Tabela 12. Recomendações nutricionais de minerais para homens adultos e percentual de contribuição para atingir as recomendações diárias com a ingestão de 100 g de carne.

	Recomendação nutricional	Cortes suínos e a contribuição (%) da ingestão de 100 g de carne para atingir as recomendações diárias			
	Homens (19 a 50 anos) ^c	Lombo suíno assado ^d	Pernil suíno assado ^d	Lombo suíno assado ^e	Pernil suíno assado ^e
Cálcio ^a	1.000 (mg/d)	2,0	1,8	1,9	1,4
Cobre ^a	0,9 (mg/d)	2,8	10,4	6,2	11,1
Ferro ^a	8 (mg/d)	5,7	15,6	12,4	12,6
Magnésio ^a	400/420 (mg/d)	4,5/4,3	6,8/6,5	6,5/6,2	5,5/5,2
Fósforo ^a	700 (mg/d)	34,1	35,3	34,6	37,6
Zinco ^a	11 (mg/d)	16,0	29,6	21,1	26,9
Sódio ^b	1.500 (mg/d)	2,6	4,2	3,9	4,0
Potássio ^b	4.700 (mg/d)	6,6	8,4	8,7	7,5
Manganês ^b	2,3 (mg/d)			0,5	1,4
Selênio ^a	55 (µg/d)			60,7	82,4

^aRDA: Ingestão dietética recomendada; ^bAI: ingestão adequada; Fonte das referências nutricionais: ^cDietary Reference Intakes (Dietary... 1998, 2000, 2001, 2011). Fontes utilizadas para o cálculo nutricional: ^dTabela Brasileira de Composição de Alimentos (Tabela..., 2011) e ^eNational Nutrient Database for Standard Reference (USDA, 2018).

Tabela 13. Recomendações nutricionais de minerais para homens adultos e percentual de contribuição para atingir as recomendações diárias com a ingestão de 100 g de carne.

	Recomendação nutricional	Cortes suínos e a contribuição (%) da ingestão de 100 g de carne para atingir as recomendações diárias			
		Lombo suíno assado ^d	Pernil suíno assado ^d	Lombo suíno assado ^e	Pernil suíno assado ^e
Cálcio ^a	1.000 (mg/d)	2,0	1,8	1,9	1,4
Cobre ^a	0,9 (mg/d)	2,8	10,4	6,2	11,1
Ferro ^a	18 (mg/d)	2,5	7,0	5,5	5,6
Magnésio ^a	310/320 (mg/d)	5,9/5,7	8,8/8,5	8,4/8,1	7,1/6,9
Fósforo ^a	700 (mg/d)	34,1	35,3	34,6	37,6
Zinco ^a	8 (mg/d)	22,0	40,7	29,0	37,0
Sódio ^b	1.500 (mg/d)	2,6	4,2	3,9	4,0
Potássio ^b	4.700 (mg/d)	6,6	8,4	8,7	7,5
Manganês ^b	1,8 (mg/d)			0,6	1,8
Selênio ^a	55 (µg/d)			60,7	82,4

^aRDA: Ingestão dietética recomendada; ^bAI: ingestão adequada; Fonte das referências nutricionais: ^cDietary Reference Intakes (Dietary... 1998, 2000, 2001, 2011). Fontes utilizadas para o cálculo nutricional: ^dTabela Brasileira de Composição de Alimentos (Tabela..., 2011) e ^eNational Nutrient Database for Standard Reference (USDA, 2018).

Diferentemente, do que ocorre para as vitaminas, as concentrações de minerais na carne suína são similares entre as tabelas utilizadas como referência. De maneira geral, observa-se que a ingestão de 100 g de lombo ou pernil suíno pode contribuir, porém de forma modesta, para atingir as recomendações diárias de cobre, ferro, magnésio e potássio. Por outro lado, destaque maior para as concentrações de fósforo, zinco e selênio, cuja ingestão de 100 g de lombo e pernil contribui significativamente para atingir as necessidades diárias destes minerais. Assim como discutido para vitaminas, a deficiência na ingestão de minerais também pode causar doenças carenciais e problemas metabólicos, portanto, a carne suína pode ser uma aliada na manutenção das necessidades nutricionais e da saúde.

Consumo de carne suína e saúde

Além de contribuir para atender as demandas corporais de nutrientes, a carne suína pode atuar na redução de risco de certas doenças. Considerando a importância energética, a composição lipídica e o perfil de certas vitaminas e minerais, a seguir serão apresentadas discussões com base na literatura sobre o impacto da carne suína no sobrepeso e obesidade, doenças cardiovasculares e deficiência de ferro.

Sobrepeso e obesidade

O sobrepeso e a obesidade são considerados problemas mundiais de saúde pública e afetam pessoas de todas as idades e níveis sócio-econômicos. São definidos como obesos indivíduos que apresentam índice de massa corporal (IMC) de 30 kg/m² ou mais, ao passo que sobrepeso são aqueles que possuem IMC entre 25 kg/m² e 29,9 kg/m². Essas condições resultam em grande risco à saúde da população para enfermidades como diabetes, doenças cardiovasculares, câncer e manifestações dermatológicas (Mahan et al., 2012). Sobrepeso e obesidade também estão relacionadas à incidência de distúrbios psicológicos como ansiedade, depressão, transtornos alimentares, baixa autoestima e imagem corporal distorcida (Mahan et al., 2012).

A etiologia do sobrepeso e obesidade é multicausal, porém a influência da alimentação é indiscutível, sendo necessário um consumo de energia maior do que o gasto energético por um longo período de tempo para que esta situação se estabeleça (Mahan et al., 2012). Considerando a importância da carne e produtos cárneos como fontes de energia nas dietas, a seguir será discutido a influência do consumo de carne suína no sobrepeso e obesidade.

Poucos estudos populacionais foram realizados para avaliar os efeitos do consumo desta carne sobre o peso corporal e saúde nutricional, porém, em 2012, por meio de uma iniciativa do governo da Austrália, foi conduzido um estudo em que participaram 4.487 crianças com idade entre 2 anos e 16 anos. Os resultados mostraram que embora as crianças consumidoras de carne suína apresentassem significativamente maiores ingestões de energia, proteína, gordura e outros micronutrientes, não houve diferenças significativas entre consumidores e não consumidores em termos de peso corporal e circunferência da cintura (após o controle de possíveis variáveis confundidoras). Portanto, não foi encontrada associação adversa entre ingestão de carne suína, peso, circunferência da cintura e nível de obesidade (Nolan-Clark et al., 2012).

Os resultados supracitados corroboram com os obtidos em ensaio randomizado cruzado de nove meses, com adultos, em que o objetivo foi comparar os efeitos do consumo regular de carne suína, bovina e de frango sobre os índices de adiposidade e, da mesma forma, não houve diferença no IMC ou qualquer outro marcador de adiposidade entre as dietas. Portanto, os autores foram enfáticos em afirmar que a percepção de que a carne suína é inferior em termos de nutrição deve ser reconsiderada (Murphy et al., 2014).

Em ambos os estudos (Nolan-Clark et al., 2012; Murphy et al., 2014), foram consideradas dietas sem restrição calórica e, portanto, foram observadas ausência de efeito sobre a composição corporal. Porém, atualmente existe um interesse considerável no uso de dietas hipocalóricas e hiperproteicas para perda de peso, uma vez que alguns estudos apontam que a ingestão de maiores quantidades de proteína pode promover maior saciedade (Westerterp-Plantenga et al., 2009). A saciedade induzida por proteínas pode ser devida à oxidação de

aminoácidos consumidos acima das necessidades, ou pode ser devida a capacidade dos aminoácidos servirem como precursores de neurotransmissores específicos envolvidos na regulação do apetite como os reportados anteriormente para o triptofano. Além disso, o excesso de aminoácidos pós-prandiais pode estimular a gliconeogênese hepática, contribuindo assim para um efeito saciante por meio da modulação da homeostase da glicose e sinalização da glicose ao cérebro (Westerterp-Plantenga et al., 2009).

Considerando que carnes são importante fonte dietética de proteína, Charlton et al. (2011) conduziram um estudo para avaliar se existem diferenças entre carne suína, bovina e de frango na promoção da saciedade. Os resultados mostraram que os três tipos de carne apresentaram efeitos similares e positivos sobre a saciedade e sobre os hormônios reguladores do apetite. Estes dados demonstram que a carne suína, assim como as demais, pode ser empregada em dietas que visam a redução de peso corporal.

Doenças cardiovasculares

As doenças cardiovasculares (DCV) incluem todas as doenças que afetam o coração e a circulação e são consideradas a principal causa de morte em todo o mundo. A etiologia da DCV é complexa, mas a dieta e estilo de vida (por exemplo, atividade física e tabagismo), parecem ter importante papel influenciando importantes fatores de risco como a hipertensão, obesidade, diabetes e na elevação de colesterol e triglicerídeos séricos (Mahan et al., 2012).

Apesar de apresentar concentrações elevadas de nutrientes potencialmente protetores como por exemplo, selênio, vitaminas do complexo B e muitas vezes ácidos graxos ômega-3, a carne e produtos à base de carne têm sido frequentemente apontados como um fator contribuinte para o aumento do risco de DCV (Wyness et al., 2011). Porém, em estudo de coorte prospectivo, foram avaliadas as associações entre consumo moderado de carne (até 100 g/dia) e mortalidade por doença cardiovascular, em que participaram 51.683 japoneses de 40 anos a 79 anos. Foi demonstrado que o consumo de carne (bovina, suína, aves, fígado e carnes processadas) não foi associado ao aumento da mortali-

dade por isquemia cardíaca, acidente vascular cerebral ou doença cardiovascular entre homens e mulheres (Nagao et al., 2012).

Neste contexto, Wyness et al. (2011) realizaram uma discussão bastante pertinente em seu artigo, apontando que o delineamento experimental dos estudos usados para investigar essa associação varia muito. Apontam também que os resultados medidos variam de estudo para estudo, tornando desafiador comparar e interpretar os mesmos. Além disso, a ingestão de carne dos indivíduos geralmente é baseada em questionário de frequência alimentar semiquantitativo e, portanto, o sub ou sobre-relato pode ser provável e pode ter impacto nos resultados (Wyness et al., 2011). Comparações entre modelos alimentares como por exemplo, a associação entre DCV e vegetarianos v. consumidores de carne, também não parece trazer resultados reais em relação à associação entre consumo de carne e DCV, porque é difícil avaliar os efeitos da carne *per se*, mesmo quando os investigadores controlaram fatores de confundimento (Wyness et al., 2011).

Portanto, mais estudos são necessários para que sejam estabelecidas quaisquer correlações entre consumo de carne vermelha e DCV. Porém, a seguir serão apresentados resultados de estudos que discutiram especificamente a influência do consumo de carne suína sobre a hipertensão e perfil lipídico sérico que, como citado anteriormente, são fatores de risco para a ocorrência de DCV. Vale ressaltar que a influência do consumo de carne suína sobre a obesidade, também considerado um fator de risco para DCV, foi abordado anteriormente.

Hipertensão arterial

De acordo com a 7ª Diretriz Brasileira de Hipertensão Arterial (Malachias et al., 2016), esta doença pode ser definida como:

“...condição clínica multifatorial caracterizada por elevação sustentada dos níveis pressóricos ≥ 140 e/ou 90 mmHg. Frequentemente se associa a distúrbios metabólicos, alterações funcionais, sendo agravada pela presença de outros fatores de risco, como dislipidemia, obesidade abdominal, intolerância à glicose e diabetes melito (DM).”

Muitos são os fatores de risco para a hipertensão arterial (HA), porém o estilo de vida, a obesidade e a ingestão excessiva de sódio têm papel de destaque (Mahan et al., 2012; Malachias et al., 2016).

Ficou demonstrado que não existe associação entre obesidade e consumo regular moderado de carne suína, bem como que esta pode ser empregada em dietas para a redução de peso devido aos efeitos saciantes que apresenta. Além disso, estudo de Jensen et al., (2014) demonstrou que após a digestão gastrointestinal da carne suína são formados peptídeos, os quais apresentam propriedades anti-hipertensivas e antioxidantes.

Os efeitos antioxidantes produzidos pelos peptídeos resultantes da digestão da carne suína podem ter papel muito importante no contexto de obesidade, HA, inflamação e síndrome metabólica, porém mais estudos são necessários para entender possíveis mecanismos de ação.

A ingestão de sódio tem relação direta com o aumento da pressão, pois tem efeito sobre a volemia e conseqüentemente sobre o débito cardíaco, além de influenciar na ativação de outros mecanismos pressores como a vasoconstrição renal, por exemplo (Mahan et al., 2012). Portanto, a terapia nutricional na hipertensão tem atenção especial à ingestão de minerais, sendo recomendado redução na ingestão de sódio e manutenção da ingestão de cálcio, magnésio e potássio em níveis dentro do proposto pela DRI (Mahan et al., 2012). Neste contexto, a carne suína *in natura* possui características interessantes para o paciente hipertenso, uma vez que conforme demonstrado no item “Micronutrientes” deste capítulo, possui teores moderados a baixos de sódio, bem como excelentes teores de cálcio, potássio e magnésio, quando comparado aos outros tipos de carne.

Vale ressaltar que, oficialmente (Malachias et al., 2016), a terapia nutricional na HA, pode contar com a adoção de dietas DASH (do inglês: *Dietary Approaches to Stop Hypertension*) ou mediterrânea, as quais parecem ser uma boa estratégia para reduzir os níveis pressóricos (Mahan et al., 2012). A dieta DASH é um modelo efetivo na redução do risco cardiovascular, que recomenda limitar o consumo de carne vermelha, especialmente as processadas, a fim de reduzir o consumo de gorduras saturadas e sódio. Embora a carne suína seja uma carne vermelha, em estudo americano foram testados os efeitos da inclusão

de cortes magros de carne de suína em uma dieta DASH. Foi constatado que a utilização de carne de suína magra substituindo frango e peixe não influenciou na eficácia da dieta em reduzir a pressão arterial, portanto, a carne suína pode ser incluída na dieta DASH para redução da pressão arterial (Sayer et al., 2015).

Sobre a dieta mediterrânea, ela é caracterizada pelo alto consumo de azeite de oliva extravirgem, frutas, grãos e nozes, pelo consumo moderado de pescados, aves, ovos e laticínios e pelo baixo consumo de carne vermelha e doces. Estudos transversais, longitudinais e de intervenção indicam que a dieta mediterrânica pode ser eficaz para a prevenção de doenças cardiovasculares e demência. No entanto, alguns autores sugerem que algumas populações podem achar difícil restringir as carnes vermelhas, o que poderia afetar a sustentabilidade a longo prazo da dieta (Wade et al., 2017). Neste contexto, Wade et al. (2017) propuseram um protocolo de ensaio clínico randomizado para avaliar os efeitos cardiovasculares e benefícios cognitivos de uma dieta mediterrânea modificada para incluir 2 a 3 porções semanais de carne suína magra e fresca. Os resultados ainda não foram publicados, e os autores esperam que a pesquisa possa contribuir para aumentar a sustentabilidade e a viabilidade de inclusão desta dieta em uma população não mediterrânica.

Perfil lipídico sérico

Dislipidemia é um termo utilizado para definir alterações no perfil lipídico sanguíneo e de acordo com a última publicação da Sociedade Brasileira de Cardiologia sobre Atualização da Diretriz Brasileira de Prevenção de Dislipidemias e Aterosclerose (Faludi et al., 2017) diversos estudos são contundentes em afirmar que o controle de dislipidemias, especialmente de LDL-colesterol, têm sido correlacionado com redução de risco de eventos e mortalidade por DCV.

Como a carne é uma importante fonte de gordura para a dieta humana, seu consumo pode interferir no perfil lipídico sérico. A introdução deste capítulo, apontou ainda, que em estudos sobre percepção do consumidor a respeito da carne suína geralmente indicam que este possui informações distorcidas sobre a composição de gordura e coles-

terol desta carne (Barcellos et al., 2011a, 2011b). Foi demonstrado aqui que a carne suína apresenta um perfil lipídico equilibrado em consonância com as recomendações da diretriz de dislipidemias e prevenção de aterosclerose (Faludi et al., 2017).

A seguir, serão apresentados alguns resultados de estudos que realizaram avaliações diretas sobre consumo de carne suína e perfil lipídico sérico. Em estudo duplo crossover, randomizado e controlado, em que 44 indivíduos adultos saudáveis foram recrutados para participar, foram avaliados os efeitos da ingestão de carne suína magra e de vitela sobre o perfil lipídico sérico. Os autores consideraram uma ingestão de 150 g de carne (suína ou de vitela) na refeição principal (que era preparada e consumida no local do estudo), durante seis semanas. Após os estágios e a intervenção, verificou-se redução média de 5,5% no LDL-colesterol, sendo que a carne suína magra e a vitela produziram efeitos similares nos perfis lipídicos de indivíduos saudáveis. Portanto, os autores concluíram que o consumo regular e controlado de carne suína, assim como de vitela, pode fazer parte de dietas normais e terapêuticas, sem risco cardiovascular (Rubio et al., 2006).

Existem estudos focados na modificação da dieta de suínos com o objetivo de aumentar o teor de certos AG poli-insaturados, como os ômega-3, na carne suína (Enser et al., 2000; Bertol et al., 2013; Bernardi, 2016). Incorporar estes AG funcionais na carne suína pode colocá-la em outro patamar, ou seja, além da saudabilidade associada ao seu consumo, a presença de AG como o ômega-3 pode promover efeitos fisiológicos funcionais relacionados à redução do risco de ocorrência de muitas doenças (Bernardi et al., 2016). Neste contexto, Stewart et al. (2001) conduziram um estudo avaliando o efeito da inclusão dietética de carne suína com alto teor de AG poli-insaturados em mulheres e verificaram que a ingestão resultou na diminuição do colesterol total e do LDL-colesterol e mudou a composição de AG no plasma e eritrócitos.

Deficiência de ferro

De acordo com a Organização Mundial da Saúde, a anemia é caracterizada por concentração sanguínea de hemoglobina inferior aos valores esperados, de forma que não supre as necessidades corporais (World Health Organization, 2015). A anemia pode trazer sérias repercussões sobre a saúde e estado nutricional do indivíduo, possuindo etiologia multifatorial, porém a deficiência de ferro e certos micronutrientes parece ser a principal causa desta doença mundialmente (Fisberg et al., 2018).

A deficiência de ferro pode ocorrer em qualquer período da vida, porém crianças, adolescentes e mulheres grávidas e no pós-parto são comumente afetados por causa de seus altos requerimentos de ferro (Mahan et al., 2012). A maior parte do ferro utilizado pelo organismo é proveniente da reciclagem de hemácias, porém, a dieta também tem importante papel para atender as demandas corporais. O ferro da dieta pode ser não hemínico (de fontes inorgânicas e vegetais) ou hemínico (de carnes e ovos), sendo este último de mais fácil absorção pelo organismo (Fisberg et al., 2018).

De acordo com MCarthur et al. (2012), o papel da carne suína sobre a deficiência de ferro tem sido pouco explorado. Por este motivo, os autores supracitados realizaram um estudo visando determinar o efeito do consumo de carne suína em comparação com a suplementação nutricional de ferro, sobre o status de ferro e sensação de bem-estar de mulheres jovens. Assim, as participantes receberam uma dieta contendo carne suína ou uma dieta controle com suplementação de ferro por 12 semanas. Os resultados mostraram que o consumo de carne suína por jovens mulheres mantém os níveis de hemoglobina na mesma medida que aqueles promovidos pela suplementação de ferro, além do efeito adicional de melhora no bem-estar e percepção de dor corporal (MCarthur et al., 2012).

Estratégias para aumentar o consumo: foco na qualidade nutricional

Conforme abordado na introdução, a percepção de alguns consumidores sobre a carne suína remete à lembrança da carne de porco produzida em condições de pouca higiene, contendo alto teor de gorduras e colesterol (Barcellos et al., 2011a, 2011b). Este conceito distorcido de consumidores se deve ao desconhecimento dos mesmos quanto aos intensos trabalhos de melhoria nas áreas de genética, nutrição, manejo e sanidade, pois atualmente a carne suína é resultado da evolução tecnológica da agroindústria alimentícia (Rosenvold; Andersen, 2003; Barcellos, 2011a, 2011b).

O setor cárneo se tornou o segundo maior responsável pelas exportações do agronegócio brasileiro, atrás da soja. Ao mesmo tempo, o Brasil alcançou a liderança como o maior exportador de carne de frango e quarto no ranking de exportação de carne suína (Associação Brasileira de Proteína Animal, 2017). Porém, em se tratando do consumo interno de carne suína, de acordo com Barcellos e colaboradores (2011), o principal desafio do setor é recuperar o interesse do consumidor brasileiro por esta carne. Isso porque em 1970 o consumo de carne suína representava 26,2%, de aves 17,3% e bovina 56,3% do total da carne consumida, ao passo que em 2010 este cenário era bem diferente, onde o consumo de carne suína caiu para 15,8%, o de aves aumentou para 46,8% e de bovinos caiu para 37,4% (Tramontini, 2000; Barcellos et al., 2011a). A carne de aves é considerada a mais saudável por 70,8% da população, especialmente pelas mulheres (59,2%), seguido pela carne de bovinos (19%) e de suínos (6,2%) (Faria et al., 2006).

A melhoria na qualidade nutricional da carne suína é conhecida por todos que estão ligados ao setor e, no Brasil, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) teve importante papel neste processo evolutivo. Aliando o balanceamento nutricional das dietas nas quantidades preconizadas para cada etapa de crescimento do leitão, o melhoramento genético, cruzamentos entre diferentes raças e modificações de manejo foi possível a obtenção da redução do teor de gordura nas carcaças concomitantemente ao incremento de outros aspectos nutricionais da carne suína, reforçando a qualidade nutricional

deste alimento (Bertol et al., 2013; Santos Filho; Bertol, 2018). Porém, somente com campanhas competentes de marketing é que será obtido sucesso no repasse destas vantagens ao grande público consumidor.

Neste contexto, a Associação Brasileira de Criadores de Suínos (ABCS), juntamente com outros parceiros, por meio do “Projeto nacional de desenvolvimento da suinocultura”, nos últimos anos vem desenvolvendo uma série de ações com o objetivo de divulgar esta carne, seus benefícios e diferentes aplicações gastronômicas. A carne suína, pela sua diversificação, pode ser transformada em uma série de produtos de qualidade nutricional e palatabilidade excelentes, portanto, publicações e materiais informativos de cunho gastronômico com receitas para aplicação em refeições coletivas, restaurantes, lanchonetes, padarias e o uso cotidiano (disponível em: <http://www.abcs.org.br/materiais-abcs>) foram desenvolvidas, assim como um material sobre incorporação da carne suína na merenda escolar (disponível em: <http://www.abcs.org.br/materiais-abcs>), visto a importância de iniciar esse processo com as crianças. Com foco no aumento de disponibilização de cortes para o consumidor, foi elaborado o Manual Brasileiro de Cortes Suínos (Manual..., 2010). A ABCS também criou canais e programas de incentivo ao consumo da carne suína, como por exemplo a campanha “Um novo olhar sobre a carne suína”.

Difundir para os consumidores, informações sobre a qualidade nutricional, como as discutidas no presente capítulo, pode impulsionar o consumo da carne suína. A televisão (40%), profissionais da saúde, como médicos e nutricionistas (20%), e internet (19%) foram apontados como os principais meios pelos quais os consumidores buscam informações acerca da qualidade nutricional dos alimentos (Madi et al., 2010). Portanto, a utilização de campanhas de televisão e internet, assim como elaboração de materiais informativos para estes profissionais de saúde pode ser positivo.

A inovação no setor também parece ser um importante aliado para impulsionar o consumo e a indústria de carne suína no Brasil. Inovar gera vantagem competitiva para a empresa (Madi et al., 2010). Além disso, Omta e Folstar (2005) apontam que os consumidores esperam melhorias contínuas nos produtos agroalimentares. Desenvolver novas formas de apresentação da carne, com cortes menores e de fácil

e rápido preparo, pode ser uma alternativa para a inovação que atenda a demanda de conveniência e praticidade, apontadas como tendência no consumo de alimentos no Brasil (Madi et al., 2010). Além disso, elaborar cortes frescos com incorporação de ervas e especiarias naturais na composição de temperos pode ser uma alternativa positiva para atender a tendência de saudabilidade e bem-estar (Vialta; Rego, 2014). Em relação às tendências de qualidade e confiabilidade, as indústrias podem inovar por meio da implantação de programas de certificação de origem, pois estes podem aumentar o nível de confiabilidade e segurança dos produtos perante o consumidor (Madi et al., 2010).

Considerações finais e perspectivas futuras

Conforme demonstrado neste capítulo, a carne suína apresenta excelente composição nutricional, sendo destaque o teor proteico e a composição de aminoácidos, o perfil equilibrado de ácidos graxos e os teores elevados de vitaminas do complexo B e alguns minerais. Verificou-se, ainda, que a composição nutricional desta carne pode ser influenciada por diferentes fatores extrínsecos e intrínsecos, o que deveria ser considerado na descrição do corte suíno nos diferentes bancos de dados de alimentos ao redor do mundo, pois desta maneira haveria maior padronização e confiabilidade das informações.

Em relação à importância da carne suína para nutrição e saúde, ficou evidente que ela pode contribuir significativamente para que indivíduos atinjam seus requerimentos nutricionais de macro e micronutrientes. Também foi confirmado que esta carne pode ter papel positivo na manutenção e perda de peso corporal, em doenças cardiovasculares e também na deficiência de ferro. Porém, observou-se uma carência de estudos que avaliem o impacto do consumo da carne suína sobre outras condições relacionadas à saúde, considerando a variedade de nutrientes potencialmente benéficos que ela possui. São escassos os estudos populacionais, e o que se constata é que não existe uma adequada especificação de carne, carne suína, carne magra e produtos cárneos nos trabalhos existentes, ficando difícil comparar resultados obtidos por diferentes trabalhos.

Em relação ao consumo, existe a necessidade de maior divulgação de informações corretas sobre a qualidade nutricional da carne suína e sua influência na saúde, pois estas informações podem ter impacto positivo no consumo, favorecendo assim o todo o setor produtivo.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. **2017 relatório anual**. São Paulo, SP: ABPA, 2017. 134 p. Disponível em: <http://abpa-br.com.br/setores/avicultura/publicacoes/relatorios-aneais/2017>. Acesso em: 4 abr. 2019.

ARAÚJO, W. M. C.; MONTEBELLO, N. P.; BOTELHO, R. B. A.; BORGIO, L. A. **Alquimia dos alimentos**. 3. ed. ver. ampl. Brasília: Editora Senac, 2014. (Série Alimentos e Bebidas). Disponível em: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=c at07070a&AN=senac.39437&lang=pt-br&site=eds-live>. Acesso em: 4 abr. 2019.

ARMERO, E.; FLORES, M.; TOLDRA, F.; BARBOSA, J.; OLIVET, J.; PLA, M.; BASELGA, M. Effects of pig sire type and sex on carcass traits, meat quality and sensory quality of dry-cured ham. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 79, n. 9, p. 1147-1154, 1999.

BAND, G. de O.; GUIMARÃES, S. E. F.; LOPES, P. S.; SCHIERHOLT, A. S.; SILVA, K. M.; PIRES, A. V.; BENEVENUTO, A. A.; GOMIDE, L. A. de M. Relationship between the Porcine Stress Syndrome gene and pork quality traits of F2 pigs resulting from divergent crosses. **Genetics and Molecular Biology**, v. 28, n. 1, p. 88-91, Fev. 2005. DOI: 10.1590/S1415-47572005000100015.

BARCELLOS, M. D. de; DE MELO SAAB, M. S.; PÉREZ-CUETO, F.; PERIN, M. G.; NEVES, M. F.; VERBEKE, W. Pork consumption in Brazil: challenges and opportunities for the Brazilian pork production chain. **Journal on Chain and Network Science**, v. 11, n. 2, p. 99-113, 2011a. DOI: 10.3920/JCNS2011.Qpork3.

BARCELLOS, M. D. de; KRYSTALLIS, A.; DE MELO SAAB, M. S.; KÜGLER, J. O.; GRUNERT, K. G. Investigating the gap between citizens' sustainability attitudes and food purchasing behaviour: empirical evidence from Brazilian pork consumers. **International Journal of Consumer Studies**, v. 35, p. 391-402, Jan. 2011b. DOI: 10.1111/j.1470-6431.2010.00978.x.

BERNARDI, D. M. **Addition of natural products with antioxidant action and flaxseed oil in swine diets: effects on meat and meat product**. Tese (Doutorado). Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Campinas, SP, 2016.

BERNARDI, D. M.; BERTOL, T. M.; PFLANZER, S. B.; SGARBIERI, V. C.; POLLONIO, M. A. R. ω -3 in meat products: benefits and effects on lipid oxidative stability. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 96, n. 8, p. 2620-2634, June 2016. DOI: 10.1002/jsfa.7559.

BERTOL, T. M.; CAMPOS, R. M. L. de; LUDKE, J. V.; TERRA, N. N.; FIGUEIREDO, E. A. P. de; COLDEBELLA, A.; SANTOS FILHO, J. I. dos; KAWSKY, V. L.; LEHR, N. M. Effects of genotype and dietary oil supplementation on performance, carcass traits, pork quality and fatty acid composition of backfat and intramuscular fat. **Meat Science**, v. 93, p. 507-516, Mar. 2013. DOI: 10.1016/j.meatsci.2012.11.012.

BERTOL, T. M.; OLIVEIRA, E. A.; COLDEBELLA, A.; KAWSKI, V. L.; SCANDOLERA, A. J.; WARPECHOWSKI, M. B. Meat quality and cut yield of pigs slaughtered over 100 kg live weight. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 67, n. 4, p. 1166-1174, 2015. DOI: 10.1590/1678-4162-8113.

BERTOL, T. M.; COLDEBELLA, A.; SANTOS FILHO, J. I. dos; GUIDONI, A. L. Swine carcasses classified by degree of exudation and marbling content. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 2, p. 121-128, Feb. 2017. DOI: 10.1590/s0100-204x2017000200006.

BERTOL, T. M.; SANTOS FILHO, J. I. dos; COLDEBELLA, A.; KAWSKI, V. L.; MARINHO, A. L. Efeito do peso de abate sobre a qualidade da carne. In: SANTOS FILHO, J. I. DOS; BERTOL, T. M. (Ed.). **Questões técnicas do peso de abate em suínos**. 1. ed. Brasília: EMBRAPA, 2018. p. 110.

BRAGAGNOLO, N.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Teores de colesterol, lipídios totais e ácidos graxos em cortes de carne suína. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 22, n. 1, p. 98-104, 2002. DOI: 10.1590/S0101-20612002000100018.

BRIDI, A. M.; DE OLIVEIRA, A. R.; DA FONSECA, N. A.; COUTINHO, L. L.; HOSHI, E. H.; BOROSKY, J. C.; DA SILVA, C. A. Effects of ractopamine and gender on performance and carcass quality of swine with different halothane genotypes. **Semina-Ciências Agrárias**, v. 29, n. 3, p. 713-722, Dec. 2008.

BRIDI, A. M.; SILVA, C. A. da. Qualidade da carne suína e fatores que influenciam. In: SIMPÓSIO BRASIL SUL DE SUINOCULTURA, 6.; BRASIL SUL PIG FAIR, 5., 2013, Chapecó. **Anais...** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2013. p. 1-17.

CANDEK-POTOKAR, M.; ŠKRLEP, M. Factors in pig production that impact the quality of dry-cured ham: a review. **Animal**, v. 6, n. 2, p. 327-338, Feb. 2012. DOI: 10.1017/S1751731111001625.

CHAGAS, D. C. A. das. **Deteção dos genes halotano e rendimento nápole em plantéis de suínos no Distrito Federal e entorno**. 2014. xiii, 49 f., il. Dissertação (Mestrado em Saúde Animal) - Universidade de Brasília, Brasília.

CHARLTON, K. E.; TAPSELL, L. C.; BATTERHAM, M. J.; THORNE, R.; O'SHEA, J.; ZHANG, Q.; BECK, E. J. Pork, beef and chicken have similar effects on acute satiety and hormonal markers of appetite. **Appetite**, v. 56, n. 1, p. 1-8, Feb. 2011. DOI: 10.1016/j.appet.2010.10.013.

COZZOLINO, S. M. F.; COMINETTI, C. **Bases bioquímicas e fisiológicas da nutrição nas diferentes fases da vida, na saúde e na doença**. Barueri: Manole, 2013.

DALLA COSTA, O. A.; LUDKE, J. V.; COSTA, M. J. R. P.; FAUCITANO, L.; PELOSO, J. V.; DALLA ROZA, D. Effect of pre-slaughter conditions on meat quality of heavy-weight pigs. **Archivos de Zootecnia**, v. 59, n. 227, p. 391-402, 2010.

DASZKIEWICZ, T.; BAK, T.; DENABURSKI, J. Quality of pork with a different intramuscular fat (IMF) content. **Polish Journal of Food and Nutrition Sciences**, v. 14/55, n. 1, p. 31-36, 2005.

DIETARY reference intakes. Washington, DC: National Academy Press, 1997.

DIETARY reference intakes for thiamin, riboflavin, niacin, vitamin B6, folate, vitamin B12, pantothenic acid, biotin, and choline. Washington, DC: National Academy Press, 1998.

DIETARY reference intakes for vitamin C, vitamin E, selenium, and carotenoids. Washington, DC: National Academy Press, 2000.

DIETARY reference intakes for vitamin a, vitamin K, arsenic, boron, chromium, copper, iodine, iron, manganese, molybdenum, nickel, silicon, vanadium, and zinc. Washington, DC: National Academy Press, 2001.

DIETARY reference intakes for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein, and amino acids (macronutrients). Washington, DC: National Academy Press, 2005.

DIETARY reference intakes for calcium and vitamin D. Washington, DC: National Academy Press, 2011.

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**, v. 55, n. 2, p. 201-212, June 2000. DOI: 10.1016/S0309-1740(99)00144-8.

FALUDI, A. A.; IZAR, M. C. O.; SARAIVA, J. F. K.; CHACRA, A. P. M.; BIANCO, H. T.; AFIUNE NETO, A.; BERTOLAMI, A.; PEREIRA, A. C.; LOTTENBERG, A. M.; SPOSITO, A. C.; CHAGAS, A. C. P.; CASELLA-FILHO, A.; SIMÃO, A. F.; ALENCAR FILHO, A. C.; CARAMELLI, B.; MAGALHÃES, C. C.; MAGNONI, D.; NEGRÃO, C. E.; FERREIRA, C. E. S.; AL., E. Atualização da diretriz Brasileira de dislipidemias e Prevenção da aterosclerose. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 109, p. 91, July 2017. DOI: 10.5935/abc.20170121.

FARIA, I. G.; FERREIRA, J. M.; GARCIA, S. K. Mercado consumidor de carne suína e derivados em Belo Horizonte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 58, n. 2, p. 251-256, 2006.

FISBERG, M.; LYRA, I.; WEFFORT, V. (Coord.) Consenso sobre anemia ferropriva: mais que uma doença, uma urgência médica! **Sociedade Brasileira de Pediatria. Diretrizes. Departamento de Nutrologia e Hematologia-Hemoterapia**, n. 2, 24 jun. 2018. Disponível em: https://www.sbp.com.br/fileadmin/user_upload/21019f-Diretrizes_Consenso_sobre_anemia_ferropriva-ok.pdf. Acesso em: 12 ago. 2019.

GISPERT, M.; ÀNGELS OLIVER, M.; VELARDE, A.; SUAREZ, P.; PÉREZ, J.; FONT, I.; FURNOLS, M. Carcass and meat quality characteristics of immunocastrated male, surgically castrated male, entire male and female pigs. **Meat Science**, v. 85, n. 4, p. 664-670, Aug. 2010. DOI: 10.1016/j.meatsci.2010.03.021.

HUGO, A.; ROODT, E. Significance of porcine fat quality in meat technology: a review. **Food Reviews International**, v. 23, n. 2, p. 175-198, Mar. 2007. DOI: 10.1080/87559120701225037.

JENSEN, I. J.; DORT, J.; EILERTSEN, K. E. Proximate composition, antihypertensive and antioxidative properties of the *semimembranosus* muscle from pork and beef after cooking and *in vitro* digestion. **Meat Science**, v. 96, n. 1, p. 916-921, Feb. 2014. DOI: 10.1016/j.meatsci.2013.10.014.

MADI, L.; COSTA, A. C. P. B.; REGO, R. A. (Coord.) Brasil food trends 2020. Campinas: FIESP: ITAL, 2010. 176 p.

MAGANHINI, M. B.; MARIANO, B.; SOARES, A. L.; GUARNIERI, P. D.; SHIMOKOMAKI, M.; IDA, E. I. Carnes PSE (pale, soft, exudative) e DFD (dark, firm, dry) em lombo suíno numa linha de abate industrial. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, p. 69-72, Aug. 2007. DOI: 10.1590/S0101-20612007000500012.

MAHAN, L. K.; ESCOTT-STUMP, S.; RAYMOND, J. L. Krause. **Alimentos, nutrição e dietoterapia**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

MALACHIAS, M.; SOUZA, W.; PLAVNIK F. L.; RODRIGUES, C.; BRANDÃO, A. 7ª diretriz brasileira de hipertensão arterial. **Arquivos Brasileiro de Cardiologia**, v. 107, n. 3, 2016.

MANUAL brasileiro de cortes suínos. Brasília: ABCS, 2010. 56. p. il. color.

MARCHINI, J. S.; VANNUCCHI, H.; SUEN, V. M. M.; DA CUNHA, S. F. C. **Aminoácidos**. São Paulo, SP: ILSI Brasil International Life Sciences Institute do Brasil, 2016.

MCARTHUR, J. O.; PETOCZ, P.; CATERSON, I. D.; SAMMAN, S. A randomized controlled trial in young women of the effects of consuming pork meat or iron supplements on nutritional status and feeling of well-being. **Journal of the American College of Nutrition**, v. 31, n. 3, p. 175-184, June 2012.

MELO, D. S.; FARIA, P. B.; CANTARELLI, V. S.; ROCHA, M. F. M.; PINTO, A. M. B. G.; RAMOS, E. M. Qualidade da carne de suínos com uso de glicerina na alimentação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 66, n. 2, p. 583-592, 2014.

MIELE, M. Consumo de carne suína no Brasil: indicadores, evolução e diferenças regionais. **Suinocultura Industrial**, v. 33, n. 239, p. 14-23, 2011.

MILLER, M.; STONE, N. J.; BALLANTYNE, C.; BITTNER, V.; CRIQUI, M. H.; GINSBERG, H. N.; AL, E. American Heart Association Clinical Lipidology, Thrombosis, and Prevention Committee of the Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism; Council on Arteriosclerosis, Thrombosis and Vascular Biology; Council on Cardiovascular Nursing; Council on the Kidney in Cardiovascular Disease. Triglycerides and cardiovascular disease: a scientific statement from the American Heart Association. **Circulation**, v. 123, n. 20, p. 2292-333, 2011.

MURPHY, M. M.; SPUNGEN, J. H.; BI, X.; BARRAJ, L. M. Fresh and fresh lean pork are substantial sources of key nutrients when these products are consumed by adults in the United States. **Nutrition Research**, v. 31, n. 10, p. 776-783, Oct. 2011. DOI: 10.1016/j.nutres.2011.09.006.

MURPHY, K.; PARKER, B.; DYER, K.; DAVIS, C.; COATES, A.; BUCKLEY, J.; HOWE, P. A comparison of regular consumption of fresh lean pork, beef and chicken on body composition: a randomized cross-over trial. **Nutrients**, v. 6, n. 2, p. 682-696, Feb. 2014. DOI: 10.3390/nu6020682.

NAGAO, M.; ISO, H.; YAMAGISHI, K.; DATE, C.; TAMAKOSHI, A. Meat consumption in relation to mortality from cardiovascular disease among Japanese men and women. **European Journal of Clinical Nutrition**, v. 66, n. 6, p. 687-693, Jun. 2012. DOI: 10.1038/ejcn.2012.6.

NATIONAL PORK BOARD. **World per capita pork consumption**. 2017. Disponível em: <https://www.pork.org/>. Acesso em: 4 abr. 2019.

NOLAN-CLARK, D. J.; NEALE, E. P.; CHARLTON, K. E. **Health benefits of pork consumption in the diets of Australian children**. Willaston, South Australia: Co-operative Research Centre for High Integrity Australian Pork, Dec. 2012. 64 p.

OMTA, S. W. F.; FOLSTAR, P. Integration of innovation in the corporate strategy of agrifood companies. In: JONGEN, W. M. H.; MEULENBERG, M. T. G. (Ed.). **Innovation in agri-food systems**. Wageningen, the Netherlands: Wageningen Academic Publishers, 2005. p. 223-246.

ORDOÑEZ, J. A. **Tecnología de alimentos: alimentos de origem animal**. Porto Alegre: Artmed, 2005. v. 2. 279 p.

PACHECO, G. D.; BRIGANÓ, M. V.; OBA, A.; W, P. J.; FONSECA, N. A. N.; BRIDI, A. M.; SILVA, C. A. Efeitos da restrição alimentar seguida de ganho compensatório sobre a qualidade da carne de suínos. **Archivos de Zootecnia**, v. 56, n. 216, p. 895-906, 2007.

PELOSO, J. V.; LOPES, P. S.; GOMIDE, L. A. M.; GUIMARÃES, S. E. F.; CARNEIRO, P. L. S. Carcass and ham quality characteristics of heavy pigs from different genetic groups intended for the production of dry-cured hams. **Meat Science**, v. 86, n. 2, p. 371-376, Oct. 2010. DOI: 10.1016/j.meatsci.2010.05.017.

PEREIRA, P. M. de C. C.; VICENTE, A. F. dos R. B. Meat nutritional composition and nutritive role in the human diet. **Meat Science**, v. 93, n. 3, p. 586-592, Mar. 2013. DOI: 10.1016/j.meatsci.2012.09.018.

REIG, M.; ARISTOY, M. C.; TOLDRÁ, F. Variability in the contents of pork meat nutrients and how it may affect food composition databases. **Food Chemistry**, v. 140, n. 3, p. 478-482, Oct. 2013. DOI: 10.1016/j.foodchem.2012.11.085.

ROSA, A. F.; GOMES, J. D. F.; MARTELLI, M. D. R.; SOBRAL, P. J. D. A.; LIMA, C. G. De. Qualidade da carne de suínos de três linhagens genéticas comerciais em diferentes pesos de abate. **Ciência Rural**, v. 38, n. 5, p. 1394-1401, 2008.

ROSENVOLD, K.; LAERKE, H. N.; JENSEN, S. K.; KARLSSON, A. H.; LUNDSTRM, K.; ANDERSEN, H. J. Manipulation of critical quality indicators and attributes in pork through vitamin E supplementation, muscle glycogen reducing finishing feeding and pre-slaughter stress. **Meat Science**, v. 62, n. 4, p. 485-496, Dec. 2002. DOI: 10.1016/S0309-1740(02)00045-1.

ROSENVOLD, K.; ANDERSEN, H. J. Factors of significance, for pork quality: a review. **Meat Science**, v. 64, n. 3, p. 219-237, July 2003. DOI: 10.1016/S0309-1740(02)00186-9.

RUBIO, J. A.; RUBIO, M. A.; CABRERIZO, L.; BURDASPAL, P.; CARRETERO, R.; GÓMEZ-GERIQUE, J. A.; MONTOYA, M. T.; MAESTRO, M. L.; SANZ, M. T.; FERNÁNDEZ, Y. C. Effects of pork vs veal consumption on serum lipids in healthy subjects. **Nutricion Hospitalaria**, v. 21, n. 1, p. 75-83, Jan./Feb. 2006.

SANTOS, R. D.; GAGLIARDI, A. C.; XAVIER, H. T.; MAGNONI, C. D.; CASSANI, R.; LOTTENBERG, A. M.; AL, E. I. Diretriz sobre o consumo de gorduras e saúde cardiovascular. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 100, n. 1, supl. 3, Jan. 2013.

SANTOS FILHO, J. I. dos; BERTOL, T. M. **Questões técnicas do peso de abate em suínos**. 1a. ed. Brasília: EMBRAPA, 2018.

SAYER, R. D.; WRIGHT, A. J.; CHEN, N.; CAMPBELL, W. W. Dietary approaches to stop hypertension diet retains effectiveness to reduce blood pressure when lean pork is substituted for chicken and fish as the predominant source of protein. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 102, n. 2, p. 302-308, 2015. Disponível em: http://publicacoes.cardiol.br/consenso/2013/Diretriz_Gorduras.pdf. Acesso em: 12 ago. 2019.

SGARBIERI, V. C. **Proteínas em alimentos proteicos**. São Paulo: Varela, 1996.

SOUZA, R. R.; OLIVEIRA, R. P.; RODRIGUES, R. D.; FERREIRA, S. S.; RODRIGUES, G. M.; NASCIMENTO, F. G. O. Carne suína PSE e sua correlação com qualidade: uma revisão de literatura. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, v. 20, p. 1-17, 2013.

STEWART, J. W.; KAPLAN, M. L.; BEITZ, D. C. Pork with a high content of polyunsaturated fatty acids lowers LDL cholesterol in women. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 74, n. 2, p. 179-187, Aug. 2001. DOI: 10.1093/ajcn/74.2.179.

TABELA brasileira de composição de alimentos. 4. ed. rev. ampl. Campinas: NEPA - Unicamp, 2011. 164 p. Disponível em: http://www.nepa.unicamp.br/taco/contar/taco_4_edicao_ampliada_e_revisada.pdf?arquivo=taco_4_versao_ampliada_e_revisada.pdf. Acesso em: 4 abr. 2019.

TECHNICAL UNIVERSITY OF DENMARK. National Food Institute. **Danish Food Composition Database**. Ed. 7.01. Søborg: DTU, 2009. Disponível em: http://www.foodcomp.dk/v7/fcdb_default.asp. Acesso em: 5 abr. 2019.

TRAMONTINI, P. Consumo da carne suína: a experiência Brasileira. In: Proceedings of the 5th International Seminar on Pig Production, 27 and 28 September 2000, São Paulo. **Anais...** São Paulo: 2000.

USDA. Department of Agriculture. **United States USDA national nutrient database for standard reference**. Release 28. Washington D.C.: Department of Agriculture (USDA), 2018.

VIALTA, A.; REGO, R. A. **Brasil ingredients trends 2020**. Campinas: FIESP: ITAL, 2014. 394 p.

WADE, A. T.; DAVIS, C. R.; DYER, K. A.; HODGSON, J. M.; WOODMAN, R. J.; KEAGE, H. A. D.; MURPHY, K. J. Including pork in the mediterranean diet for an Australian population: protocol for a randomised controlled trial assessing cardiovascular risk and cognitive function. **Nutrition Journal**, v. 16, n. 1, p. 1-19, Dec. 2017. DOI: 10.1186/s12937-017-0306-x.

WESTERTERP-PLANTENGA, M. S.; NIEUWENHUIZEN, A.; TOMÉ, D.; SOENEN, S.; WESTERTERP, K. R. Dietary protein, weight loss, and weight maintenance. **Annual Review of Nutrition**, v. 29, n. 1, p. 21-41, 2009.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **The global prevalence of anaemia in 2011**. Geneva, 2015. 48 p.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. FAO. UNU. **Protein and Amino Acid Requirements in Human Nutrition**. Geneva, 2007. 284 p. (WHO Technical Report Series, 935).

WOOD, J. D.; ENSER, M.; FISHER, A. V.; NUTE, G. R.; SHEARD, P. R.; RICHARDSON, R. I.; HUGHES, S. I.; WHITTINGTON, F. M. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: a review. **Meat Science**, v. 78, n. 4, p. 343-358, Apr. 2008. DOI: 10.1016/j.meatsci.2007.07.019.

WOOD, J. D.; RICHARDSON, R. I.; NUTE, G. R.; FISHER, A. V.; CAMPO, M. M.; KASAPIDOU, E.; SHEARD, P. R.; ENSER, M. Effects of fatty acids on meat quality: a review. **Meat Science**, v. 66, n. 1, p. 21-32, Jan. 2004. DOI: 10.1016/S0309-1740(03)00022-6.

WYNESS, L.; WEICHELBAUM, E.; O'CONNOR, A.; WILLIAMS, E. B.; BENELAM, B.; RILEY, H.; STANNER, S. Red meat in the diet: an update. **Nutrition Bulletin**, v. 36, n. 1, p. 34-77, 2011. DOI: 10.1111/j.1467-3010.2010.01871.x.

ZENEBO, O.; PASCUET, N. S.; TIGLEA, P. (Coord.). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo, SP: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020 p. Disponível em: http://www.ial.sp.gov.br/resources/editorinplace/ial/2016_3_19/analisedealimentosial_2008.pdf. Acesso em: 5 abr. 2019.

Capítulo 4

Efeito da composição dos lipídios da dieta sobre a composição dos lipídios corporais e suas implicações sobre a qualidade da carne e dos produtos processados

Teresinha Marisa Bertol



Introdução

Em suínos, a composição da gordura é influenciada por fatores intrínsecos e extrínsecos. Entre os fatores intrínsecos, podem ser citados o tipo de depósito, a localização corporal e o grau de adiposidade das carcaças. Este último está intimamente ligado aos diferentes genótipos ou raças em função do maior ou menor grau de melhoramento para produção de carne com teor reduzido de gordura. Observa-se um gradiente de aumento da saturação da gordura das camadas externas para as internas, incluindo a gordura intermuscular (Warnants et al., 1998; Monziols et al., 2007) e a intramuscular (Mas et al., 2011; Bertol et al., 2013a; Bernardi, 2016). Além disso, a gordura localizada nas partes dianteiras do animal tende a ser mais saturada do que a das partes traseiras. Quanto ao grau de adiposidade das carcaças, os suínos de genótipos mais magros apresentam gordura menos saturada do que os de genótipos mais gordos (Lo Fiego et al., 2005; Bertol et al., 2013a). Uma possível explicação para isso é a menor taxa de síntese *de novo* dos lipídios nos suínos mais magros, o que resulta em maior proporção de ácidos graxos poli-insaturados originários da dieta incorporados na gordura corporal (Monziols et al., 2007). Porém, independentemente da localização anatômica e do grau de adiposidade, a composição da gordura corporal é influenciada por fatores extrínsecos, entre os quais o mais importante é a dieta.

O fornecimento de gordura na dieta reduz a lipogênese (Alle et al., 1971; Smith et al., 1996), portanto, possibilita a deposição de ácidos graxos diretamente na gordura corporal. Os ácidos graxos com maior potencial de alteração na gordura corporal por efeito da dieta são os essenciais (C18:2 e C18:3), que somente são depositados se forem fornecidos via dieta, enquanto que os que podem ser sintetizados *de novo* são mais estáveis. Normalmente, a quantidade de ácidos graxos não essenciais depositada nos tecidos é maior do que a quantidade ingerida devido à síntese *de novo*, enquanto que no caso dos ácidos graxos essenciais a quantidade depositada é menor do que a ingerida. Estima-se que aproximadamente 67% do ácido graxo C18:2, 69% da família n-6 e 48% do ácido graxo C18:3 digeridos são depositados diretamente nos tecidos (Kloareg et al., 2005).

Efeito da matriz de macroingredientes da dieta sobre a qualidade da gordura

Uma ampla variedade de ingredientes apta a compor as dietas dos suínos está disponível em diferentes regiões do Brasil e do mundo. Por exemplo, no Brasil o milho e o farelo de soja são os principais ingredientes para as dietas desses animais. O mesmo ocorre nos EUA, porém, naquele país há grande disponibilidade de DDGS, que também começa e se tornar disponível no Brasil. Por outro lado, na Europa, a base da alimentação dos suínos e aves são os cereais de inverno, a colza e outros ingredientes originários da América do Sul, África e Ásia, constituindo-se em uma matriz de ingredientes mais diversificada do que a do Brasil e EUA. Estes ingredientes contêm níveis variados de óleo com diferentes perfis de ácidos graxos (Tabela 1), e, apesar do seu baixo teor de lipídios, quando incluídos em elevadas proporções nas dietas, imprimem diferentes perfis de ácidos graxos na gordura corporal dos suínos (Tabela 2).

Observa-se que o óleo presente nos cereais de inverno tem índice de iodo menor do que o óleo contido no milho e na soja, portanto, com potencial para produção de gordura corporal mais saturada quando utilizados para compor as dietas. Além disso, com exceção da aveia, os cereais de inverno apresentam teor de extrato etéreo menor do que o milho, o que reduz a interferência da dieta na composição da gordura corporal, pois privilegia a síntese *de novo* (ácidos graxos saturados e monoinsaturados) em detrimento da deposição de ácidos graxos provenientes da dieta.

A gordura corporal de um suíno alimentado com uma dieta semi-purificada contendo níveis mínimos de extrato etéreo apresenta aproximadamente 40% de ácidos graxos saturados (SFA), 50% de ácidos graxos monoinsaturados (MUFA) e pouco mais de 8% de ácidos graxos poli-insaturados (PUFA) na carcaça integral (Realini et al., 2010; Tabela 2).

Tabela 1. Conteúdo de lipídios e perfil de ácidos graxos de fontes energéticas e fontes proteicas utilizadas na produção de suínos e aves.

Ingrediente	Extrato etéreo (%)	Composição (% do extrato etéreo)			Índice de iodo	Fonte
		SFA	MUFA	PUFA		
Fontes energéticas						
Milho (grão)	3,48	13,59	26,39	45,61	107,54	National Research Council (2012)
Sorgo (grão)	3,42	13,88	30,09	41,52	104,08	National Research Council (2012)
Sorgo (grão)	3,46	17,63	32,69	45,03	-	USDA (2018)
Cevada (grão)	2,11	19,38	10,75	48,25	101,46	National Research Council (2012)
Cevada (grão perolizado)	1,16	21,03	12,84	48,28	-	USDA (2018)
Arroz (farelo integral)	13,77	19,31	36,21	35,77	98,72	National Research Council (2012)
DDGS (< 4% de óleo)	3,57	9,75	20,48	43,13	97,17	National Research Council (2012)
Aveia (grão)	5,42	16,49	31,57	36,74	96,36	National Research Council (2012)
Triticale (grão)	1,77	15,69	10,10	43,73	90,95	National Research Council (2012)
Triticale (grão)	2,09	17,51	10,10	43,68	-	USDA (2018)
Trigo vermelho duro (grão)	1,82	16,1	12,99	40,71	87,03	National Research Council (2012)
Mandioca (farinha/raspa)	0,94	32,80	28,72	19,20	66,23	National Research Council (2012)

Continua...

Tabela 1. Continuação.

Ingrediente	Extrato etéreo (%)	Composição (% do extrato etéreo)			Índice de iodo	Fonte
		SFA	MUFA	PUFA		
Fontes proteicas						
Girassol (torta)	3,06	8,32	15,59	54,04	111,93	National Research Council (2012)
Soja (farelo) (IFN #: 5-04-612)	1,52	10,80	16,43	45,38	102,03	National Research Council (2012)
Algodão (farelo)	5,50	25,09	17,92	46,79	101,04	National Research Council (2012)
Algodão (farelo)	6,20	25,61	18,27	47,71	-	USDA (2018)
Canola (farelo)	3,22	4,88	46,72	24,24	93,13	National Research Council (2012)

Tabela 2. Conteúdo de SFA, MUFA, PUFA e ácidos graxos ômega-3 obtido na gordura de suínos alimentados com dietas baseadas em diferentes fontes energéticas e sem gordura suplementar.

Ingrediente	Porção avaliada	Composição (% do extrato etéreo)				Índice de iodo	Fonte
		SFA	MUFA	PUFA	Ômega-3		
Dieta semipurificada	Carcaça integral	40,6	51,0	8,32	0,65	56,55	Realini et al. (2010)
Trigo e cevada	Toucinho	41,0	48,2	10,7	0,67	59,42	Lauridsen et al. (1999)
Milho	Toucinho	37,45	46,47	14,41	0,68	65,34	Campos et al. (2006)
Milho	Pernil	34,66	46,75	15,82	0,99	68,21	Campos et al. (2006)
Milho	Papada	35,12	49,88	13,73	0,51	66,50	Ying et al. (2013)
Milho e farelo de arroz	Toucinho	30,03	42,83	23,41	1,34	78,60	Campos et al. (2006)
Milho e farelo de arroz	Pernil	31,62	42,75	21,44	1,45	74,74	Campos et al. (2006)
DDGS	Papada	32,07	45,93	20,61	0,64	74,66	Ying et al. (2013)

Portanto, esse perfil de ácidos graxos é típico da gordura suína na ausência de interferência da gordura dietética, quando o animal tem a oportunidade de expressar seu potencial natural para síntese de ácidos graxos. A farinha e a raspa de mandioca apresentam níveis mínimos de gordura, permitindo aos animais uma maior expressão desse potencial natural quando este ingrediente é utilizado como principal fonte de energia na dieta. Quando se usa dietas baseadas em cereais de inverno e farelo de soja, a proporção dos SFA altera-se pouco em relação ao obtido com uma dieta semipurificada, o conteúdo de MUFA cai ligeiramente para 48% e o de PUFA aumenta ligeiramente para próximo de 11% (Lauridsen et al., 1999). Porém, quando se utiliza dietas cujos principais ingredientes são o milho e o farelo de soja, as proporções de SFA e de MUFA caem para 35% a 37% e 46%, respectivamente, e a de PUFA aumenta para 14% a 16% (Campos et al., 2006; Ying et al., 2013). Em consequência disso, o índice de iodo da gordura aumenta aproximadamente 6 pontos em relação ao obtido com dietas baseadas em cereais de inverno. Reduções ainda maiores no conteúdo de SFA e aumentos no conteúdo de PUFA são obtidos com o uso de DDGS na dieta, chegando a níveis de 32% de SFA e 20% de PUFA na gordura corporal (Ying et al., 2013), com consequente aumento do índice de iodo. É importante observar que o aumento do conteúdo de PUFA na gordura corporal dos suínos alimentados tanto com as dietas baseadas em DDGS, milho ou cereais de inverno, se dá a partir do aumento dos ácidos graxos ômega-6, uma vez que o conteúdo de ácidos graxos ômega-3 varia menos de 0,50% com estes três tipos de dietas em comparação com o observado nos animais alimentados com uma dieta semipurificada. Portanto, dentre os principais alimentos utilizados na produção de suínos no mundo, o DDGS e o milho levam à redução dos SFA e MUFA e aumento dos PUFA ômega-6, enquanto que os cereais de inverno levam a uma leve redução dos MUFA e aumento menos acentuado dos PUFA ômega-6, o que representa um aumento da insaturação da gordura, porém, sem os benefícios dos ácidos graxos ômega-3. Em consequência disso, observa-se que o toucinho dos suínos alimentados com dietas baseadas em milho apresenta relação ômega-6/ômega-3 superior em aproximadamente cinco pontos, comparado com o toucinho daqueles alimentados com cereais de inverno. Muitas outras matérias-primas passíveis de uso na alimentação dos suínos estão disponíveis em menor escala do

que as citadas acima, as quais por possuírem conteúdo variado de gordura, assim como diferentes perfis de ácidos graxos, podem imprimir características específicas na gordura suína, dependendo do seu nível de inclusão nas dietas e do tempo de fornecimento.

Considerando a variabilidade na composição da gordura suína em função do depósito corporal, do genótipo e do efeito da dieta, ao se avaliar o potencial para manipulação da composição da gordura suína para incremento de ácidos graxos específicos, é necessário levar em conta qual o padrão a ser atingido, bem como quais alimentos já são utilizados para compor a base da dieta dos suínos em cada situação específica.

Enriquecimento da gordura suína com ácidos graxos específicos através do uso de dietas especiais

A alteração intencional do perfil de ácidos graxos da gordura corporal de suínos através da alimentação tem sido intensivamente estudada em monogástricos, em vista da possibilidade de produção de produtos cárneos enriquecidos com características sensoriais específicas ou com apelo como produto mais saudável. Esse efeito tem sido comprovado em vários estudos, nos quais diferentes fontes de ácidos graxos foram fornecidas via dieta principalmente na fase de terminação dos suínos (Zanardi et al., 1998; Lauridsen et al., 1999; Enser et al., 2000; Kouba et al., 2003; Nuernberg et al., 2005; Teye et al., 2006; Apple et al., 2009a; Apple et al., 2009b; Apple et al., 2009c; Olivares et al., 2009; Juárez et al., 2010; Benz et al., 2011; Bertol et al., 2013a; Martínez-Ramírez et al., 2014; Bernardí, 2016). Essas alterações no perfil dos ácidos graxos têm sido observadas em diferentes localizações anatômicas na carcaça, resultando em gorduras enriquecidas com MUFA, CLA ou ácidos graxos ômega-3, e com variada e substancial redução da relação ômega-6/ômega-3.

As gorduras animais e os óleos vegetais podem ser separados em grupos específicos de acordo com sua composição. O sebo bovino, o óleo de palma e a gordura de coco são ricos em ácidos graxos saturados, com mais de 50% de ácidos graxos deste grupo em sua composição

(Tabela 3). Os óleos de oliva e canola são ricos em ácidos graxos monoinsaturados, enquanto que os óleos de amendoim, gergelim, girassol e arroz apresentam um equilíbrio entre o conteúdo de MUFA e PUFA ômega-6, com baixo conteúdo de ômega-3. Por outro lado, os óleos de milho, algodão, cártamo e soja apresentam predominância de ácidos graxos ômega-6, com conteúdo superior a 60% destes ácidos graxos em relação aos ácidos graxos totais. Finalmente, os óleos de linho e de pescado são ricos em ácidos graxos ômega-3, sendo que no linho predomina o ácido graxo alfa-linolênico, enquanto que no óleo de pescado predominam os ácidos graxos ômega-3 de cadeia longa (eicosapentaeico - EPA e docosahexanoico - DHA). É importante mencionar também o conteúdo de ácidos graxos ômega-3 dos óleos de canola e soja, na faixa de 7% a 10%. Entretanto, o conteúdo de ácidos graxos PUFA do óleo de soja é o dobro daquele do óleo de canola.

Tabela 3. Ácidos graxos predominantes em óleos e gorduras e efeitos esperados sobre a composição da gordura corporal quando de seu fornecimento via dieta.

Óleos e gorduras	Ácidos graxos predominantes (%)				Efeito sobre a gordura corporal
	SFA	MUFA	PUFA ômega-6	PUFA ômega-3	
Gordura de coco	+ de 90				+ SFA, + MUFA
Sebo bovino, óleo de palma	+ de 50				+ SFA, + MUFA
Olíva		+ de 70			+ MUFA
Canola, colza		+ de 50		10	+ MUFA, + ômega-3
Amendoim, gergelim e girassol		40 a 45	30 a 40		+MUFA, ++ ômega-6
Arroz		43	30	1,5	++ ômega-6, + ômega-3
Milho, algodão e cártamo			+ de 70		++ ômega-6
Soja			60	7	++ ômega-6, + ômega-3
Linho				+ de 50	+ ômega-6, ++ ômega-3
Óleo de pescado				18 a 30	+ ômega-6, ++ ômega-3

Ácidos graxos poli-insaturados

O enriquecimento da gordura suína com PUFA pode ser obtido através da inclusão de ingredientes na dieta animal, tais como semente ou óleo de linho, óleo de pescado, óleo de girassol, óleo de soja, entre outros (Larick et al., 1992; Kouba et al., 2003; Realini et al., 2010; Juárez et al., 2010; Juárez et al., 2011; Bertol et al., 2013a). Os ácidos graxos poli-insaturados não podem ser sintetizados no organismo, mas o tecido adiposo responde rapidamente com sua incorporação em resposta à suplementação na dieta (Tabela 4).

Os ácidos graxos ω -3 desempenham papel fundamental no organismo, pois agem de diversas formas para o adequado funcionamento do organismo e a manutenção da saúde. O ácido graxo alfa-linolênico é o principal componente desse grupo nos produtos de origem vegetal, do qual derivam outros ácidos graxos ω -3, tais como o EPA e o DHA, os quais, dentre outras funções, têm efeitos cardio-protetor, anti-inflamatório e antitrombótico. Além disso, são essenciais para o desenvolvimento do sistema nervoso durante a formação do feto, melhorando a capacidade cognitiva e a coordenação motora na infância, além de contribuírem para a prevenção ou retardamento do aparecimento de doenças degenerativas (Simopoulos, 2002; Calder et al., 2006; Russo, 2009). No entanto, além dos níveis de ω -3 na dieta, a relação ω -6/ ω -3 é muito importante, devido à competição desses dois grupos de ácidos graxos pelas enzimas responsáveis pela formação de seus derivados, os quais são em última instância os responsáveis pelos efeitos benéficos ou deletérios sobre a saúde humana (Simopoulos, 2002). Portanto, o consumo de alimentos de origem animal enriquecidos com ácidos graxos ômega-3, principalmente os de cadeia longa (EPA e DHA) e reduzida relação ω -6/ ω 3 poderá ter impacto positivo na saúde dos consumidores. Simopoulos (2002) recomenda relações ω -6/ ω -3 para a dieta humana de 1:1 a 4:1, dependendo da condição específica de saúde do indivíduo. Por outro lado, a Organização Mundial da Saúde recomenda que a relação ω -6/ ω -3 da dieta humana permaneça na faixa entre 5:1 a 10:1 (World Health Organization, 1995; World Health Organization, 2008). Essas relações estão aquém do encontrado na gordura de suínos alimentados com dietas convencionais, como pode ser visto na Tabela 2. Em função disso, a elevação do conteúdo de ácidos graxos ômega-3 nos tecidos animais tem sido objeto de interesse de profissionais da área de produção animal.

Tabela 4. Conteúdo de SFA, MUFA, PUFA e ácidos graxos ômega-3 na gordura de suínos alimentados com dietas contendo diferentes óleos ou sementes de oleaginosas.

Fonte de ômega-3 e porcentagem de inclusão/tempo de fornecimento	Tecido avaliado	Composição (% do extrato etéreo)					Fonte	
		SFA	MUFA	PUFA	Ômega-3	Ômega-6/ômega-3		Índice de iodo
Torta de linho: 1,5%/32 a 11,5 kg	Toucinho	-	-	14,85	5,68	1,61	-	Eastwood et al. (2009)
Semente de linho: 6%/60 dias	Tecido adiposo	33,88	41,90	22,61	7,42	2,05	78,0	Kouba et al. (2003)
Óleo de linho: 3%/38 dias	Toucinho pernil	36,09	39,27	22,99	8,18	1,81	74,47	Nguyen et al. (2003)
Óleo de linho: 9,7%/50 dias	Carcaça	31,00	37,90	31,10	16,6	0,87	92,19	Realini et al. (2010)
Sebo (5,5%) + óleo de girassol (3,5%) + óleo de linho (1,0%)/50 dias	Carcaça	34,70	44,20	20,90	6,72	2,11	73,80	Realini et al. (2010)
Óleo de linho: 3%/42 dias	Toucinho	31,49	40,96	23,16	5,332	3,37	77,30	Bernardi (2016)
Óleo de linho: 3%/42 dias	Gordura intramuscular lombo	35,11	40,10	15,79	2,812	4,62	62,04	Bernardi (2016)
Óleo de canola (1,5%) + óleo de linho (1,5%)/42 dias	Toucinho	31,70	43,59	19,69	4,134	3,77	73,77	Bertol et al. (2013a)
Óleo de canola: 3%/42 dias	Toucinho	32,36	44,62	18,31	2,39	6,68	70,67	Bertol et al. (2013a)

Continua...

Tabela 4. Continuação.

Fonte de ômega-3 e porcentagem de inclusão/tempo de fornecimento	Tecido avaliado	Composição (% do extrato etéreo)						Fonte
		SFA	MUFA	PUFA	Ômega-3	Ômega-6/ ômega-3"	Índice de Iodo	
Óleo de soja: 3%/42 dias	Toucinho	33,25	41,28	21,39	2,17	8,89	72,68	Bertol et al. (2013a)
Óleo de canola (1,5%) + óleo de linho (1,5%)/42 dias	Gordura intramuscular lombo	32,91	44,07	15,73	2,11	6,46	63,48	Bertol et al. (2013a)
Óleo de canola: 3%/42 dias	Gordura intramuscular lombo	32,38	43,25	15,40	1,25	11,30	60,71	Bertol et al. (2013a)
Óleo de soja: 3%/42 dias	Gordura intramuscular lombo	32,12	41,39	17,85	1,16	14,61	62,93	Bertol et al. (2013a)

O enriquecimento das gorduras animais com ácidos graxos ômega-3 é possível a partir da inclusão na dieta de ingredientes ricos nestes ácidos graxos (Romans et al., 1995a; 1995b; Enser et al., 2000; Kouba et al., 2003; Juárez et al., 2010; Bertol et al., 2013a; Bernardi, 2016; Bernardi et al., 2016), obtendo-se carne e produtos processados enriquecidos com ômega-3. Esses produtos são diferenciados, com possibilidade de agregação de valor em função do apelo pela saudabilidade. Os principais ingredientes ricos em ômega-3 que podem ser utilizados para esse propósito são a semente, o óleo ou a torta de linho e o óleo de pescado. Outros ingredientes como a semente e os subprodutos da camelina também são ricos nesses ácidos graxos. Dependendo do ingrediente ou combinação de ingredientes ricos em ômega-3 adicionados à dieta, do nível de inclusão e do tempo de fornecimento, relações ω -6/ ω -3 inferiores a 1:1 podem ser obtidos nos tecidos animais (Tabela 4). Tanto o fornecimento de baixos níveis do ingrediente por longos períodos, como altos níveis por curtos períodos, resultam em gordura enriquecida com ômega-3, porém, a última opção parece ser mais eficiente (Juárez et al., 2010).

A elevação do conteúdo de ácidos graxos ômega-6 pode ser obtida com a inclusão de ingredientes específicos na dieta dos animais, tais como óleo de milho (Kouba; Mourot, 1999), óleo de girassol (Larick et al., 1992; Realini et al., 2010) e farelo de arroz integral (Campos et al., 2006), porém, há pouco interesse industrial no enriquecimento dos produtos animais com esses ácidos graxos.

Ácidos graxos saturados e monoinsaturados

O consumo de dietas com alto teor de MUFA tem sido apontado como benéfico à saúde humana, pois atualmente é reconhecido na nutrição que um dos efeitos positivos dos ácidos graxos desse grupo é a modulação da relação entre o colesterol HDL e o LDL, através da redução do LDL e elevação ou manutenção dos níveis de HDL, além de reduzir a pressão sanguínea e o risco de doenças cardiovasculares (Kris-Etherton et al., 1999; Appel et al., 2005). Além disso, também foi verificado que a substituição de SFA da dieta por MUFA em níveis elevados reduz a agregação de plaquetas e a ativação do fator VII, o que pode

proporcionar efeito antitrombogênico de caráter prolongado (Smith et al., 2003). O ácido graxo C18:1 é o componente mais abundante dos MUFA tanto nos produtos de origem vegetal como nos de origem animal.

A elevação do conteúdo de MUFA na gordura corporal é mais difícil de ser obtida via dieta do que o aumento no conteúdo de PUFA, e normalmente os aumentos obtidos são bem mais modestos do que no caso dos PUFA (Tabela 4). Porém, esse efeito pode ser obtido com o uso de ingredientes ricos nesses ácidos graxos, tais como a semente ou o óleo de oleaginosas como o girassol alto oleico e a canola e os subprodutos da indústria de beneficiamento da oliva, entre outros, desde que fornecidos em elevadas proporções na dieta e/ou fornecidos por períodos prolongados (Busboom et al., 1991; Myer et al., 1992; Nuernberg et al., 2005; Martin et al., 2007; Mas et al., 2010; Realini et al., 2010; Hernández-Matamoros et al., 2011; Bertol et al., 2013a). Assim como no caso dos PUFA, as alterações mais significativas ocorrem na gordura subcutânea. Um caso emblemático é o da produção do *jamón de bellota* em algumas regiões da Espanha. A *bellota*, produzida por árvores do gênero *Quercus*, contém de 6% a 9% de extrato etéreo (na MS), o qual é composto por mais de 60% do ácido graxo oleico (Lopez-Bote, 1998). A *bellota* é consumida durante toda a fase de terminação desses animais, chamada de *montanera*. Em consequência disso, a gordura dos suínos produzidos neste sistema apresenta ao redor de 50% a 55% de ácido graxo oleico e baixo conteúdo de ácido graxo linolênico (Lopez-Bote, 1998; Daza et al., 2005).

Outra forma de aumentar a proporção de MUFA na gordura animal é pelo fornecimento de uma fonte de gordura saturada na dieta (Larick et al., 1992; Realini et al., 2010). Esse efeito é mais visível quando a gordura saturada (sebo ou óleo de palma) substitui uma fonte de gordura poli-insaturada (Kouba et al., 2003; Olivares et al., 2009), pois esta inibe a enzima esteroil-CoA-desaturase, a qual é responsável pela síntese de MUFA a partir de SFA (Kouba et al., 2003). Em geral, o aumento de MUFA na gordura corporal dos suínos como consequência de sua suplementação na dieta apresenta como efeito paralelo a redução da proporção de SFA.

A inclusão de gordura saturada na dieta de suínos, em geral, não causa grandes alterações no conteúdo de SFA da gordura corporal quando esta inclusão é feita a partir de dietas convencionais sem gordura adicionada, mas antes eleva a concentração de MUFA, a partir da conversão do ácido graxo C18:0 em C18:1 pela enzima estearoil-CoA-desaturase (Smith et al., 1996). Porém, quando a gordura saturada é utilizada para substituir gorduras ou óleos poli-insaturados na dieta dos suínos, o conteúdo de SFA tende a aumentar na gordura corporal, ainda que em modesta proporção (Olivares et al., 2009).

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 da carcaça, o que foi 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.

Ácidos linoleico-conjugados

O termo ácido linoleico-conjugado (CLA) refere-se a uma mistura de isômeros posicionais e geométricos do ácido linoleico (ácido *cis*-9, *cis*-12-octadecadienoico), com ligas duplas nas posições 9 e 11 ou 10 e 12 (Ip et al., 1994). Os CLA são encontrados naturalmente em pequenas quantidades nos alimentos, principalmente no leite, produtos lácteos e carne de ruminantes. Os CLA também podem ser sintetizados em laboratório a partir do ácido linoleico puro ou de óleos vegetais ricos em ácido linoleico.

A suplementação da dieta com CLA resulta na incorporação dos isômeros *cis*-9, *trans*-11 e *trans*-10, *cis*-12 e na elevação da proporção dos SFA e redução dos MUFA na gordura corporal (Ramsay et al., 2001; Wiegand et al., 2002; Ostrowska et al., 2003; Martin et al., 2007; Bothma et al., 2014). A incorporação dos isômeros de CLA nos tecidos animais é considerada positiva para a saúde humana, pois o *cis*-9, *trans*-11 é apontado por propriedades anticâncer (Ip et al., 1994), enquanto que o isômero *trans*-10, *cis*-12 reduz a deposição corporal de lipídios (Park et al., 1997; Deckere et al., 1999; Pariza et al., 2001; Wiegand et al., 2001; Wiegand et al., 2002).

O aumento da relação SFA/MUFA nos tecidos corporais em resposta à suplementação com CLA na dieta é dependente da composição de ácidos graxos da dieta. Naquelas ricas em MUFA, essa relação é menor do que em dietas ricas em SFA, porém, esse fator não interfere no enriquecimento da gordura corporal com CLA, o qual é dose-dependente (Martin et al., 2007). A redução dos MUFA e aumento dos SFA na gordura de suínos suplementados com CLA se dá por meio da inibição da enzima estearoil-CoA-desaturase por parte do isômero *trans*-10, *cis*-12 (Smith et al., 2002; Corino et al., 2003; Martin et al., 2008a).

Efeito da alteração do perfil de ácidos graxos da gordura corporal sobre a qualidade da carne e dos produtos processados

A elevação do conteúdo de ácidos graxos insaturados nos tecidos corporais obtida através da manipulação da composição das dietas pode trazer consequências negativas para a qualidade da carne e dos produtos processados. Um dos efeitos observados é a redução do ponto de fusão da gordura, pois este varia inversamente com seu grau de insaturação, impactando negativamente a qualidade para processamento, com redução da firmeza, piora da textura e risco de escorrimento, além de alterar a fatiabilidade dos produtos (Warnants et al., 1998; Gatlin et al., 2003; Rentfrow et al., 2003). Por outro lado, a substituição de PUFA por MUFA melhora a consistência da gordura (Isabel et al., 2003). No entanto, o efeito das gorduras fornecidas na dieta sobre a alteração da gordura corporal é dependente do genótipo, sexo e peso de abate, pois genótipos mais magros, fêmeas e animais mais leves já apresentam naturalmente gordura menos saturada, portanto, pequenos aumentos da insaturação da gordura corporal nesses genótipos podem levar à produção de gordura de qualidade inaceitável.

O limite máximo do índice de iodo considerado aceitável para manutenção da qualidade tecnológica da gordura é de 70 g/100 a 75 g/100 g de gordura (Barton-Gade, 1987; Benz et al., 2010). Outros indicadores também utilizados são a concentração de C18:2, que não deve ser superior a 15% (Whittington et al., 1986), e a relação C18:0/C18:2 que não deve ser inferior a 1,47. Além disso, Warnants et al.

(1998) recomendam que o nível de PUFA não exceda 21 g/kg na dieta, 200 g/kg no toucinho e 140 g/kg no *pool* de gordura corporal para garantia da textura e consistência dos produtos.

Outra questão importante é o risco de um possível efeito negativo sobre as características sensoriais da carne e produtos processados, em função do aumento da insaturação das gorduras. A baixa estabilidade oxidativa da gordura poli-insaturada pode acelerar a oxidação dos produtos cárneos ricos nesses ácidos graxos, influenciando negativamente seu sabor e aroma e causando o aparecimento de *off-flavors* (Ahn et al., 1996; Warnants et al., 1998; Bosi et al., 2000; Kouba et al., 2003; Daza et al., 2005; Musella et al., 2009; Juárez et al., 2011). A redução da estabilidade oxidativa da gordura corporal suína com aumento da insaturação foi demonstrada em vários estudos através do aumento da produção de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico - TBARS (Romans et al., 1995a; Ahn et al., 1996; Kouba et al., 2003; Daza et al., 2005; Nuernberg et al., 2005; Campos et al., 2007; Corino et al., 2008) e através do aumento da produção de compostos voláteis indesejáveis, tais como o hexanal (Larick et al. 1992). Porém, em outros estudos esse efeito não foi demonstrado em relação à produção de compostos voláteis indesejáveis (Zanardi et al., 1998; Lauridsen et al., 1999; Isabel et al., 2003; Daza et al., 2005). 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. O hexanal é o principal composto volátil resultante da auto-oxidação das gorduras associado com rancidez e *warmed-over flavor* nos produtos cárneos e o seu principal precursor é o ácido linoleico (Larick et al., 1992), sendo um importante indicador de alterações indesejáveis resultantes da oxidação das gorduras nos produtos cárneos. Os compostos voláteis 2-octenal e 2,4-decadienal também são provenientes da degradação do ácido linoleico, enquanto que o ácido oleico é precursor do octanal, nonanal e decanal, e ambos são precursores do heptanal e 2-nonanal (Zanardi et al., 1998). Independente dos produtos da oxidação, a presença de alto conteúdo de C18:3 *per se* causa alteração no sabor (Romans et al., 1995a; Warnants et al., 1998), frequentemente apontado como sabor de peixe, e redução da

aceitação dos produtos por parte dos consumidores. O nível máximo recomendado de C18:3 para evitar alteração das características sensoriais é de 3% do tecido (Sheard et al., 2000).

No entanto, em muitas situações, não foram detectadas alterações ou aquelas encontradas são de pouca relevância nas características sensoriais da carne com elevado conteúdo de ácidos graxos monoinsaturados ou poli-insaturados (Zanardi et al., 1998; Matthews et al., 2000; Nuernberg et al., 2005; Campos et al., 2007), mesmo em presença de maior produção de hexanal (Larick et al., 1992). Foi sugerido que isto se deve ao fato de a carne suína ser naturalmente insaturada em comparação com outras carnes vermelhas, portanto, a rancidez oxidativa já seria aceitável como parte de seu sabor característico (Melton, 1990). Porém, outro ponto importante é a proporção entre o conteúdo de ácido linoleico e ácido linolênico, pois o primeiro parece estar menos associado a problemas de alterações indesejáveis nas características sensoriais dos produtos do que o ácido linolênico (Warnants et al., 1998). Portanto, observa-se que os resultados relatados na literatura sobre os efeitos do aumento da insaturação da gordura na geração de produtos de oxidação e características sensoriais dos produtos são controversos e dependentes de fatores intrínsecos que afetam a composição da gordura, tais como genótipo, sexo e peso de abate, fatores extrínsecos como grau de alteração induzido na gordura, proporção entre os ácidos linoleico e linolênico, condições de processamento, bem como da comparação entre SFA vs. PUFA, SFA vs. MUFA, MUFA vs. PUFA. Outro fator que pode interferir é a sensibilidade das medidas de oxidação utilizadas para avaliar o grau de oxidação bem como suas deficiências naturais ou metodológicas. Além disso, outro ponto também importante é o limite mínimo de produtos da oxidação necessários para que os painelistas detectem odor de rancidez na carne e nos produtos processados, que fica entre 0,5 mg e 1,0 mg MDA/kg de tecido (Tarladgis et al., 1960). É mais provável que nos produtos processados este efeito seja mais facilmente identificado, conforme verificado por Musella et al. (2009) em presuntos e por Romans et al. (1995a) em bacon, do que na carne fresca. Isso se deve ao fato de a carne ser submetida a processos térmicos ou de maturação, além da ocorrência de oxidação dos diferentes componentes durante o processamento e armazenamento. Os níveis de PUFA das dietas fornecidas aos suínos

considerados seguros quanto ao aparecimento de características sensoriais indesejáveis são de até 25 g/kg da dieta, desde que com predominância de C18:2, o que resulta em uma relação PUFA:SFA de 0,38 no salame (Warnants et al., 1998). Porém, é importante ressaltar que o grau de alteração da gordura corporal em função da dieta é dependente do tempo de fornecimento, portanto, os níveis máximos de PUFA que podem ser fornecidos na dieta sem causar prejuízos à qualidade tecnológica da gordura são dependentes também deste fator.

A elevação do conteúdo de MUFA na gordura corporal associada ou não com a redução do conteúdo de PUFA não causa alterações negativas na qualidade da carne (Dugan et al., 2004; Mas et al., 2011), podendo inclusive reduzir a susceptibilidade da carne à oxidação (Lopez-Bote et al., 1997) e melhorar as características sensoriais da carne (Cameron; Enser, 1991). Com relação aos aspectos tecnológicos, foi observado menor perda de peso durante o armazenamento em amostras de presunto curado provenientes de animais alimentados com uma dieta enriquecida com MUFA do que nos que receberam uma dieta rica em PUFA (Isabel et al., 2003).

O aumento da relação SFA/MUFA associado à suplementação com CLA, embora potencialmente negativo do ponto de vista de saúde, devido ao maior grau de saturação da gordura, é positivo em relação à qualidade tecnológica para processamento, devido à melhora na consistência e estabilidade oxidativa da gordura (Corino et al., 2003; Bothma et al., 2014). A melhora da estabilidade oxidativa da gordura de animais suplementados com CLA decorre de efeito indireto do aumento da saturação da gordura, embora não possa ser descartado também um efeito antioxidante direto dos isômeros de CLA (Martin et al., 2008c).

Os CLA induzem à redução da gordura corporal nos animais, ao mesmo tempo em que proporcionam 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). Dunshea et al. (2005) observaram que a suplementação da dieta dos suínos com CLA resulta em redução da espessura de toucinho e aumento do marmoreio, aumento da capaci-

dade de retenção de água e redução da maciez da carne, com mínimo ou nenhum efeito sobre outras características de qualidade da carne. O maior grau de saturação da gordura parece estar associado com a maior capacidade de retenção de água na carne, possivelmente devido a maior estabilidade oxidativa dos ácidos graxos presentes nas membranas celulares.

Outro ponto a ser considerado é o potencial efeito nocivo para a saúde humana das gorduras poli-insaturadas quando oxidadas. A oxidação das gorduras gera componentes tóxicos, os quais causam estresse oxidativo no organismo, tem efeito aterogênico, cancerígeno, mutagênico, influenciando também de forma negativa a imunidade, o aparecimento e evolução de doenças degenerativas e o processo de envelhecimento. Portanto, há um equilíbrio delicado entre o efeito potencialmente benéfico dos ácidos graxos poli-insaturados para a saúde humana, devido aos já mencionados benefícios dos ácidos graxos ômega-3, e seu efeito potencialmente nocivo, resultante da susceptibilidade à oxidação. Os MUFA são mais estáveis e tem ponto de fusão mais elevado do que os PUFA, o que é um ponto positivo para a saúde e qualidade dos produtos. Além disso, é reconhecido o papel dos MUFA na modulação da relação entre o colesterol HDL e o LDL. Da mesma forma, os CLA, apesar de induzir a maior saturação da gordura, apresentam benefícios para a saúde, já mencionados acima. Considerando-se o interesse em melhorar a saudabilidade das gorduras animais e, por outro lado, tendo em vista o potencial efeito negativo dos PUFA sobre a qualidade tecnológica da gordura e os perigos da gordura oxidada para a saúde humana, a elevação da proporção dos ácidos graxos ômega-3, sem aumentos substanciais ou com substituição parcial dos ácidos graxos n-6 por MUFA representa uma alternativa para atender ambos os aspectos. Isso pode ser obtido através da inclusão de óleos que contenham altos níveis de MUFA e PUFA ômega-3 ou com uma mistura de diferentes óleos e gorduras animais com essas mesmas características na dieta dos suínos (Realini et al., 2010; Bertol et al., 2013a). Também é possível enriquecer os tecidos suínos com CLA, suprimindo-se, pelo menos parcialmente, o aumento da relação SFA/MUFA através da suplementação simultânea de uma fonte de MUFA juntamente com os isômeros de CLA (Martin et al., 2007; Martin et al., 2008a; 2008b).

Considerando-se que a redução do conteúdo de gordura na carcaça está associada com redução da saturação da gordura, o enriquecimento dos tecidos suínos com CLA, simultaneamente com estratégias para redução do conteúdo de gordura na carcaça, tais como o uso de ractopamina, pode ser uma alternativa para manter a qualidade e firmeza da gordura e a textura adequada aos produtos cárneos (Weber et al., 2006). Da mesma forma, a suplementação com CLA em dietas contendo níveis elevados (20% a 30%) de DDGS, suprime ou diminui o efeito deste quanto ao aumento da insaturação e da oxidação da gordura (Pompeu et al., 2013; Su et al. 2013), proporcionando melhora da consistência da gordura para processamento e da qualidade sensorial dos produtos.

Em função dos potenciais efeitos negativos que podem ser causados pelo aumento do conteúdo de PUFA na gordura animal, é importante que juntamente com a gordura poli-insaturada também seja fornecido na dieta um ingrediente antioxidante em níveis supranutricionais, com o objetivo de melhorar a estabilidade oxidativa dos tecidos animais. Este tema será tratado em outro capítulo.

Ingredientes com potencial para uso em sistemas alternativos de produção de suínos para diferenciação e agregação de valor aos produtos

Os óleos, sementes, farelos e tortas de oleaginosas e a polpa de diversas frutas são os principais alimentos com potencial para modificação do perfil lipídico da gordura dos suínos. Os principais óleos já foram elencados na Tabela 3.

Algumas regiões dispõem de produção de sementes de oleaginosas, frutos ou produtos de origem animal (leite) e seus coprodutos, os quais podem imprimir características especiais na carne e na gordura corporal, com reflexos nos produtos processados, quando utilizados para compor as dietas dos animais. Em termos práticos, pensando na produção de produtos cárneos diferenciados no Brasil, alguns ingredientes com potencial para uso nas dietas dos suínos podem ser elencados, alguns com ampla distribuição no território nacional, outros

com disponibilidade regional e restrita. Os óleos, sementes, farelos e tortas de oleaginosas e a polpa, semente ou subprodutos de algumas frutas são os principais alimentos com potencial para modificação do perfil lipídico da gordura dos suínos, o que pode trazer como vantagens a modificação do perfil da oxidação nos produtos processados, com melhoria das características sensoriais ou apelo por maior saudabilidade. O uso na dieta animal de matérias-primas ou aditivos com propriedades antioxidantes tem despertado interesse devido ao potencial para redução da presença de compostos indesejáveis derivados da oxidação lipídica e proteica, o que inclui não somente a melhoria da qualidade sensorial, mas também da saudabilidade. Isto pode ser obtido com a inclusão da polpa, bagaço ou extratos de diversas frutas ou com a forragem, folhas, sementes ou extratos de determinadas ervas, especiarias e outros vegetais na dieta. Embora a variedade das matérias-primas mencionadas acima seja imensa nas diversas regiões do Brasil, proporcionando uma gama infinita de possibilidades de uso na produção de produtos diferenciados, somente algumas dessas matérias-primas serão abordadas nesse capítulo, devido a sua maior disponibilidade ou devido à existência de sistemas de produção organizados e em expansão. Para algumas dessas matérias-primas, devido à sua valorização como componentes da dieta humana e conseqüentemente seu alto valor agregado, somente seus subprodutos serão elencados como potenciais ingredientes para as dietas de suínos.

Linho

O linho é uma das fontes mais conhecidas de ácidos graxos ômega-3 (mais de 50% do óleo), sendo amplamente utilizado como suplemento nutricional ou como componente da dieta humana. Atualmente todo o linho do Brasil é produzido nos estados do Paraná e Rio Grande do Sul, e sua produção total em 2017 foi de 6.952 t (IBGE - Produção Agrícola Municipal). A inclusão do óleo bruto de linho, da semente e/ou do farelo na dieta dos suínos comprovadamente aumenta o conteúdo de ácidos graxos ômega-3 na gordura desses animais. Esses ingredientes podem ser economicamente viáveis para a produção de carne suína enriquecida com esses ácidos graxos, sendo mais viável sua utilização na região de produção do linho. Os farelos de linho obtidos por pren-

sagem a frio e por extração com solvente contém 10,2% e 3,6% de óleo (Heuzé et al., 2017), respectivamente, enquanto que a semente contém 37,2% de óleo (Heuzé et al., 2015a). Foi verificado que o uso de 1,5% de óleo bruto de linho associado com 1,5% de óleo bruto de canola na dieta dos suínos por 42 dias antes do abate aumentou o conteúdo de ácidos graxos ômega-3 em 1,8 e 1,9 vez na carne e no toucinho, respectivamente, com um impacto de apenas 2,41% no custo de produção primária dos suínos (Bertol et al., 2013b). A adição de 3% de óleo de linho na dieta pelo mesmo período resultou em aumentos mais acentuados no conteúdo de ácidos graxos ômega-3 nos tecidos, com aumento de 3,7 e 4,4 vezes na carne e no toucinho, respectivamente (Bernardi, 2016). Portanto, a inclusão do óleo bruto, semente, ou farelo de linho é uma estratégia viável para aumento do conteúdo de ácidos graxos ômega-3 na carne suína. Porém, a inclusão na dieta de 20% de farelo de linho obtido por prensagem a frio contribui com apenas 1,85% de óleo, o que exige prolongados períodos de suplementação. No caso da semente de linho, sua inclusão em apenas 10% da dieta proporciona 3,4% de óleo. O farelo de linho obtido por solvente, por seu baixo conteúdo de óleo, apresenta baixo potencial para imprimir modificações no perfil de ácidos graxos da gordura corporal suína.

Camelina

A camelina, também chamada de falso linho, é originária do sudeste da Europa e sudoeste da Ásia, sendo produzida atualmente na Europa, Canadá e norte dos Estados Unidos (Heuzé et al., 2015b). Através de avaliações relativas a adaptação da cultura da camelina no Brasil, observou-se que esta cultura se adapta para cultivo nos estados do MT, MS, PR e SP, apresentando-se como alternativa para produção de biocombustíveis, sendo uma das matérias-primas previstas para uso na produção de bioquerosene de aviação (Consulta Pública do Ministério de Minas e Energia nº 26 (Brasil, 2017).

Os grãos de camelina apresentam de 36% a 42% de óleo, estando aprovados para consumo humano tanto na Europa quanto nos EUA e Canadá (Consulta Pública do Ministério de Minas e Energia nº 26 (Brasil, 2017). A torta de camelina apresenta 15,6% de óleo na matéria seca e 32% de ácido graxo linolênico no óleo (Heuzé et al., 2015), o que a

torna potencial fonte de ômega-3. Apesar de estarem liberadas para uso na alimentação de suínos e aves nos EUA desde 2009 e na Europa desde 2011, o farelo e a torta de camelina apresentam fatores antinutricionais que podem reduzir sua palatabilidade, causar impacto negativo no desempenho dos animais e afetar as características sensoriais da carne, o que limita seu uso na alimentação de suínos (Bohme et al., 1997). Portanto, estudos relacionados a formas de processamento ou uso de aditivos para detoxificação são necessários para reduzir os problemas antinutricionais e viabilizar seu uso nas dietas desses animais. Devido ao perfil de ácidos graxos de seu óleo, a inclusão de farelo ou torta de camelina na dieta de suínos pode proporcionar aumento do conteúdo de ácidos graxos ômega-3 no toucinho e na gordura associada à carne.

Canola

A canola (*Canadian Oil Low Acid*), foi desenvolvida no Canadá no final da década de 1960, por melhoramento genético convencional da colza, sendo atualmente produzida em regiões temperadas (Sauvant et al., 2015). Ao contrário da colza, a canola apresenta baixos teores dos compostos tóxicos ácido erúxico e glucosinolatos, o que a torna segura para o consumo humano. No Brasil, a canola é produzida nos estados do RS e PR, onde é utilizada principalmente para extração do óleo para consumo doméstico. Em 2016 a produção brasileira de canola foi de 71,9 mil t (Conab, 2017).

A semente de canola apresenta 46% de óleo na matéria seca, enquanto que o óleo contém 58,6% de ácido graxo oleico e 9,3% de ácido graxo linolênico (National Research Council, 2012), constituindo-se, portanto, em importante fonte de MUFA e de ômega-3, com comprovado impacto sobre o perfil de ácidos graxos da gordura dos suínos. O farelo de canola, devido ao seu baixo conteúdo de extrato etéreo (3,2%) apresenta baixo potencial para uso com o fim específico de alterar o perfil de ácidos graxos da gordura corporal. Porém, a torta de canola obtida por prensas mecânicas com extração a frio, por apresentar elevado conteúdo de óleo (igual ou maior a 20%) (Bertol et al., 2017a), pode ser utilizada para esse fim. A inclusão de 3% de óleo de canola por 42 dias na dieta de terminação dos suínos reduz em 70% e

25% a relação ômega-6/ômega-3 do toucinho e da gordura associada à carne, respectivamente, em relação a uma dieta baseada em milho e farelo de soja não suplementada com gordura, com uma elevação de custo de produção de apenas 0,94% (Campos et al., 2006; Bertol et al., 2013b). A redução da relação ômega-6/ômega-3 se dá através de um discreto aumento no conteúdo de ácidos graxos ômega-3 paralelamente à uma redução dos ácidos graxos ômega-6. O fornecimento do óleo ou dos subprodutos da canola com alto teor de óleo na dieta dos suínos em proporções mais elevadas (acima de 3%) ou por tempo mais prolongado (60 dias ou mais) acentua as alterações no perfil de ácidos graxos da gordura corporal mencionadas acima.

Azeitona

A oliveira é originária do Oriente Médio e região Mediterrânea, cujos países (mediterrâneos) produzem atualmente 98% do óleo de oliva do mundo, com 75% da produção concentrada na Espanha, Itália e Grécia (Heuzé et al., 2015c). No Brasil, a produção de azeitonas é recente e concentra-se nos estados do RS, SP e MG. Só no RS, a cultura ocupa 1.200 ha de área plantada na região Sul do estado, com perspectivas de expansão da área cultivada em 8 vezes nos próximos 10 anos.

A produção nacional de azeitona em 2017 foi de apenas 1.250 t (IBGE - Produção Agrícola Municipal), porém, como é uma cultura em franca expansão, essa produção deverá aumentar rapidamente. Um dos subprodutos da extração do azeite de oliva é a torta de azeitona. O perfil de ácidos graxos do azeite inclui 74% de ácidos graxos monoinsaturados, o que torna a azeitona e seus subprodutos importantes fontes. A torta de azeitona extraída com solvente e sem caroços apresenta aproximadamente 26,5% de fibra e 5,4% de extrato etéreo na matéria seca, enquanto que a torta de azeitona crua sem caroços apresenta 29% de fibra e 19,5% de extrato etéreo na mesma base seca (Heuzé et al., 2015c). Em uma partida de torta de azeitona produzida no Brasil e analisada na Embrapa Suínos e Aves, o conteúdo de extrato etéreo foi de 10,7% (base matéria seca), com 64% de ácidos graxos monoinsaturados no óleo. Sua inclusão na dieta de suínos pode alterar o perfil de ácidos graxos da gordura corporal, porém, esse efeito é dependente do nível de inclusão e do período de fornecimento. O uso de elevados ní-

veis (55%) de torta de azeitona na dieta de suínos por 58 dias resultou em aumento de aproximadamente 12% no conteúdo de ácidos graxos monoinsaturados no toucinho (Hernandez-Matamoros et al., 2011), acompanhado de redução na mesma proporção no conteúdo de ácidos graxos saturados, quando comparado com valores médios obtidos de suínos alimentados com dieta baseada em milho e sem a inclusão de gordura (Campos et al., 2006). Porém, níveis mais baixos (até 15%) de inclusão e por períodos mais curtos (35 dias) resultaram em alterações insignificantes na gordura corporal (Joven et al., 2014). A inclusão de outro subproduto da extração do azeite, composto por uma mistura de sais de cálcio dos ácidos graxos e rico em ácido graxo oleico (Gredy-Grass OLIVA - Grupo Omega de Nutrición Animal, composto por 83% de extrato etéreo, 12% de matéria mineral, 7% de Ca na matéria mineral e 5% de umidade) em níveis de 1,4% - 3,8% da dieta durante todo o período de crescimento-terminação, resultou em aumento de 7% a 10% no conteúdo de ácidos graxos monoinsaturados, acompanhado de reduções proporcionais no conteúdo de ácidos graxos poli-insaturados (Mas et al., 2010). Da mesma forma, a inclusão de 5% de azeite na dieta de suínos em crescimento-terminação por 87 dias também elevou o conteúdo de ácidos graxos monoinsaturados no toucinho e na gordura associada à carne (Nuernberg et al., 2005), porém, devido a seu alto valor esta não seria uma opção viável para uso nas dietas de suínos. Devido ao seu alto conteúdo de fibra, a torta de azeitona pode comprometer o desempenho dos animais quando adicionada na dieta dos suínos, se esta não for adequadamente balanceada, embora haja relatos de que o uso de até 50% de torta de azeitona descaroçada na dieta não afetou o desempenho (Heuzé et al., 2015c). A eficácia do fornecimento dos subprodutos do processamento da azeitona na dieta para aumentos substanciais do conteúdo de ácidos graxos monoinsaturados na gordura corporal depende de períodos prolongados de suplementação (mais de 50 dias) e de níveis elevados de inclusão na dieta. O mesmo vale também para outras matérias-primas ricas em ácidos graxos monoinsaturados, tais como o óleo e os subprodutos da canola e do girassol alto oleico, entre outros. A substituição de ácidos graxos saturados por ácidos graxos monoinsaturados na gordura corporal dos suínos apresenta aspectos positivos como maior apelo como produto saudável, sem prejudicar a consistência da gordura para processamento e sem aumentar a susceptibilidade à oxidação, além de melhorar o perfil de produção de compostos aromáticos nos produtos processados.

Abacate

O abacateiro é uma árvore frutífera originária do México e América Central (Duarte et al., 2016), com ampla distribuição em vários países. O total da produção no Brasil em 2017 foi de 213.041 t, sendo as principais regiões produtoras a Sudeste e a Sul, enquanto que o estado de São Paulo foi o maior produtor nacional, seguido por Minas Gerais (IBGE - Produção Agrícola Municipal). O período de safra muda de acordo com a variedade, mas pode ir de fevereiro a agosto, com pico em abril e maio. As variedades de abacate produzidas no Brasil pertencem à variedade botânica *Persea americana*. Dentre estas, a variedade Hass apresenta destaque no mercado brasileiro (Daiuto et al., 2014).

O rendimento de polpa, casca e caroço do fruto maduro varia de 66% a 83%, 7% a 15% e 9% a 18%, respectivamente, em função da variedade (Oliveira et al., 2003). A polpa do abacate contém elevado teor de lipídios, mas este conteúdo é mutável em função da variedade, da estação do ano e do tempo de maturação (Lu et al., 2009; Galvão et al., 2014). Valores de 55% a 75% de lipídios na matéria seca têm sido relatados (Tabela 5) (USDA, 2018; Daiuto et al., 2014; Galvão et al., 2014). O conteúdo de matéria seca é baixo (23% a 30%) quando comparado aos alimentos tradicionais utilizados na alimentação dos suínos. A maior parte dos relatos sobre a composição dos lipídios presentes na polpa do abacate apontam para a predominância de ácidos graxos monoinsaturados (57% a 71%), seguidos dos ácidos graxos saturados (15% a 30%) e poli-insaturados (12% a 17%) (USDA, 2018; Galvão et al., 2014). Entretanto, valores de 37% a 45% de ácidos graxos monoinsaturados também foram relatados para algumas variedades, nesse caso com maior conteúdo de ácidos graxos saturados (28% a 41%) (Massafera et al., 2010; Galvão et al., 2014). As variedades que apresentam maior proporção de ácidos graxos monoinsaturados na polpa são a Fortuna, a Collinson e a Hass e as com menor conteúdo são a Barker, Ouro Verde e Princesa (Lu et al., 2009; Massafera et al., 2010; Galvão et al., 2014). Portanto, a polpa do abacate apresenta características que tornam este fruto apto como fonte de ácidos graxos monoinsaturados, principalmente algumas variedades (Figura 5). Por outro lado, a semente do abacate apresenta baixo conteúdo de óleo (0,4% a 2,5%), com aproximadamente 40% de ácidos graxos poli-insaturados e

10% a 20% de ácidos graxos ômega-3 no óleo (Massafera et al., 2010; Galvão et al., 2014).

O abacate apresenta também elevados teores de compostos fenólicos, mas este está presente principalmente na casca e na semente (Daiuto et al., 2014). O fornecimento de uma dieta contendo 30% de uma pasta do fruto integral do abacate a suínos durante a fase de terminação resultou em maior conteúdo de α -tocoferol no músculo e em maior estabilidade oxidativa da carne, com redução da oxidação dos lipídios (redução de TBARS) e proteínas (redução da carbonilação das proteínas) durante o processamento da carne (Hernández-López et al., 2016a; 2016b). Entretanto, o conteúdo de ácidos graxos monoinsaturados na gordura associada à carne não foi afetado, enquanto que o conteúdo de ácidos graxos saturados foi reduzido em 9% e o de poli-insaturados foi aumentado em 37%. Como nesse estudo, foi utilizado o fruto integral e na semente do abacate o conteúdo de ácidos graxos monoinsaturados é bem mais baixo do que na polpa, a proporção desses ácidos graxos na pasta do fruto integral pode não ter sido suficiente para imprimir modificações na gordura corporal. Além disso, não foi informada a variedade de abacate utilizada, sendo que algumas variedades apresentam baixa proporção de ácidos graxos monoinsaturados.

Pelo descrito acima, considerando a composição química do abacate, seu perfil de ácidos graxos e seu efeito sobre a estabilidade oxidativa da carne quando fornecido via dieta, pode-se sugerir que é uma matéria-prima promissora para uso em sistemas para produção de produtos suínos com valor agregado, a exemplo do sistema de *montanera* utilizado para produção do *jamón de bellota* na Espanha. Entretanto, devido ao pequeno volume de informações disponíveis (somente um estudo), é necessário que sejam desenvolvidos novos estudos com o intuito de avaliar o efeito do uso do abacate na alimentação dos suínos sobre a qualidade da carne e dos produtos processados. O fornecimento do abacate na dieta dos suínos visando imprimir alterações no perfil de ácidos graxos da gordura corporal deve durar por um período de no mínimo 60 dias e a variedade a ser utilizada deve ser uma das que apresenta alto conteúdo de ácidos graxos monoinsaturados.

Tabela 5. Composição centesimal e perfil de ácidos graxos (% do óleo) do fruto do abacate.

Porção do fruto	MS	PB	EE	Fibra dietética	MIM	SFA	MUFA	PUFA	Ômega-3	Fonte
Polpa	26,77	2,00	14,66	6,70	-	14,53	66,85	12,41	-	USDA (2018)
Polpa var. Fortuna	27,80	1,70	16,20	1,60	0,60	22,28	60,79	16,93	0,97	Galvão et al. (2014)
Polpa var. Collinson	23,60	2,10	13,60	1,30	0,70	29,44	56,91	13,67	0,70	Galvão et al. (2014)
Polpa var. Barker	-	1,40	11,90	1,00	0,70	41,25	37,48	21,27	2,02	Galvão et al. (2014)
Polpa var. Fortuna	-	-	8,50	-	-	22,03	62,73	15,25	1,76	Massafera et al. (2010)
Polpa var. Ouro Verde	-	-	16,44	-	-	28,37	45,49	26,10	3,22	Massafera et al. (2010)
Polpa var. Princesa	-	-	5,20	-	-	32,84	76,67	23,29	4,05	Massafera et al. (2010)
Casca var. Fortuna	62,30	3,60	0,90	20,60	2,00	32,04	48,52	19,45	1,91	Galvão et al. (2014)
Casca var. Collinson	63,50	3,90	1,70	17,70	2,30	23,35	51,03	26,38	3,78	Galvão et al. (2014)
Casca var. Barker	64,00	3,90	1,10	19,40	2,50	28,40	50,40	21,22	3,23	Galvão et al. (2014)
Semente var. Fortuna	68,10	3,60	1,80	1,70	1,30	43,91	16,80	39,31	9,93	Galvão et al. (2014)

Continua...

Tabela 5. Continuação.

Porção do fruto	MS	PB	EE	Fibra dietética	MM	SFA	MUFA	PUFA	Ômega-3	Fonte
Semente var. Collinson	72,10	5,30	2,50	1,60	1,80	30,75	27,05	42,22	18,27	Galvão et al. (2014)
Semente var. Barker	69,60	4,00	2,10	1,70	2,00	36,81	24,94	38,27	12,50	Galvão et al. (2014)
Semente var. Fortuna	-	-	1,53	-	-	3,35	53,67	42,96	12,97	Massafera et al. (2010)
Semente var. Ouro Verde	-	-	1,40	-	-	23,69	38,86	37,45	11,11	Massafera et al. (2010)
Semente var. Princesa	-	-	0,38	-	-	34,63	22,03	44,08	20,80	Massafera et al. (2010)

MS= matéria seca, PB= proteína bruta, EE= extrato etéreo, MM= matéria mineral, SFA= ácidos graxos saturados, MUFA= ácidos graxos monoinsaturados, PUFA= ácidos graxos poli-insaturados.

Macaúba

A macaúba (*Acrocomia aculeata*) é uma palmeira nativa de florestas tropicais, a qual é muito comum na região central do Brasil, apresentando ampla distribuição e alta densidade na região do Pantanal Mato-Grossense (Lorenzi, 2006). Atualmente, a macaúba é explorada na forma de extrativismo, sustentável ou não, mas também através do cultivo em plantações, principalmente no estado de MG. Há previsão de forte expansão no cultivo da macaúba para os próximos cinco anos devido ao seu grande potencial no agronegócio, constituindo-se em fonte de matéria-prima para alimentos, fármacos, cosméticos e até mesmo biocombustível (Cipriani, 2017). A frutificação da macaúba ocorre durante todo o ano, mas o principal período de maturação dos frutos é de setembro a janeiro (Lorenzi, 2006) e sua colheita ocorre de outubro a março (Cipriani, 2017).

O fruto da macaúba é composto por casca (21,44%), polpa (44,22%), semente (endocarpo e amêndoa - 7,55%) e amêndoa (3,8%) (Ramos et al., 2008). A composição da polpa é variável e depende das condições de cultivo e do período de maturação. O conteúdo de óleo varia de 7% a 16% na polpa (na matéria natural) e de 63% a 69% na amêndoa (Tabela 6). O óleo da polpa de macaúba apresenta predominância de ácidos graxos monoinsaturados (57% a 74%), dos quais o oleico representa quase a totalidade, além de apresentar considerável conteúdo de ácidos graxos saturados, com predominância do palmítico (Tabela 2). O óleo da amêndoa é mais saturado que o óleo da polpa, com predominância de ácidos graxos de cadeia média (32,6% de láurico). O óleo da polpa de macaúba apresenta também significativas quantidades de carotenoides e tocoferóis, principalmente α -tocoferol, o que o torna importante fonte das vitaminas A e E (Coimbra; Jorge, 2012). Portanto, da mesma forma que o abacate, esse fruto, principalmente a polpa, se constitui em fonte de ácidos graxos monoinsaturados. Por esse motivo, e por apresentar elevado conteúdo de carotenoides e tocoferóis, tem potencial para uso em sistemas especiais de produção de suínos, com o objetivo de modificar o perfil de ácidos graxos e reduzir a susceptibilidade à oxidação dos produtos cárneos.

Tabela 6. Composição centesimal e perfil de ácidos graxos (% do óleo) do fruto da macaúba.

Porção do fruto	MS	PB	EE	FB	MM	SFA	MUFA	PUFA	Ômega-3	Fonte
Polpa	50,86	1,97	16,50	-	1,71	19,94	73,98	6,11	1,10	Hiane et al. (1990)
Polpa	47,01	1,50	8,14	13,76	1,51	-	-	-	-	Ramos et al. (2008)
Polpa*	37,0 - 50,9	-	25,1	-	-	-	-	-	-	Ciconini et al. (2013)
Polpa*	-	3,79	26,31	8,76	2,42	30,20	60,78	8,90	2,95	Trentiniet al. (2016)
Polpa	32,32	1,84	7,16	-	1,34	-	-	-	-	Silva et al. (2015)
Polpa**	-	-	29,0	-	-	27,10	56,84	16,06	2,26	Coimbra; Jorge (2012)
Farinha	86,55	3,88	19,31	-	3,65	22,87	72,71	4,43	0,92	Hiane et al. (1990)
Farelo desengordurado*	-	6,58	1,80	11,84	3,96	-	-	-	-	Trentiniet al. (2016)
Amêndoa	-	-	56,4	-	-	59,92	36,27	3,82	-	Coimbra; Jorge (2012)
Amêndoa	17,1 - 20,2	-	63,5 - 68,9	-	-	-	-	-	-	Ciconini et al. (2013)

MS = matéria seca, PB = proteína bruta, EE = extrato etéreo, FB = fibra bruta, MM = matéria mineral, SFA = ácidos graxos saturados, MUFA = ácidos graxos monoinsaturados, PUFA = ácidos graxos poli-insaturados.

*Na matéria seca; **Provavelmente na matéria seca (não informado).

Subprodutos da uva

Algumas macrorregiões do Sul do Brasil são grandes produtoras de uva, a qual é utilizada para produção de vinho, suco e geleias. O bagaço é o principal produto resultante da industrialização da uva, gerando um volume de aproximadamente 150 mil t/ano. O uso do bagaço de uva na dieta dos suínos constitui-se em uma alternativa potencial para a produção de produtos cárneos diferenciados, com valor agregado, além de reduzir os custos ambientais de disposição dos resíduos da indústria vinícola. A presença de compostos fenólicos que possuem atividade antioxidante em variedades de uva cultivadas no Brasil foi comprovada em vários estudos (Abe et al., 2007; Melo et al., 2008; Vedana et al., 2008; Alves, 2009; Bernardi et al., 2016). As variedades de coloração escura são as que apresentam o maior conteúdo de compostos fenólicos e a maior capacidade antioxidante (Abe et al., 2007). Os principais compostos fenólicos encontrados no resíduo composto pela pele e sementes da uva são as catequinas, epicatequinas, as antocianidinas e o ácido gálico, além de vários outros ácidos fenólicos (Lafka et al., 2007). Nas sementes, isoladamente, os compostos fenólicos mais abundantes incluem as catequinas, as epicatequinas e também as procianidinas diméricas e triméricas (Shi et al., 2003). Desta forma, a uva e seus subprodutos podem se constituir em fontes muito importantes de compostos antioxidantes para uso na indústria processadora de alimentos e na produção animal. O efeito antioxidante do extrato da semente de uva quando adicionado diretamente na carne de suínos crua ou cozida foi confirmado por Carpenter et al. (2007).

Vários estudos foram desenvolvidos para avaliação do bagaço de uva e do extrato de semente de uva na dieta de suínos sobre a qualidade da carne, nos quais alguns resultados positivos foram obtidos, com aumento da intensidade de vermelho e da saturação da cor da carne (Yan; Kim, 2011; Bertol et al., 2017b), redução da oxidação (TBARS) em mini-hambúrgueres (Silveira-Almeida, 2017), na carne (Yan; Kim, 2011) e em presuntos curados (Mairesse et al., 2011), bem como aumento do pH final do pernil e do escore de cor do lombo e do pernil (Bernardi, 2016) em carne enriquecida com ácidos graxos ômega-3. Por outro lado, a inclusão do bagaço de uva desidratado ou ensilado na dieta de suínos na proporção de 10% a 15% da dieta não afeta ou resulta em

alterações de baixa magnitude no perfil de ácidos graxos da carne e do toucinho (Bernardi, 2016; Silveira-Almeida, 2017). Além disso, a inclusão do bagaço de uva em até 15% da dieta não afeta o desempenho dos suínos em terminação (Silveira-Almeida, 2017). Apesar do efeito dos subprodutos da uva fornecidos via dieta não terem apresentado resultados sempre consistentes através de todos os estudos efetuados, os vários resultados positivos obtidos sobre a qualidade da carne e dos produtos processados indicam um potencial destes ingredientes na melhoria da qualidade destes produtos, principalmente quando fornecidos por períodos prolongados, como, por exemplo, toda a fase de crescimento-terminação. Portanto, a utilização dos subprodutos da uva na produção e industrialização de suínos pode constituir-se em elemento de diferenciação dos produtos cárneos, ao mesmo tempo em que promove sinergia entre a indústria do vinho e da carne.

Erva-mate

A erva-mate (*Ilex paraguariensis*) é uma árvore originária da América do Sul, rica em compostos fenólicos, o que lhe confere forte poder antioxidante, relatado em diversos estudos (Bracesco et al., 2003; Gugliuchi, 1996; Schinella et al., 2000; Vanderjagt et al., 2002). Este efeito antioxidante foi provado em um estudo onde o extrato de erva-mate reduziu a oxidação, melhorou as características de fermentação e promoveu a produção de ácidos graxos voláteis desejáveis quando adicionado na formulação de salames (Campos et al., 2007). Além disso, foi observado que a erva-mate tem capacidade para minimizar o estresse oxidativo *in vivo* através da modulação das defesas antioxidantes (Pereira et al., 2017). Assim, espera-se que a adição de erva-mate na dieta de suínos como fonte de compostos bioativos aumente a estabilidade oxidativa dos lipídios da carne por potencializar os mecanismos antioxidantes endógenos, fato já comprovado em bovinos (Zawadski et al., 2017). Apesar do grande potencial para aproveitamento da erva-mate como antioxidante na indústria cárnea, em suínos ainda não há estudos que comprovem seu efeito quando fornecido via dieta.

Conclusões

O perfil de ácidos graxos da gordura corporal suína é altamente influenciado pelo perfil de ácidos graxos da gordura presente na dieta desses animais. No Brasil, o principal cereal que compõe as dietas dos suínos é o milho, o qual resulta na produção de toucinho com gordura mais poli-insaturada e com relação ômega-6/ômega-3 superior ao toucinho produzido por animais alimentados com cereais de inverno, que é o padrão dos países europeus.

No que concerne à manipulação intencional dos ácidos graxos da gordura corporal dos suínos, uma forma eficiente de atingir esse objetivo é o uso de dietas especiais na fase de terminação com a inclusão de ingredientes tais como óleos, sementes, farelos e tortas de oleaginosas ou a polpa de determinadas frutas, ou de aditivos como CLA. O tecido adiposo responde rapidamente com a incorporação de PUFA em resposta à sua suplementação na dieta. Por outro lado, a incorporação de MUFA na gordura corporal é mais difícil de ser obtida via dieta e normalmente os aumentos obtidos são bem mais modestos. Em geral, o aumento do conteúdo de MUFA na gordura corporal dos suínos como consequência de sua suplementação na dieta apresenta como efeito paralelo a redução do conteúdo de SFA. Os CLA também afetam o perfil de ácidos graxos da gordura através do aumento do conteúdo de SFA e aumento da relação SFA/MUFA, além de serem incorporados diretamente na gordura corporal dos suínos.

O enriquecimento da gordura suína com ácidos graxos ômega-3 apresenta aspectos positivos relacionados à saudabilidade da carne e produtos cárneos, mas pode apresentar efeitos indesejáveis na qualidade da gordura, com redução do ponto de fusão e aumento da susceptibilidade à oxidação. Por isso, recomenda-se um nível máximo de PUFA de 20 g/100 g no toucinho e 14 g/100 g no *pool* de gordura corporal, com relação PUFA/SFA de no máximo 0,38 e índice de iodo não superior a 75 g/100 g de gordura corporal. Esses limites poderão ser modificados dependendo do fornecimento de níveis supra nutricionais de antioxidantes naturais via dieta.

A elevação do conteúdo de MUFA na gordura corporal também apresenta aspectos positivos relacionados à saudabilidade e não causa alterações negativas na qualidade tecnológica da gordura ou da carne. Por outro lado, os CLA proporcionam melhoria da qualidade da carne em função de aumento do conteúdo de marmoreio e aumento da capacidade de retenção de água.

Referências

ABE, L. T.; MOTA, R. V. da; LAJOLO, F. M.; GENOVESE, M. I. Compostos fenólicos e capacidade antioxidante de cultivares de uvas *Vitis labrusca* L. e *Vitis vinifera* L. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 2, p. 394-400, 2007. DOI: 10.1590/S0101-20612007000200032.

AHN, D. U.; LUTZB, S.; SIM, J. S. Effects of dietary α -linolenic acid on the fatty acid composition, storage stability and sensory characteristics of pork loin. **Meat Science**, v. 43, n. 3-4, p. 291-299, 1996. DOI: 10.1016/S0309-1740(96)00001-0.

ALLE, 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, Dec. 1971. DOI: 10.2527/jas1971.3361248x.

APPEL, L. J.; SACKS, F. M.; CAREY, V. J.; OBARZANEK, E.; SWAIN, J. F.; MILLER, E. R.; CONLIN, P. R.; ERLINGER, T. P.; ROSNER, B. A.; LARANJO, N. M.; CHARLESTON, J.; MCCARRON, P.; BISHOP, L. M. Effects of protein, monounsaturated fat, and carbohydrate intake on blood pressure and serum lipids: results of the OmniHeart randomized trial. **JAMA**, v. 294, n. 19, p. 2455-2464, Nov. 2005. DOI: 10.1001/jama.294.19.2455.

APPLE, J. K.; MAXWELL, C. V.; GALLOWAY, D. L.; HAMILTON, C. R.; YANCEY, J. W. S. Interactive effects of dietary fat source and slaughter weight in growing-finishing swine: II. Fatty acid composition of subcutaneous fat. **Journal of Animal Science**, v. 87, p. 1423-1440, Apr. 2009b. DOI: 10.2527/jas.2008-1454.

APPLE, J. K.; MAXWELL, C. V.; GALLOWAY, D. L.; HAMILTON, C. R.; YANCEY, J. W. S. Interactive effects of dietary fat source and slaughter weight in growing-finishing swine: III. Carcass and fatty acid compositions. **Journal of Animal Science**, v. 87, p. 1441-1454, Apr. 2009c. DOI: 10.2527/jas.2008-1455.

APPLE, J. K.; MAXWELL, C. V.; GALLOWAY, D. L.; HUTCHISON, S.; HAMILTON, C. R. Interactive effects of dietary fat source and slaughter weight in growing-finishing swine: I. Growth performance and *longissimus* muscle fatty acid composition. **Journal of Animal Science**, v. 87, p. 1407-1422, Apr. 2009a. DOI: 10.2527/jas.2008-1453.

BARTON-GADE, P. A. Meat and fat quality in boars, castrates and gilts. **Livestock Production Science**, v. 16, p. 187-196, Feb. 1987. DOI: 10.1016/0301-6226(87)90019-4.

BENZ, J. M.; TOKACH, M. D.; DRITZ, S. S.; NELSEN, J. L.; DEROUCHÉY, 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, Feb. 2011. DOI: 10.2527/jas.2009-2737.

BERNARDI, D. M. **Addition of natural products with antioxidant action and flaxseed oil in swine diets: effects on meat and meat product.** Tese (Doutorado). Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Campinas, SP, 2016.

BERNARDI, D. M.; BERTOL, T. M.; PFLANZER, S. B.; SGARBIERI, V. S.; POLLONIO, M. A. R. ω -3 in meat products: benefits and effects on lipid oxidative stability. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 96, n. 8, p. 2620-2634, June 2016. DOI: 10.1002/jsfa.7559.

BERTOL, T. M.; CAMPOS, R. M. L. de; LUDKE, J. V.; TERRA, N. N.; FIGUEIREDO, E. A. P. de; COLDEBELLA, A.; SANTOS FILHO, J. I. dos; KAWSKI, V. L.; LEHR, N. M. Effects of genotype and dietary oil supplementation on performance, carcass traits, pork quality and fatty acid composition of backfat and intramuscular fat. *Meat Science*, v. 93, n. 3, p. 507-516, Mar. 2013a. DOI: 10.1016/j.meatsci.2012.11.012.

BERTOL, T. M.; SANTOS FILHO, J. I. dos; LUDKE, J. V.; CAMPOS, R. M. L. de. **Enriquecimento da carne suína com ácidos graxos ômega-3 através da suplementação da dieta com óleos de canola e linho.** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2013b. 8 p. (Embrapa Suínos e Aves. Comunicado Técnico, 516).

BERTOL, T. M.; LUDKE, J. V.; ZANOTTO, D. L.; SANTOS FILHO, J. I. dos. Valor nutricional da torta e farelo de canola para alimentação de Suínos. In: Simpósio Brasileiro de Canola, 1., 2017. *Anais...* Passo Fundo: Embrapa, 2017a.

BERTOL, T. M.; LUDKE, J. V.; CAMPOS, R. M. L. de; KAWSKI, V. L.; JUNIOR, A. C.; FIGUEIREDO, E. A. P. de. Inclusion of grape pomace in the diet of pigs on pork quality and oxidative stability of omega-3 enriched fat. *Ciência Rural*, v. 47, n. 4, p. 1-7, 2017b. DOI: 10.1590/0103-8478cr20150358.

BOHME, H.; AULRICH, K.; SCHUMANN, W.; FISCHER, K. Studies on the suitability of false flax expeller as feedstuff .1. Communication - feeding value and incorporation limits for pigs. *Fett*, v. 99, n. 7, p. 254-259, 1997.

BOTHMA, C.; HUGO, A.; OSTHOFF, G.; JOUBERT, C. C.; SWARTS, J. C.; KOCK, H. L. de. Effect of dietary conjugated linoleic acid supplementation on the technological quality of backfat of pigs. *Meat Science*, v. 97, p. 277-286, June 2014. DOI: 10.1016/j.meatsci.2014.02.002.

BRACESCO, N.; DELL, M.; ROCHA, A.; BEHTASH, S.; MENINI, T.; GUGLIUCHI, A.; NUNES, E. Antioxidant activity of a botanical extract preparation of *Ilex paraguariensis*: prevention of DNA doublestrand breaks in *Saccharomyces cerevisiae* and human low-density lipoprotein oxidation. *Journal of Alternative and Complementary Medicine*, v. 9, p. 379-387, 2003. DOI: 10.1089/107555303765551606.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Consultas Públicas. Consulta Pública nº 26 de 15/02/2017. **RenovaBio - Diretrizes Estratégicas para Bicombustíveis**. Brasília, DF, 2017. Disponível em: http://www.mme.gov.br/web/guest/consultas-publicas?p_auth=5IXmH6wq&p_p_id=consultapublicaexterna_WAR_consultapublicaportlet&p_p_lifecycle=1&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&consultapublicaexterna_WAR_consultapublicaportlet_consultaldNormal=26&consultapublicaexterna_WAR_consultapublicaportlet_javax.portlet.action=downloadArquivo. Acesso em: 15 ago. 2019.

BUSBOOM, J. R.; RULLE, 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, n. 3, p. 1101-1108, Mar. 1991. DOI: 10.2527/1991.6931101x.

CALDER, P. C. N-3 polyunsaturated fatty acids, inflammation, and inflammatory diseases. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 83, Suppl., p. 1505S-19S, 2006. DOI: 10.1093/ajcn/83.6.1505S.

CAMERON, N. D.; ENSER, M. B. Fatty acid composition of lipid in *Longissimus dorsi* muscle of Duroc and british Landrace pigs and its relationship with eating quality. **Meat Science**, v. 29, p. 295-307, 1991. DOI: 10.1016/0309-1740(91)90009-F.

CAMPOS, R. M. L. de; HIERRO, E.; ORDÓÑEZ, 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. DOI: 10.22358/jafs/66913/2006.

CAMPOS, R. M. L. de; HIERRO, E.; ORDÓÑEZ, J. A.; BERTOL, T. M.; TERRA, N. N.; HOZ, L. de. Food chemistry 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. DOI: 10.1016/j.foodchem.2006.10.018.

CARPENTER, R.; O'GRADY, M. N.; O'CALLAGHAN, Y. C.; O'BRIEN, N. M.; KERRY, J. P. Evaluation of the antioxidant potential of grape seed and bearberry extracts in raw and cooked pork. **Meat Science**, v. 76, n. 4, p. 63-74, Aug. 2007. DOI: 10.1016/j.meatsci.2007.01.021.

CICONINI, G.; FAVARO, S. P.; ROSCOE, R.; MIRANDA, C. H. B.; TAPETI, C. F.; MIYAHIRA, M. A. M.; BEARARI, L.; GALVANI, F.; BORSATO, A. V.; COLNAGO, L. A.; NAKA, M. H. Biometry and oil contents of *Acrocomia aculeata* fruits from the Cerrados and Pantanal biomes in Mato Grosso do Sul, Brazil. **Industrial Crops and Products**, v. 45, p. 208-214, 2013.

CIPRIANI, J. Produtores investem na versatilidade da Macaúba em Minas Gerais. **Em.com.br Agropecuário**, Belo Horizonte, 7 de julho de 2017. Disponível em: https://www.em.com.br/app/noticia/agropecuaria/2017/07/17/interna_agropecuaria,884323/produtores-investem-na-versatilidade-da-macauba-em-minas-gerais.shtml. Acesso em: 4 set. 2018.

COIMBRA, M. C.; JORGE, N. Fatty acids and bioactive compounds of the pulps and kernels of Brazilian palm species, guariroba (*Syagrus oleraces*), jervivá (*Syagrus romanzoffiana*) and macaúba (*Acrocomia aculeata*). **Journal Science Food Agriculture**, v. 92, p. 679-684, 2012. DOI: 10.1002/jsfa.4630.

CONAB. **Séries históricas de área plantada, produtividade e produção, relativas às safras 1976/77 a 2015/16 de Grãos, 2001 a 2016**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&>. Acesso em: 20 ago. 2018.

CORINO, C.; MAGNI, S.; PASTORELLI, G.; ROSSI, R.; MOUROT, J. Effect of conjugated linoleic acid on meat quality, lipid metabolism, and sensory characteristics of dry-cured hams from heavy pigs. **Journal of Animal Science**, v. 81, n. 9, p. 2219-2229, Sept. 2003. DOI: 10.2527/2003.8192219x.

DAIUTO, E. R.; TREMOCOLDI, M. A.; ALENCAR, S. M. de; VIEITES, R. L.; MINARELLI, P. H. Composição química e atividade antioxidante da polpa e resíduos de abacate 'hass'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 2, p. 417-424, 2014.

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, Jan. 2005. DOI: 10.1016/j.meatsci.2004.06.017.

DECKERE, 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. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0007114599001518>.

DUARTE, P. F.; CHAVES, M. A.; BORGES, C. D.; MENDONÇA, C. R. B. Avocado: characteristics, health benefits and uses. **Ciência Rural**, v. 46, n. 4, p. 747-754, 2016. DOI: 10.1590/0103-8478cr20141516.

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, Dec. 2004. DOI: 10.4141/A03-121.

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, Sept. 2005. DOI: 10.1016/j.meatsci.2005.05.001.

EASTWOOD, L.; KISH, P.; BEAULIEU, A. D.; LETERME, P. Nutritional value of flaxseed meal for swine and its effects on the fatty acids profile of the carcass. **Journal of Animal Science**, v. 87, n. 11, p. 3607-3619, Nov. 2009. DOI: 10.2527/jas.2008-1697.

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**, v. 55, n. 2, p. 201-212, June 2000. DOI: 10.1016/S0309-1740(99)00144-8.

GALVÃO, M. de S.; NARAIN, N.; NIGAM, N. Influence of different cultivars on oil quality and chemical characteristics of avocado fruit. **Food Science and Technology**, v. 34, n. 3, p. 539-546, 2014. DOI: 10.1590/1678-457X.6388.

GATLIN, A. 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, n. 8, p. 1989-1997, Aug. 2003. DOI: 10.2527/2003.8181989x.

GUGLIUCHI, A. Antioxidant effects of *Ilex paraguariensis*: induction of decreased oxidability of human LDL *in vivo*. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, v. 224, p. 338-344, 1996.

HERNÁNDEZ-LÓPEZ, S. H.; RODRÍGUEZ-CARPENA, J. G.; LEMUS-FLORES, C.; GALINDO-GARCÍA, J.; ESTÉVEZ, M. Antioxidant protection of proteins and lipids in processed pork loin chops through feed supplementation with avocado. **Journal of Food Science and Technology**, v. 53, n. 6, p. 2788-2796, 2016a. DOI: 10.1007/s13197-016-2252-6.

HERNÁNDEZ-LÓPEZ, S. H.; RODRÍGUEZ-CARPENA, J. G.; LEMUS-FLORES, C.; GRAGEOLA-NUÑEZ, F.; ESTÉVEZ, M. Avocado waste for finishing pigs: impact on muscle composition and oxidative stability during chilled storage. **Meat Science**, v. 116, p. 186-192, June 2016. DOI: 10.1016/j.meatsci.2016.02.018.

HERNÁNDEZ-MATAMOROS, A.; PANIAGUA BRENA, M.; IZQUIERDO CEBRIAN, M.; TEJEDA SERENO, J. F.; GONZALEZ SANCHEZ, E. Utilización del alperujo de aceituna y la peladura de tomate en la alimentación del cerdo ibérico. In: JORNADAS DE ESTUDIO, 41.; JORNADAS SOBRE PRODUCCIÓN ANIMAL, 14., 2011, Zaragoza. [Anales]... Zaragoza: Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario, 2011. v. 1. p. 276-278.

HEUZÉ V.; TRAN G.; HASSOUN P.; RENAUDEAU D.; LESSIRE M.; LEBAS F. Linseeds. **Feedipedia, a programme by INRA, CIRAD, AFZ and FAO**. 2015a. Disponível em: <https://feedipedia.org/node/36>. Acesso em: 2 abr. 2018.

HEUZÉ V.; TRAN G.; LEBAS F.; GOMEZ-CABRERA, A. Olive oil cake and by-products. **Feedipedia, a programme by INRA, CIRAD, AFZ and FAO**. 2015c. Disponível em: <http://www.feedipedia.org/node/32>. Acesso em: 13 jul. 2015.

HEUZÉ V.; TRAN G.; LEBAS, F. Camelina (*Camelina sativa*) seeds and oil meal. **Feedipedia, a programme by INRA, CIRAD, AFZ and FAO**. 2015b. Disponível em: <http://www.feedipedia.org/node/4254>. Acesso em: 9 jul. 2015.

HEUZÉ V.; TRAN G.; NOZIÈRE P.; LESSIRE M.; LEBAS F. Linseed meal. **Feedipedia, a programme by INRA, CIRAD, AFZ and FAO**. 2017. <https://www.feedipedia.org/node/735>. Acesso em: 2 abr. 2018.

HIANE, P. A.; PENTEADO, M. de V. C.; BADOLATO, E. Teores de ácidos graxos e composição centesimal do fruto e da farinha de bocaiúva (*Acrocomia mokayáiba* Barb. Rodr.). **Alimentos e Nutrição**, v. 2, p. 21-26, 1990.

IBGE. **Produção Agrícola Municipal**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes.html?edicao=22566&t=resultados>. Acesso em: 6 abr. 2018.

IP, C.; SCIMECA, J. A.; THOMPSON, H. J. Conjugated linoleic acid. A powerful anticarcinogen from animal fat sources. **Cancer**, v. 74, n. 3, p. 1050-1054, Aug. 1994. DOI: 10.1002/1097-0142(19940801)74:3+<1050::aid-cnrcr2820741512>3.0.co;2-i.

ISABEL, B.; LOPEZ-BOTE, C. J.; HOZ, L. de la; TIMÓN, M.; GARCÍA, C.; RUIZ, J. Effects of feeding elevated concentrations of monounsaturated fatty acids and vitamin E to swine on characteristics of dry cured hams. **Meat Science**, v. 64, p. 475-482, Aug. 2003. DOI: 10.1016/S0309-1740(02)00225-5.

JOVEN, M.; PINTOS, E.; LATORRE, M. A.; SUÁREZ-BELLOCH, J.; GUADA, J. A.; FONDEVILA, M. Effect of replacing barley by increasing levels of olive cake in the diet of finishing pigs: Growth performances, digestibility, carcass, meat and fat quality. **Animal Feed Science and Technology**, v. 197, p. 185-193, 2014. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2014.08.007.

JUÁREZ, M.; DUGAN, M. E. R.; ALDAI, N.; AALHUS, J. L.; PATIENCE, J. F.; ZIJLSTRA, 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, Mar. 2010. DOI: 10.1016/j.meatsci.2009.10.015.

JUÁREZ, M.; DUGAN, M. E. R.; ALDAI, N.; AALHUS, J. L.; PATIENCE, J. F.; ZIJLSTRA, R. T.; BEAULIEU, A. D. Increasing omega-3 levels through dietary co-extruded flaxseed Supplementation negatively affects pork palatability. **Food Chemistry**, v. 126, p. 1716-1723, 2011. DOI: 10.1016/j.foodchem.2010.12.065.

KLOAREG, M.; BELLEGO, L. Le; MOUROT, J.; NOBLET, J.; VAN MILGEN, J. Deposition of dietary fatty acids and of the novo synthesized fatty acids in growing pigs: effects of high ambient temperature and feeding restriction. **British Journal of Nutrition**, v. 93, p. 803-811, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1079/BJN20051420>.

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, n. 8, p. 1967-1979, Aug. 2003. DOI: 10.2527/2003.8181967x.

KOUBA, M.; MOUROT, J. Effect of a high linoleic acid diet on lipogenic enzyme activities and on the composition of the lipid fraction of fat and lean tissues in the pig. **Meat Science**, v. 52, p. 39-45, May 1999. DOI: 10.1016/S0309-1740(98)00146-6.

KRIS-ETHERTON, P. M.; PEARSON, T. A.; WAN, Y.; HARGROVE, R. L.; MORIARTY, K.; FISHELL, V.; ETHERTON, T. D. High-monounsaturated fatty acid diets lower both plasma cholesterol and triacylglycerol concentrations. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 70, p. 1009-1015, 1999. DOI: 10.1093/ajcn/70.6.1009.

LAFKA, T. I.; SINANOGLU, V.; LAZOS, E. S. On the extraction and antioxidant activity of phenolic compounds from winery wastes. **Food Chemistry**, v. 104, p. 1206-1214, 2007. DOI: 10.1016/j.foodchem.2007.01.068.

LARICK, D. K.; TURNER, B. E.; SCHOENHERR, W. D.; COFFEY, M. T.; PILKINGTON, D. H. Volatile compound content and fatty acid composition of pork as influenced by linolenic acid content of the diet. **Journal of Animal Science**, v. 70, n. 5, p. 1397-1403, May 1992. DOI: 10.2527/1992.7051397x.

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**, v. 77, n. 1, p. 105-115, Jan. 1999. DOI: 10.2527/1999.771105x.

LO FIEGO, D. P.; SANTORO, P.; MACCHIONI, P.; LEONIBUS, E. de. Influence of genetic type, live weight at slaughter and carcass fatness on fatty acid composition of subcutaneous adipose tissue of raw ham in the heavy pig. **Meat Science**, v. 69, p. 107-114, Jan. 2005. DOI: 10.1016/j.meatsci.2004.06.010.

LOPEZ-BOTE, C. J. Sustained utilization of the Iberian pig breed. **Meat Science**, v. 49, Suppl. 1, p. S17-S27, 1998. DOI: 10.1016/S0309-1740(98)90036-5.

LOPEZ-BOTE, C. J.; REY, A. I.; SANZ, M.; GRAY, J. I.; BUCKLEY, D. J. Dietary vegetable oils and α -tocopherol reduce lipid oxidation in rabbit muscle. **Journal of Nutrition**, v. 127, p. 1176-1182, 1997. DOI: 10.1093/jn/127.6.1176.

LORENZI, G. M. A. C. *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart. - **Arecaceae: bases para o extrativismo sustentável**. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná. Departamento de Fitotecnia e Sanitarismo, Curitiba, PR, 2006.

LU, Q-Y.; ZHANG, Y.; WANG, Y.; WANG, D.; LEE, R.; GAO, K.; BYRNS, R.; HEBER, D. California Hass avocado: Profiling of carotenoids, tocopherol, fatty acid, and fat content during maturation and from different growing áreas. **Journal Agriculture Food Chemistry**, v. 57, p. 10408-10413, 2009. DOI: 10.1021/jf901839h.

MAIRESSE G.; BENET M.; MÉTEAU K.; JUIN H.; DURAND D.; MOUROT J. Effect of plant antioxidant in n-3 polyunsaturated fatty acid-enriched diet on fatty acid composition and sensorial attributes of dry-cured ham. **International Journal Food Science Technology**, v. 46, n. 12, p. 2656-2662, Nov. 2011. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2011.02797.x.

MARTIN, D.; ANTEQUERA, T.; GONZALEZ, E.; LOPEZ-BOTE, C.; RUIZ, R. 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 and Food Chemistry**, v. 55, p. 10820-10826, 2007. DOI: 10.1021/jf072213e.

MARTIN, D.; ANTEQUERA, T.; MURIEL, E.; ANDRES, A. I.; RUIZ, J. Oxidative changes of fresh loin from pig, caused by dietary conjugated linoleic acid and monounsaturated fatty acids, during refrigerated storage. **Food Chemistry**, v. 111, p. 730-737, Nov. 2008b. DOI: 10.1016/j.foodchem.2008.04.048.

MARTIN, D.; MURIEL, E.; ANTEQUERA, T.; PEREZ-PALACIOS, T.; RUIZ, J. Fatty acid composition and oxidative susceptibility of fresh loin and liver from pigs fed conjugated linoleic acid in combination with monounsaturated fatty acids. **Food Chemistry**, v. 108, p. 86-96, 2008c. DOI: 10.1016/j.foodchem.2007.10.048.

MARTIN, D.; MURIEL, E.; GONZALEZ, E.; VIGUERA, J.; RUIZ, J. Effect of dietary conjugated linoleic acid and monounsaturated fatty acids on productive, carcass and meat quality traits of pigs. **Livestock Science**, v. 117, p. 155-164, 2008a. DOI: 10.1016/j.livsci.2007.12.005.

MARTÍNEZ-RAMÍREZ, H. R.; KRAMER, J. K. G.; LANGE, C. F. M. de. Retention of n-3 polyunsaturated fatty acids in trimmed loin and belly is independent of timing of feeding ground flaxseed to growing-finishing female pigs. **Journal of Animal Science**, v. 92, n. 1, p. 238-249, Jan. 2014. DOI: 10.2527/jas.2013-6607.

MAS, G.; LLAVALL, M.; COLL, D.; ROCA, R.; DIAZ, I.; GISPERT, M.; OLIVER, M. S.; REALINI, C. E. Carcass and meat quality characteristics and fatty acid composition of tissues from Pietrain-crossed barrows and gilts fed an elevated monounsaturated fat diet. **Meat Science**, v. 85, p. 707-714, Aug. 2010. DOI: 10.1016/j.meatsci.2010.03.028.

MAS, G.; LLAVALL, M.; COLL, D.; ROCA, R.; DIAZ, I.; OLIVER, M. S.; GISPERT, M.; REALINI, C. E. Effect of an elevated monounsaturated fat diet on pork carcass and meat quality traits and fatty acid composition from York-crossed barrows and gilts. **Meat Science**, v. 89, p. 419-425, Dec. 2011. DOI: 10.1016/j.meatsci.2011.05.011.

MASSAFERA, G.; COSTA, T. M. B.; OLIVEIRA, J. D. D. de. Composição de ácidos graxos do óleo do mesocarpo e da semente de cultivares de abacate (*Persea americana*, Mill.) da região de Ribeirão Preto, SP. **Alimentação e Nutrição**, v. 21, n. 2, p. 325-331, 2010.

MATTHEWS, K. R.; HOMER, D. B.; THIES, F.; CALDER, P. C. Effect of whole linseed (*Linum usitatissimum*) in the diet of finishing pigs on growth performance and on the quality and fatty acid composition of various tissues. **British Journal of Nutrition**, v. 83, p. 637-643, 2000. DOI: 10.1017/s0007114500000817.

MELO, E. de A.; MACIEL, M. I. S.; LIMA, V. L. A. G. de; ARAÚJO, C. R. de. Teor de fenólicos totais e capacidade antioxidante de polpas congeladas de frutas. **Alimentos e Nutrição**, v. 9, n. 1, p. 67-72, 2008.

MELTON, S. L. Effects of feeds on flavor of red meat: a review. **Journal of Animal Science**, v. 68, n. 12, p. 4421-4435, Dec. 1990. DOI: 10.2527/1990.68124421x.

MONZIOLS, M.; BONNEAU, M.; DAVENEL, A.; KOUBA, M. Comparison of the lipid content and fatty acid composition of intermuscular and subcutaneous adipose tissues in pig carcasses. **Meat Science**, v. 76, p. 54-60, May 2007. DOI: 10.1016/j.meatsci.2006.10.013.

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, n. 11, p. 3578-3588, Nov. 2009. DOI: 10.2527/jas.2008-1355.

MYER, R. O.; LAMKEY, J. W.; WALKER, W. R.; BRENDEMUHL, 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, n. 5, p. 1417-1423, May 1992. DOI: 10.2527/1992.7051417x.

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

NGUYEN, L. Q.; NUIJENS, M. C. G. A.; EVERTS, H.; SALDEN, N.; BEYNEN, A. C. Mathematical relationships between the intake of n-6 and n-3 polyunsaturated fatty acids and their contents in adipose tissue of growing pigs. **Meat Science**, v. 65, p. 1399-1406, Dec. 2003. DOI: 10.1016/S0309-1740(03)00062-7.

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, May 2005. DOI: 10.1016/j.meatsci.2004.12.001.

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, May 2009. DOI: 10.1016/j.meatsci.2008.11.006.

OLIVEIRA, A. L.; BRUNINI, M. A.; VISICATO, M. L.; SIQUEIRA, A. M. F. de; VARANDA, D. B. Atributos físicos em abacates (*Persa americana* L) provenientes da região de Ribeirão Preto – SP. **Revista Nucleus**, v. 1, n. 1, p. 259-266, 2003. DOI: 10.3738/nucleus.v1i1.232.

OSTROWSKA, E.; CROSS, R. F.; MURALITHARAN, M.; BAUMAN, D. E.; DUNSHEA, F. R. Dietary conjugated linoleic acid differentially alters fatty acid composition and increases conjugated linoleic acid content in porcine adipose tissue. **British Journal of Nutrition**, v. 90, p. 915-928, 2003. DOI: 10.1079/bjn2003982.

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. DOI: 10.1016/S0163-7827(01)00008-X.

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. DOI: 10.1007/s11745-997-0109-x.

PEREIRA, A. A. F.; TIRAPELI, K. G.; CHAVES-NETO, A. H.; BRASILINO, M. S.; ROCHA, C. Q.; BELLÓ-KLEIN, A.; LLESUY, S. F.; DORNELLES, R. C. M.; NAKAMUNE, A. C. M. *S. Ilex paraguariensis* supplementation may be an effective nutritional approach to modulate oxidative stress during perimenopause. **Experimental Gerontology**, v. 90, p. 14-18, 2017. DOI: 10.1016/j.exger.2017.01.011.

POMPEU, D.; WIEGAND, B. R.; EVANS, H. L.; RICKARD, J. W.; GERLEMANN, G. D.; HINSON, R. B.; CARR, S. N.; RITTER, M. J.; BOYD, R. D.; ALLE, G. L. Effect of corn dried distillers grains with solubles, conjugated linoleic acid, and ractopamine (paylean) on growth performance and fat characteristics of late finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 91, n. 2, p. 793-803, Feb. 2013. DOI: 10.2527/jas.2012-5257.

RAMOS, M. I. L.; RAMOS FILHO, M. M.; HIANE, P. A.; BRAGA NETO, J. A.; SIQUEIRA, E. M. de A. Qualidade nutricional da polpa de bocaiúva *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, Supl., p. 90-94, Dec. 2008. DOI: 10.1590/S0101-20612008000500015.

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, n. 8, p. 2152-2161, Aug. 2001. DOI: 10.2527/2001.7982152x.

REALINI, C. E.; DURAN-MONTGÉ, P.; LIZARDO, R.; GISPERT, M.; OLIVER, M. A.; ESTEVE-GARCIA, E. Effect of source of dietary fat on pig performance, carcass characteristics and carcass fat content, distribution and fatty acid composition. **Meat Science**, v. 85, p. 606-612, Aug. 2010. DOI: 10.1016/j.meatsci.2010.03.011.

RENTFROW, G.; SAUBER, T. E.; ALLE, 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, Aug. 2003. DOI: 10.1016/S0309-1740(02)00215-2.

ROMANS, J. R.; JOHNSON, R. C.; WULF, D. M.; LIBAL, G. W.; COSTELLO, W. J. Effects of ground flaxseed in swine diets on pig performance and on physical and sensory characteristics and omega-3 fatty acid content of pork: I. Dietary level of 15% flaxseed. **Journal of Animal Science**, v. 73, n. 7, p. 1982-1986, July 1995b. DOI: 10.2527/1995.7371982x.

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 and on physical and sensory characteristics and omega-3 fatty acid content of pork: II. Duration of 15% dietary flaxseed. **Journal of Animal Science**, v. 73, n. 7, p. 1987-1999, July 1995a. DOI: 10.2527/1995.7371987x.

ROTAVA, R.; ZANELLA, I.; SILVA, L. P. da; MANFRON, M. P.; CERON, C. S.; ALVES, S. H.; KARKOW, A. K.; SANTOS, J. P. A. Antibacterial, antioxidant and tanning activity of grape by-product. **Ciência Rural**, v. 39, n. 3, p. 91-96, 2009. DOI: 10.1590/S0103-84782009000300051.

RUSSO, G. L. Dietary n-6 and n-3 polyunsaturated fatty acids: From biochemistry to clinical implications in cardiovascular prevention. **Biochemical Pharmacology**, v. 77, p. 937-946, 2009. DOI: 10.1016/j.bcp.2008.10.020.

SAUVANT, D.; HEUZÉ, V.; TRAN, G.; LESSIRE, M. Rapeseeds and canola seeds. **Feedipedia, a programme by INRA, CIRAD, AFZ and FAO**. 2015. Disponível em: <http://www.feedipedia.org/node/15617>. Acesso em: 9 jul. 2017.

SCHINELLA, G. R.; TROIANI, G.; DA VILA, V.; BUSCHIAZZO, P. M. de, TOURNIER, H. A. Antioxidant effects of an aqueous extract of *Ilex paraguariensis*. **Biochemical Biophysical Research Communications**, v. 269, p. 357-360, Mar. 2000. DOI: 10.1006/bbrc.2000.2293.

SHEARD, P. R.; ENSER, M.; WOOD, J. D.; NUTE, G. R.; GILL, B. P.; RICHARDSON, R. I. Shelf life of pork and pork products with raised n-3 PUFA. **Meat Science**, v. 55, p. 213-221, Aug. 2000. DOI: 10.1016/S0309-1740(02)00215-2.

SHI, J.; YU, J.; POHORLY, J. E.; KAKUDA, Y. Polyphenolics in grape seeds – biochemistry and functionality. **Journal of Medicinal Food**, v. 6, n. 4, p. 291-299, 2003. DOI: 10.1089/109662003772519831.

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.

SILVA, K. P. D.; NANTES, E. C. S.; CAMPOS, R. P.; MILÃO, E. C.; CALARGE, A. Caracterização da polpa de bociuva congelada. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE CIÊNCIA DE ALIMENTOS, 11., 2015. **Anais...** vol. 2, Campinas: UNICAMP, 2015.

SILVEIRA-ALMEIDA, B. C. **Utilização do bagaço de uva em rações para suínos em terminação**. Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia, Recife, PE, 2017.

SIMOPOULOS, A. P. The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids. **Biomedicine & Pharmacotherapy**, v. 56, n. 8, p. 365-379, Oct. 2002.

SMITH, D. R.; KNABE, D. A.; SMITH, S. B. Depression of lipogenesis in swine adipose tissue by specific dietary fatty acids. **Journal of Animal Science**, v. 74, n. 5, p. 975-983, May 1996. DOI: 10.2527/1996.745975x.

SMITH, R. D.; KELLY, C. N. M.; FIELDING, B. A.; HAUTON, D.; RENUKA, K. D.; SILVA, R.; NYDAHL, M. C.; MILLER, G. J.; WILLIAMS, C. M. Long-term monounsaturated fatty acid diets reduce platelet aggregation in healthy young subjects. **British Journal of Nutrition**, v. 90, p. 597-606, 2003. DOI: 10.1079/bjn2003953.

SMITH, S. B.; HIVELEY, T. S.; CORTESE, G. M.; HAN, J. J.; CHUNG, K. Y.; CASTEÑADA, P.; GILBERT, C. D.; ADAMS, V. L.; MERSMANN, H. J. Conjugated linoleic acid depresses the Δ^9 desaturase index and stearoyl coenzyme A desaturase enzyme activity in porcine subcutaneous adipose tissue. **Journal of Animal Science**, v. 80, n. 8, p. 2110-2115, Aug. 2002. DOI: 10.1093/ansci/80.8.2110.

SU, B.; WANG, L.; WANG, H.; SHI, B.; SHAN, A.; LI, Y. Conjugated linoleic acid and betain prevent pork quality issues from diets containing distillers' dried grains with soluble. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 93, n. 4, p. 477-485, Dec. 2013. DOI: 10.4141/cjas2013-056.

TARLADGIS, B. G.; WATTS, B. M.; YOUNATHAN, M. T. A Distillation method for quantitative determination of malonaldehyde in rancid foods. **The Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 37, n. 1, p. 44-48, 1960. DOI: 10.12691/ajfst-2-1-6.

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, May 2006. DOI: 10.1016/j.meatsci.2005.11.010.

TRENTINI, C. P.; OLIVEIRA, D. M.; ZANETTE, C. M.; SILVA, C. da. Low-pressure solvent extraction of oil from macaúba (*Acrocomia aculeata*) pulp: characterization of oil and defatted meal. **Ciência Rural**, v. 46, n. 4, p. 725-731, 2016. DOI: 10.1590/0103-8478cr20150740.

USDA. Department of Agriculture. **United States USDA national nutrient database for standard reference**. Release 28. Washington D.C.: Department of Agriculture (USDA), 2018. Disponível em: <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/search/list>. Acesso em: 8 jul. 2018.

VANDERJAGT, T. J.; GHATTAS, R.; VANDERJAGT, D. J.; CROSSEY, M.; GLEW, R. H. Comparison of the total antioxidant content of 30 widely used medicinal plants of New Mexico. **Life Sciences**, v. 70, p. 1035-1040, 2002. DOI: 10.1016/s0024-3205(01)01481-3

VEDANA, M. I. S.; ZIEMER, C.; MIGUEL, O. G.; PORTELLA, A. C.; CANDIDO, L. M. B. Efeito do processamento na atividade antioxidante de uva. **Alimentos e Nutrição**, v. 19, n. 2, p. 159-165, 2008.

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, Aug. 1998. DOI: 10.1016/S0309-1740(98)00011-4.

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, n. 3, p. 720-732, Mar. 2006. DOI: 10.2527/2006.843720x.

WHITTINGTON, F. M.; PRESCOTT, N. J.; WOOD, J. D.; ENSER, M. The effect of dietary linoleic acid on the firmness of backfat in pigs of 85 kg live weight. **Journal of Science of Food Agriculture**, v. 37, n. 8, p. 753-761, Aug. 1986.

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, n. 8, p. 2187-2195, Aug. 2001. DOI: 10.2527/2001.7982187x.

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, n. 3, p. 637-643, Mar. 2002. DOI: 10.2527/2002.803637x.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Interim summary of conclusions and dietary recommendations on total fat & fatty acids**. Genebra, 10-14 nov. 2008. Joint FAO/WHO expert consultation on fats and fatty acids in human nutrition Disponível em: http://www.who.int/nutrition/topics/FFA_summary_rec_conclusion.pdf. Acesso em: 25 jul. 2013.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. WHO and FAO joint consultation: fats and oils in human nutrition. **Nutrition Reviews**, v. 53, n. 7, p. 202-205, 1995.

YAN, L.; KIM, I. H. Effect of dietary grape pomace fermented by *Saccharomyces boulardii* on the growth performance, nutrient digestibility and meat quality in finishing pigs. **Asian-Australasian Journal of Animal Science**, v. 24, n. 12, p. 1763-70, 2011. DOI: 10.5713/ajas.2011.11189.

YING, W.; TOKACH, M. D.; DEROUCHÉY, J. M.; HOUSER, T. E.; DRITZ, S. S.; GOODBAND, R. D.; NELSEN, J. L. Effects of dietary L-carnitine and dried distillers grains with solubles on growth, carcass characteristics, and loin and fat quality of growing-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 91, n. 7, p. 3211-3219, July 2013. DOI: 10.2527/jas.2012-5606.

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**, v. 49, n. 3, p. 309-320, 1998. DOI: 10.1016/S0309-1740(97)00131-9.

ZAWADSKI, A. de; ARRIVETTI, L. O. R.; VIDAL, M. P.; CATAI, J. R.; NASSU, R. T.; TULLIO, R. R.; BERNDT, A.; OLIVEIRA, C. R.; FERREIRA, A. G.; NEVES-JUNIOR, L. F.; COLNAGO, L. A.; SKIBSTED, L. H.; CARDOSO, D. R. Mate extract as feed additive for improvement of beef quality. **Food Research International**, v. 99, p. 336-347, Sep. 2017. DOI: 10.1016/j.foodres.2017.05.033.

Capítulo 5

Antioxidantes naturais na alimentação de suínos: efeitos sobre a estabilidade oxidativa e qualidade da carne

*Daniela Miotto Bernardi
Valdemiro Carlos Sgarbieri*



Introdução

A carne é o resultado de reações físico-químicas pelas quais o tecido muscular do animal passa antes e após o abate. Possui uma estrutura complexa, formada por água, proteínas, lipídios e quantidades variáveis de vitaminas, minerais, glicogênio e compostos nitrogenados não proteicos. A composição da carne propicia um sistema altamente susceptível à deterioração química e microbiológica (Ordoñez, 2006; Shah et al., 2014).

As reações de oxidação são processos naturais e inevitáveis em sistemas biológicos e são as principais causas não microbianas de deterioração de carnes e produtos cárneos, pois induzem a modificações lipídicas e proteicas que afetam significativamente as propriedades nutricionais e também sensoriais da carne, resultando em redução na vida de prateleira e em perdas econômicas. Além disso, para os consumidores, a ingestão de alimentos oxidados pode causar injúria celular e contribuir na progressão de uma série de doenças crônicas-degenerativas (Bakar et al., 2009; Shah et al., 2014; Girgih et al., 2015; Bernardi et al., 2016a).

Muitos autores sustentam que existe uma interdependência entre a oxidação lipídica e a alteração da cor em carnes, onde a oxidação da mioglobina pode catalisar a oxidação lipídica, assim como, os radicais produzidos durante a oxidação lipídica podem oxidar o átomo de ferro ou desnaturar a molécula de mioglobina (Carpenter et al., 2007).

A oxidação lipídica pode ser catalisada por fatores como presença de oxigênio, de metais de transição, de enzimas, de pigmentos, incidência de luz, elevação de temperatura, alta atividade de água ou atividade de água inferior a 0,3. Portanto, estes catalisadores de oxidação são fatores intrínsecos e extrínsecos que estão relacionados ao armazenamento e/ou processamento das carnes e produtos cárneos. Conforme apresentado no Capítulo 4 deste livro, atualmente existem pesquisas voltadas ao aumento do teor de ácidos graxos monoinsaturados (MUFA) e poli-insaturados (PUFA) na carne suína e sabe-se que a presença de MUFA e PUFA também favorece consideravelmente as reações de oxidação, principalmente os PUFA, pois as duplas ligações na cadeia hidrocarbônica possuem maior reatividade e menor estabilidade (Decker et al., 2012).

Neste contexto, a presença de antioxidantes naturais em carnes pode ser positiva tecnologicamente uma vez que estes compostos podem prevenir a oxidação de lipídeos, colesterol e proteínas, reduzindo perdas e aumentando a vida de prateleira dos produtos. A presença de antioxidantes na carne também pode ser positiva do ponto de vista fisiológico-funcional, pois esses compostos podem atuar favoravelmente na saúde do consumidor, conferindo assim, “alegações funcionais” à carne e aos produtos cárneos.

Antioxidantes: definições mecanismos de ação

Antioxidantes são substâncias que, presentes em baixas concentrações quando comparados a um substrato oxidável, atrasam ou inibem a oxidação do substrato de maneira eficaz. Quimicamente, existem muitos compostos que apresentam ação antioxidante, alguns são sintéticos e outros são extraídos de produtos naturais.

Os produtos sintéticos ainda são muito utilizados e os fenólicos sintéticos destacam-se devido à alta capacidade de sequestrarem os radicais livres, sendo que o butilhidroxitolueno (BHT), o butilhidroxianizol (BHA), o butilhidroxiquinona terciária (TBHQ) e o galato de propila (GP) são os principais exemplos (McClements; Decker, 2010). Apesar da efetividade, os antioxidantes sintéticos em geral são voláteis e podem ser degradados em altas temperaturas (Boroski et al., 2015). Além disso, seu emprego em produtos alimentícios e na ração animal tem sido alvo de muitos questionamentos em relação à segurança destas substâncias, tanto para humanos como para os animais, pois efeitos tóxicos têm sido relatados (Shah et al., 2014; Bernardi et al., 2016a).

Dessa forma, nos últimos anos têm se intensificado os estudos que visam a identificação de compostos naturais efetivos no retardo de reações de oxidação em alimentos e em sistemas biológicos. Estes compostos possuem interesse científico devido a sua eficiência na manutenção das propriedades sensoriais e extensão da vida de prateleira dos alimentos, bem como pelo fato de que seu consumo está associado à redução do risco de desenvolvimento de doenças crônicas e/ou degenerativas, portanto, estão inseridos nos estudos acerca dos alimentos funcionais (Bernardi et al., 2016a).

Para serem considerados naturais, os antioxidantes devem ser obtidos de fontes naturais e não produzidos em laboratório (Brewer, 2011), sendo que podem ser isolados de diferentes matérias-primas de origem animal, de diferentes partes de plantas, bem como de subprodutos da indústria de alimentos.

A proteção antioxidante de produtos naturais pode ocorrer por vários mecanismos, tais como pela inibição da geração e sequestro de espécies reativas de oxigênio e nitrogênio, pela capacidade de redução e capacidade quelante de metal, pela ativação da atividade de enzimas antioxidantes e pela inibição de enzimas oxidativas (Huang et al., 2005; Shah et al., 2014). Apesar destes compostos possuírem um mecanismo principal de atividade antioxidante, os estudos demonstram que eles podem ser multifuncionais (Bakar et al., 2009).

A determinação da atividade antioxidante dos produtos naturais pode ser feita por métodos *in vivo* e *in vitro*. Os primeiros serão discutidos mais adiante, pois tratam da adição destes compostos na dieta animal ou em diferentes sistemas biológicos com posterior avaliação de sua eficácia perante a oxidação nos tecidos. Os métodos *in vitro* avaliam a eficiência do antioxidante em um modelo laboratorial, sendo esta avaliação realizada por meio dos métodos químicos que em geral são rápidos, de fácil reprodução e acessíveis. Considerando que avaliações *in vitro* são relativamente rápidas e simples, são ferramentas importantes para realizar uma pré-seleção das amostras antes de serem feitos os testes *in vivo*, o que resulta em reduções de custos desnecessários e em menor uso de animais experimentais (Boroski et al., 2015).

Os métodos químicos diferem em relação aos substratos, sondas, condições de reação, e método de quantificação. Com base na reação química, estes métodos podem ser divididos em duas categorias principais:

- a) **Métodos diretos:** que são baseados em reações de transferência de átomo de hidrogênio.
- b) **Métodos indiretos:** que são baseados em reações de transferência de elétrons (Huang et al., 2005).

Na Tabela 1, seguem os principais métodos empregados e seus respectivos princípios.

Tabela 1. Métodos *in vitro* de determinação da capacidade antioxidante.

Métodos de transferência de átomo de hidrogênio	Capacidade de absorção do radical oxigênio (ORAC)	Método espectrofluorimétrico que determina a captura de radicais pelos antioxidantes empregando a fluoresceína como substrato fluorescente
	Potencial de absorção total de radical (TRAP)	Método espectrofluorimétrico que determina a captura radicalar pelos antioxidantes empregando a proteína R-ficoeritrina como substrato fluorescente
	Inibição de oxidação do ácido linoleico	Método espectrofotométrico que determina a captura radicalar usando ácido linoleico como marcador
	Ensaio de redução do β -caroteno	Método espectrofotométrico que determina a captura radicalar pelos antioxidantes empregando o β -caroteno como marcador
Métodos de transferência de elétrons	Poder de redução	Método espectrofotométrico que determina o poder de redução de antioxidantes. Este método pode ser feito utilizando-se o ferrocianeto de potássio ou o 2,4,6-tripiridil-1,3,5-triazina (FRAP)
	Folin-Ciocalteu	Método espectrofotométrico que determina a quantidade de compostos fenólicos na amostra
	ABTS	Método espectrofotométrico que determina a capacidade do antioxidante em transferir elétrons para estabilizar o cátion radicalar ABTS ^{•+}
	DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl)	Método espectrofotométrico que determina a capacidade do antioxidante em transferir elétrons para estabilizar o radical livre DPPH

Fonte: Huang et al. (2005) e Boroski et al. (2015).

Considerando a diversidade de metodologias para determinar a atividade antioxidante *in vitro*, fica claro que é difícil comparar os resultados obtidos pelos diferentes métodos. Sendo assim, recomenda-se a realização de diferentes testes químicos antes do ensaio *in vivo*, a fim de garantir que o produto a ser testado na alimentação animal realmente apresente potencial antioxidante (Huang et al., 2005).

Principais compostos naturais com ação antioxidante

Os compostos naturais que têm demonstrado efeito antioxidante em carnes e produtos cárneos são a vitamina E, vitamina C, compostos fenólicos, carotenoides, certos peptídeos formados durante a hidrólise de proteínas e alguns metais que atuam como cofatores de enzimas que tem atividade antioxidante (Bakar et al., 2009; Samaranayaka; Li-Chan, 2011; Bernardi et al., 2016a).

Vitamina E é o termo genérico usado para os grupos derivados de tocoferóis e tocotrienóis que tem atividade desta vitamina, sendo o alfa-tocoferol o mais bioativo. Para que um composto tenha atividade de vitamina E, ele deve conter um anel duplo (núcleo cromanol), com o carbono 6 ligado a uma hidroxila e carbono 2 ligado à um grupo metil, além de uma cadeia lateral de 16 carbonos (McClements; Decker, 2010; Boroski et al., 2015). Os tocoferóis possuem cadeia lateral saturada, enquanto que os tocotrienóis possuem cadeia lateral insaturada (Figura 1).

A vitamina E é um potente antioxidante lipossolúvel, e o potencial antioxidante desta vitamina é devido principalmente a sua capacidade de retardar a propagação da reação de auto-oxidação, pois atua como sequestrador de radicais peroxila. Os radicais livres reagem mais rapidamente com a vitamina E do que com PUFA's, sendo por este motivo que a vitamina E atua na prevenção da oxidação de lipídeos insaturados da membrana celular, tendo efeito estabilizante de membranas (Sales; Koukolová, 2011).

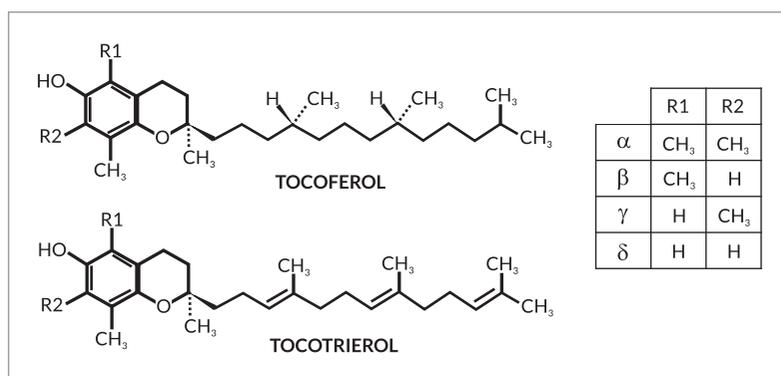


Figura 1. Estrutura química geral dos tocoferóis e tocotrienóis.

A estrutura química da vitamina C, também conhecida como ácido ascórbico, está apresentada na Figura 2, sendo que ela pode se apresentar biologicamente ativa na forma reduzida ou oxidada. O poder antioxidante desta vitamina se deve à capacidade redutora que possui. É importante ressaltar que, apesar do alto poder antioxidante, em presença de metais a vitamina C pode atuar como agente pró-oxidante (Boroski et al., 2015).

A vitamina C e certas substâncias fenólicas [(+)catequinas, (-) epicatequinas e quercitinas], podem atuar *in vivo* de forma indireta como antioxidantes, aumentando as concentrações teciduais de vitamina E. Um dos mecanismos sugeridos é que quando presentes na ração, ingeridas, absorvidas e distribuídas aos tecidos, essas substâncias podem atuar como “poupadores” e “recicladores” da forma oxidada da vitamina E (Frank, 2005; Gladine et al., 2007).

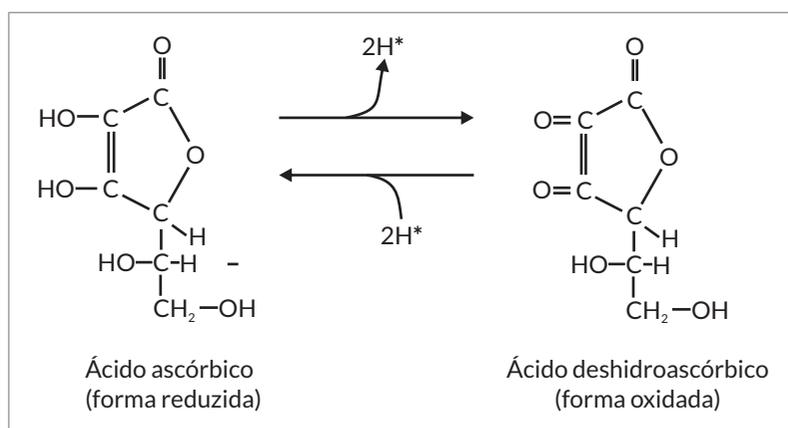


Figura 2. Estrutura química da vitamina C.

Os compostos fenólicos são substâncias que possuem pelo menos um grupamento hidroxílico ligado ao anel benzênico (estrutura fenólica), sendo que a posição e o número de hidroxilas na estrutura fenólica são determinantes do potencial antioxidante. Estes compostos são conhecidos por sua capacidade de atuarem como sequestradores de radicais livres, uma vez que transferem elétrons e/ou doam hidrogênios aos radicais livres (Brewer, 2011), além de possuírem o já citado

potencial “regenerante” da vitamina E (Frank, 2005). Sugeriram ainda que existe um efeito sinérgico entre polifenóis e vitamina E.

Existem subclasses para os compostos fenólicos, sendo que em frutas e vegetais a maior parte é composta pelos flavonoides e a menor parte por ácidos fenólicos e outros compostos como taninos. Os ácidos fenólicos são subdivididos em ácidos hidroxibenzoicos e ácidos hidroxicinâmicos, sendo que os ácidos gálico, protocatecuico, vanílico e siríngico são representantes do primeiro grupo, enquanto que os ácidos p-cumárico, cafeico, ferrúlico e sinápico pertencem ao segundo grupo (Boroski et al., 2015).

Os flavonoides, por sua vez, dividem-se em flavonóis, catequinas (flavonóis), flavonas, flavononas, antocianidinas e isoflavonoides. A seguir, são apresentados os principais compostos pertencentes à cada um destes grupos (Boroski et al., 2015):

- **Flavonóis:** quercitina, kaempferol, miricetina, galangina e fisetina.
- **Catequinas:** catequina, epicatequina, epigalocatequina, galato de epicatequina, galato de epigalatocatequina.
- **Flavonas:** apigenina, crisina e luteolina.
- **Flavanonas:** eriodictiol, hesperitina, naringinina.
- **Antocianinas:** cianidina, pelargonidina, delphinidina, peonidina, malvidina.
- **Isoflavonoides:** genisteína, daidzeina, gliciteína, formononetina.

A estrutura geral dos flavonoides está apresentada na Figura 3. Em geral, a atividade antioxidante e a capacidade quelante de metais destes compostos está relacionada ao número e posição das hidroxilas no anel B, especialmente relacionada à presença de um grupamento orto-di-hidroxi no anel B, assim como relacionada à presença do grupo cetol no anel C (Brewer, 2011; Boroski et al., 2015).

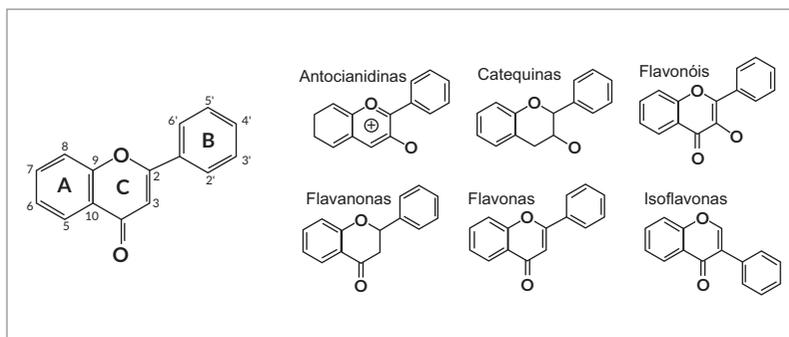


Figura 3. Estrutura química dos principais flavonoides.

Os carotenoides (Figura 4) são classificados quimicamente como tetraterpenoides com 40 carbonos, constituídos por uma cadeia hidrocarbônica conjugada, com presença de hidroxilas e carbonila em suas extremidades. As duplas ligações conjugadas (derivados de isopreno) garantem uma capacidade de absorver o excesso de energia de outras moléculas, característica que pode justificar sua ação antioxidante. Além disso, possuem capacidade de fornecer hidrogênio e/ou elétrons aos radicais livres (Bakar et al., 2009; Brewer, 2011; Rajput et al., 2014). Alguns autores sugerem ainda que os carotenoides podem tornar as membranas celulares menos permeáveis à entrada de espécies reativas de oxigênio e nitrogênio (Boroski et al., 2015).

Pesquisas publicadas recentemente demonstraram que certos peptídeos formados a partir da hidrólise de proteínas também possuem potencial antioxidante (Samaranayaka; Li-Chan, 2011; Bernardi et al., 2016b). Quanto ao mecanismo de ação antioxidante, este ainda não está totalmente esclarecido, mas sabe-se que durante a hidrólise ligações peptídicas são clivadas, produzindo peptídeos capazes de sequestrar radicais de oxigênio e quelar íons de metais pró-oxidantes, inibindo assim a peroxidação lipídica. Sabe-se ainda que a sequência, a composição, a massa molecular e a hidrofobicidade dos aminoácidos são determinantes na intensidade da atividade antioxidante. Por exemplo, a presença de um ou mais resíduos de histidina, prolina, metionina, cisteína, valina, tirosina, triptofano e fenilalanina pode aumentar a atividade antioxidante dos peptídeos (You et al., 2010; Samaranayaka; Li-Chan, 2011).

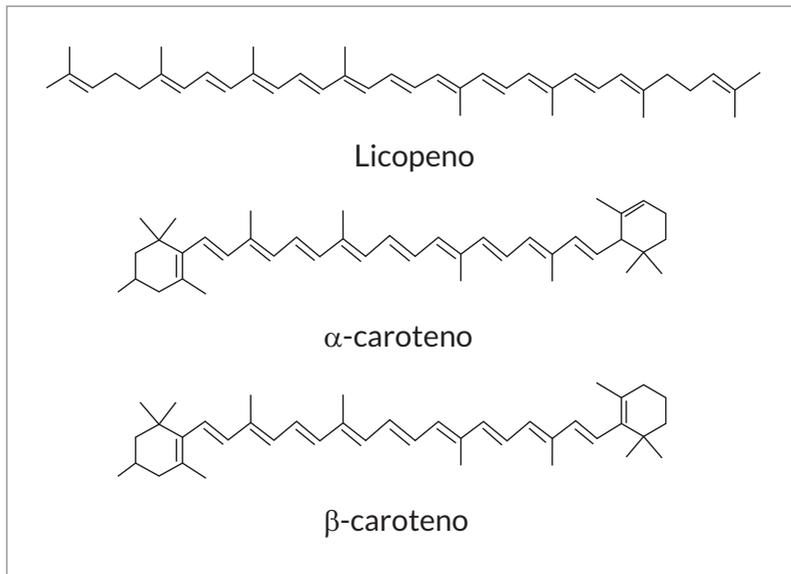


Figura 4. Estrutura química dos carotenoides licopeno, α -caroteno e β -caroteno.

Antioxidantes naturais na alimentação animal

A incorporação de antioxidantes naturais em carnes e produtos cárneos vêm sendo estudada por meio de duas diferentes formas de abordagem:

- a) Adição de antioxidantes naturais na alimentação animal;
- b) Adição de antioxidantes naturais diretamente na carne e/ou nos produtos cárneos (Bernardi et al., 2016a).

Muitos compostos naturais foram testados paralelamente pelas duas linhas, porém o objetivo deste capítulo é abordar os resultados do efeito dos antioxidantes naturais adicionados na alimentação animal. Para os leitores interessados na adição de antioxidantes naturais diretamente em produtos cárneos, sugerimos as seguintes revisões de literatura: Hygreeva et al., (2014); Shah et al., (2014); Bernardi et al., (2016a).

Conforme discutido anteriormente, os produtos naturais com potencial para serem testados na alimentação animal devem passar por um *screening in vitro* antes dos ensaios biológicos. A capacidade antioxidante destes produtos normalmente decorre da alta concentração de compostos bioativos que fazem parte naturalmente da estrutura dos alimentos e de seus subprodutos. Entretanto, conforme será visto a seguir, embora muitos produtos naturais tenham apresentado resultados positivos nos testes *in vivo*, muitos outros demonstraram efetividade apenas em algumas espécies animais, enquanto outros, ainda, não tiveram qualquer efeito antioxidante nos tecidos avaliados.

A avaliação do efeito dos antioxidantes naturais presentes na dieta sobre a prevenção/retardo das reações de oxidação nos tecidos é de grande dificuldade e muitas variáveis devem ser consideradas. Alguns autores (Gladine et al., 2007) sugerem que provavelmente os antioxidantes, em especial os compostos fenólicos, têm maior atividade em órgãos mais sensibilizados, como o fígado. Além disso, acreditam que o fígado é o primeiro local onde os antioxidantes podem atuar e que, provavelmente devido ao alto metabolismo neste órgão, é possível que percam parte da bioatividade antes de chegarem aos demais tecidos. Outro fator que deve ser considerado é a biodisponibilidade *in vivo*, ou seja, muitos antioxidantes podem ter biodisponibilidade *in vivo* diminuída por diferentes fatores capazes de afetar sua absorção como, por exemplo, a presença de agentes complexadores na dieta ou mesmo os próprios processos de digestão e fermentação colônica intestinal que podem degradar os antioxidantes antes mesmo de serem absorvidos (Ward et al., 2004; Gladine et al., 2007).

A Tabela 2 apresenta uma série de resultados obtidos com produtos naturais e seus derivados quando adicionados à ração de suínos, relativos ao poder antioxidante detectado na carne após o abate. Posteriormente, os resultados da incorporação dietética de antioxidantes naturais serão abordados em maior profundidade.

Tabela 2. Frutas, folhas, ervas e especiarias testados na alimentação de suínos visando promover efeito antioxidante na carne pós-abate.

Produto testado	Resultados obtidos quanto ao potencial antioxidante	Referências
Uva (bagaço, casca, semente, extratos)	Confirmado	Yan e Kim (2011) Mairesse et al. (2011)
	Não confirmado	Bertol et al. (2017) Bernardi (2016) O'Grady et al. (2008)
Extrato misto de uvas, nozes e frutas cítricas	Confirmado	Tejeda e Gonza (2007)
Extrato de castanha	Confirmado	Tejeda e Gonza (2007)
Airela	Não confirmado	Larraín et al. (2008)
Bearberry	Não confirmado	O'Grady et al. (2008)
Alfarroba (bagaço)	Não confirmado	Inserra et al. (2015)
Morango	Confirmado	Pajk et al. (2006)
Maçãs (fruta e bagaço)	Confirmado	Pajk et al. (2006) Sehm et al. 2011
Tomates (fruta e bagaço)	Confirmado	Pajk et al. (2006)
	Não confirmado	Chung et al. (2014)
Alecrim (planta e extratos)	Não confirmado	Haak et al. (2008) Cullen et al. (2005)
Chá verde (folhas e subprodutos)	Confirmado	Hossain et al. (2012) Sarker et al. (2010)
	Não confirmado	Augustin et al. (2008)
Extratos misto de orégano, canela e pimenta mexicana	Confirmado	Kołodziej-Skalska et al. (2011)
Orégano	Não confirmado	Simitzis et al. (2010)
	Confirmado	Lahucky et al. (2010)
Erva-cidreira	Confirmado	Lahucky et al. (2010)
Sálvia	Confirmado potencial antioxidante	Lahucky et al. (2010)
Extratos de verbenaceas	Confirmado	Corino et al., (2007) Rossi, et al. (2013)
Oliveira (folhas)	Confirmado	Botsoglou et al. (2012)
Extrato de <i>Valeriana officinalis</i> L. e <i>Passiflora incarnata</i> L.	Não confirmado	Peeters et al. (2006)

Tabela 2. Continuação.

Produto testado	Resultados obtidos quanto ao potencial antioxidante	Referências
Alho	Confirmado	Cullen et al., (2005) Omojola et al. (2009)
Algas marinhas	Confirmado	Moroney et al. (2012)
Hidrolisado de proteína de peixe	Não confirmado	Bernardi (2016)

Produtos com ação antioxidante obtidos de diferentes frações de plantas

O poder antioxidante da incorporação dietética de uma grande variedade de plantas vem sendo testado nos últimos anos por diferentes autores. Os produtos testados vão desde plantas inteiras, frutos, folhas, extratos e até mesmo como óleos essenciais. Os resultados da incorporação dietética destes produtos variam, sendo identificado efeitos sobre a qualidade da carne e produtos cárneos, efeitos sobre o perfil sérico e até efeitos sobre qualidade de carcaça e desenvolvimento do animal. De maneira geral, plantas são produtos de grande destaque em relação ao poder antioxidante, uma vez que muitas possuem altas concentrações de compostos fenólicos, terpenoides, lignana, taninos, carotenoides e vitamina C.

Uva e extratos de frações da uva combinados a outros produtos

A uva (*Vitis vinífera*), suas sementes, a casca e até mesmo o bagaço residual do processamento do vinho vêm sendo estudados na preservação lipídica da carne, especialmente devido à presença de compostos fenólicos (Lafka et al., 2007). Foram conduzidos estudos com diferentes espécies de animais e a inclusão dietética de extratos e bagaço de uva apresentou efeito antioxidante em frangos (Brenes et al., 2008; Sáyago-Ayerdi et al., 2009; Chamorro et al., 2015), ratos (Gladine et al., 2007), ovelhas (Jerónimo et al., 2012). Em suínos, conforme será discutido a seguir, alguns dos estudos comprovaram efeito antioxidante da uva, enquanto outros apresentaram resultados inconclusivos.

Yan e Kim (2011) verificaram que a inclusão de bagaço de uva (3%) na ração de suínos, promoveu significativo aumento nos valores de a^* da carne e redução nas concentrações cárneas de malonaldeído (MDA), medido pelo método que determina as substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS). Mairesse et al., (2011) comprovaram que a presença dietética de extrato contendo alto teor de polifenóis de uva promoveu efeito antioxidante e atuou na redução de produção de MDA na carne de suínos alimentados com linhaça. Da mesma forma, Tejeda e Gonza (2007) comprovaram que a presença de extrato natural de flavonoides (de uvas, nozes e frutas cítricas - 2 g/kg) e extrato fenólico (da castanha - 8 g/kg), reduziram a oxidação lipídica de costelas durante o armazenamento refrigerado.

Bertol et al. (2017) verificaram que a suplementação com bagaço de uva (3% / 5%, 6% / 10% por 21 e 17 dias, respectivamente) promoveu maior valor de a^* na carne, porém não foi capaz de reduzir a concentração de MDA. Resultado similar foi obtido por Bernardi (2016), que verificaram que a incorporação de extrato de semente de uva (0,0022 %) na dieta de suínos foi capaz de melhorar o escore de cor da carne e a aceitabilidade de produto cárneo, porém, não foi observado efeito protetor sobre os resultados de oxidação da carne (TBARS) e estabilidade oxidativa da gordura (Rancimat). Além disso, estes mesmos autores verificaram que a suplementação com bagaço de uva (10%) não interferiu na oxidação da carne (TBARS), estabilidade oxidativa da gordura (Rancimat), cor da carne (escore e valores de L^* , a^* e b^*) e aceitabilidade de produto cárneo. Da mesma forma, O'Grady et al. (2008) também não observaram redução na oxidação lipídica e proteica na carne de suínos que tiveram adição de extrato de semente de uva (100 mg/kg, 300 mg/kg e 700 mg/kg) na dieta.

A adição de bagaço de uva na dieta de suínos também foi efetiva no aumento da microbiota saudável no intestino, bem como na melhora de parâmetros séricos relacionados com imunidade e resposta inflamatória (Sehm et al., 2011). Por outro lado, Bernardi (2016) não observaram aumento nos antioxidantes séricos com suplementação de bagaço ou extrato de semente de uva.

Vale ressaltar também que a presença do bagaço de uva ou de extratos de semente nas concentrações até então testadas na dieta não afetaram a performance e qualidade da carcaça dos animais (Yan; Kim, 2011; Peiretti et al., 2013; Bernardi, 2016).

Berries, maçã, tomate e alfarroba

A *bearberry*, conhecida como *Uva Ursi*, foi testada na alimentação de suínos (100 mg/kg, 300 mg/kg e 700 mg/kg) devido ao alto teor de compostos fenólicos, porém não apresentou efeito antioxidante sobre a carne (O'Grady et al., 2008). O suco desidratado de *cranberry* foi testado na dieta de suínos (15%) devido aos altos teores de antocianinas da fruta, porém a incorporação não promoveu redução na oxidação da carne, pelo contrário, houve um aumento nas reações de oxidação (Larraín et al., 2006). Efeitos pró-oxidantes dos compostos fenólicos também foram demonstrados por outros autores (Gladine et al., 2007)

Morango (*Fragaria*), maçãs (*Malus domestica*) e tomates (*Solanum lycopersicum*), isoladamente, ou em blend, foram adicionados na dieta de leitões e apresentaram efeito protetor sobre parâmetros de oxidação sanguíneos (Pajk et al., 2006). O *blend* das frutas foi o mais eficiente na redução nas concentrações de MDA sérico e, isoladamente, a maçã foi a que apresentou o maior potencial antioxidante (Pajk et al., 2006). A adição de bagaço de maçã na dieta de suínos também foi efetiva no aumento da microbiota saudável no intestino, bem como na melhora de parâmetros séricos relacionados com imunidade e resposta inflamatória, sendo os efeitos positivos associados aos compostos fenólicos na fruta (Sehm et al., 2011).

O tomate possui alto teor de licopeno, que é um carotenoide com elevado potencial antioxidante *in vitro*, e, conforme citado anteriormente, em *blend* com outras frutas apresentou potencial antioxidante quando adicionado na dieta de suínos (Pajk et al., 2006). Subprodutos do processamento do tomate também foram testados na alimentação de suínos (3% e 5%) e promoveram efeitos positivos sobre a textura, porém não sobre parâmetros de oxidação da carne (Chung et al., 2014). Entretanto, são necessários mais estudos com suínos para avaliar esta matéria-prima, pois em estudo preliminar com frangos, por exemplo,

também não foram verificados efeitos antioxidantes sobre a carne (100 mg/kg e 200 mg/kg) (Smet et al., 2008), mas estudo mais recente verificou que a suplementação dietética de frangos com suco de tomate desidratado (0,6% e 1%) foi eficiente em retardar a oxidação lipídica da carne, especialmente aos 60 dias de armazenamento congelado (Selim; Youssef, 2013).

A polpa da alfarroba (*Ceratonia siliqua*) é um subproduto do processamento da semente rico em compostos fenólicos, dos quais destacam-se os taninos. Inserra et al. (2015) adicionaram bagaço de alfarroba (8% e 15%) na dieta de suínos como objetivo de verificar se a suplementação teria efeito antioxidante sobre a carne, porém este efeito não se confirmou.

Alho

O alho (*Allium sativum*) é muito utilizado na alimentação humana, sendo que os primeiros efeitos fisiológico-funcionais relatados para este tempero são as propriedades antimicrobianas e antifúngicas, entretanto, a atividade antioxidante também vêm sendo estudada, devido à presença de compostos sulfurados (Cullen et al., 2005). Suínos alimentados com alho apresentaram modificações nos parâmetros sensoriais da carne, sendo que concentrações muito elevadas prejudicaram estas características (Omojola et al. 2009; Cullen et al., 2005). A presença de alho na dieta também promoveu menores perdas por gotejamento e pelo cozimento, bem como redução no teor de colesterol (Omojola et al. 2009). As menores perdas de água na carne podem estar relacionadas à maior integridade da membrana celular, a qual pode decorrer de efeito protetor do composto bioativo antioxidante presente no alho. Quando adicionado na dieta de frangos, o alho promoveu significativa redução na produção de TBARS na carne, reforçando, portanto, o efeito antioxidante do produto (Choi et al., 2010). Em relação ao desempenho, verificou-se que a adição de alho (1 g/kg ou 10 g/kg de ração) na dieta de suínos reduziu a ingestão de ração, porém melhorou a conversão alimentar (Cullen et al., 2005).

Chá verde

O poder antioxidante do chá verde (*Camellia sinensis*) é atribuído especialmente à presença de compostos fenólicos classificados como catequinas, as quais possuem alto poder antioxidante quando comparadas à outros antioxidantes naturais (Sullivan et al., 2004). Alguns autores (Mitsumoto et al., 2005) propuseram que a habilidade antioxidante das catequinas na carne deve-se a sua capacidade de ligar-se ao Fe da mioglobina.

Hossain et al., (2012) adicionaram subprodutos do processamento do chá verde na dieta de suínos (0,5%, 1% e 2%) e verificaram que houve redução na oxidação lipídica na carne. Em outro estudo, também verificou-se que suínos alimentados com pó de chá verde (0,5%, 1% e 2%) apresentaram redução nas concentrações de TBARS na carne (Sarker et al., 2010). Por outro lado, Augustin et al. (2008) observaram que a suplementação dietética de suínos com catequinas do chá verde (10 mg/kg a 100 mg/kg) não afetou os valores de TBARS musculares.

Na dieta de frangos, a suplementação dietética com chá verde também tem resultados controversos. Alguns autores relatam efeitos positivos sobre a redução da oxidação lipídica na carne (Tang et al., 2000) e melhora nos parâmetros de cor (Erener et al., 2011), enquanto outros (Smet et al., 2008) não observaram os mesmos efeitos. Na alimentação de bovinos, também não foram comprovados os efeitos antioxidantes do chá verde sobre a carne (O`Grady et al., 2006).

Em relação à parâmetros séricos, Hossain et al., (2012) verificaram que os subprodutos do processamento do chá verde adicionados na dieta de suínos tiveram efeito sobre a produção de citocinas séricas (IL-6 e TNF- α). Por outro lado, Augustin et al. (2008) verificaram que a suplementação de chá verde não promoveu efeito antioxidante sérico, bem como não aumentou as concentrações de vitamina E sanguíneas.

Quanto aos parâmetros de desempenho e qualidade de carcaça, Hossain et al., (2012) verificaram que o chá verde dietético não afetou as características de carcaça de suínos.

Ervas da família *Lamiaceae*: alecrim, orégano, sálvia e erva cidreira

As ervas da família *Lamiaceae* são empregadas na alimentação humana devido às propriedades sensoriais que apresentam. Além disso, vêm sendo muito estudadas nos últimos anos devido ao alto teor de compostos fenólicos como carnosol, ácido carnósico, rosmanol, epiro-manol, isorosmanol, γ -terpineno e timol (Ramalho; Jorge, 2006).

Os resultados da incorporação de alecrim (*Rosmarinus officinalis*) na dieta animal são bastante controversos, sendo que em certos estudos o potencial antioxidante foi comprovado, ao passo que, em outros, não se observou qualquer efeito. Na dieta de aves, alguns estudos demonstraram que a incorporação de alecrim promoveu efeito antioxidante sobre a carne e outros tecidos (Lee, 2010; Loetscher, 2013), enquanto outros autores não observaram efeito antioxidante (Smet et al., 2008). Da mesma forma, na dieta de ruminantes, em cordeiros, o extrato de alecrim apresentou capacidade de preservação oxidativa da carne (Nieto et al., 2011; Bañón et al., 2012), mas em bovinos não foram demonstrados efeitos antioxidantes sobre a carne e parâmetros séricos (O'Grady et al., 2006). Neste contexto, para tentar compreender os resultados controversos da literatura, alguns autores (Serrano et al., 2014) estudaram a eficácia de suplementos de alecrim na dieta de cordeiros com diferentes composições de diterpenos e verificaram que, quando no suplemento de alecrim a relação ácido carnósico e carnosol fica em 1:1, o produto é efetivo, ao passo que, quando a relação ácido carnósico e carnosol é 2:1, o produto perde efetividade.

Ao impor maior desafio ao extrato de alecrim Haak et al. (2008), incorporaram na dieta de suínos 2% de óleo de linhaça oxidado associado a extrato de alecrim (40 ppm), porém verificaram que esta erva não foi eficiente em conter a oxidação lipídica e proteica na carne. Por outro lado, nesta mesma linha de estudo, (Gladine et al., 2007) adicionaram o extrato de alecrim em uma dieta de ratos com alto teor de ácidos graxos poli-insaturados (15% de óleo de linhaça), e verificaram que o alecrim foi um antioxidante efetivo em conter a oxidação nos tecidos avaliados.

Em relação a parâmetros de desempenho, verificou-se que a suplementação de alecrim (planta) na dieta de suínos (1 g/kg ou 10 g/kg de ração) não promoveu efeitos sobre o desempenho e a qualidade de carcaça (Cullen et al., 2005).

Lahucky et al. (2010) suplementaram orégano (*Origanum vulgare*), erva-cidreira (*Melissa officinalis*) e sálvia (*Salvia officinalis*) na dieta de suínos 30 dias antes do abate e observaram efeito positivo especialmente sobre a cor (maiores valores de a^*) da carne após cinco dias de armazenamento refrigerado. Maiores valores de a^* e menores perdas por gotejamento e pelo cozimento foram observados em lombo de suínos alimentados com 80 mg/kg de uma mistura de extratos das plantas (orégano, canela e pimenta mexicana) (Kołodziej-Skalska et al., 2011). Por outro lado, Simitzis et al. (2010) verificaram que a suplementação de óleo de orégano (0,25 mL/kg, 0,5 mL/kg e 1 mL/kg) na dieta de suínos não promoveu efeito antioxidante na carne.

Em frangos, a suplementação de óleo de orégano (100 mg/kg) resultou em redução na oxidação lipídica da carne (Avila-Ramos et al., 2012), assim como a incorporação de erva-cidreira (Marcinčáková et al., 2011; Kasapidou et al., 2014).

Vale ressaltar que o extrato de erva-cidreira também tem apresentado resultados promissores de potencial antioxidante quando adicionado diretamente em produtos cárneos suínos (De Círiano et al., 2010).

Família *verbenaceae*

A *Verbenaceae* ou verbenácea é uma ampla família de plantas, que compõem árvores, arbustos e ervas. Fenilpropanoides, particularmente verbascosídeo, também conhecido como acteosídeo, são os compostos abundantes nos extratos *Verbenaceae* e possuem propriedades biológicas: antioxidante, anti-inflamatória, fotoprotetora e quelante (Rossi et al., 2013). Estudos mostraram que a suplementação dietética com extratos de plantas de verbenaceas melhorou o estado oxidativo do plasma de leitões (Corino et al., 2007).

O gênero *Lippia* spp. pertencente à esta família vem sendo estudado devido às altas concentrações de timol, carvacrol, geranial, linalol, p-cimeno, carvona, neral, limoneno, β -cariofileno, óxido cariofileno, mirceno e γ -terpineno. O potencial antioxidante do gênero *Lippia* spp. foi testado na alimentação de suínos por Rossi et al., (2013), os quais adicionaram o extrato (5 mg/kg de ração) na dieta e verificaram redução na oxidação lipídica do lombo, bem como maiores concentrações teciduais de tocoferol e menor intensidade de aroma e sabor de ranço na carne. Além disso, verificou-se que as características de qualidade da carcaça não foram afetadas com a suplementação.

Erva-mate, oliveira, gergelim e cevada

A erva-mate (*Ilex paraguariensis*) é um produto consumido como extrato aquoso na forma de chimarrão ou tereré. Neste contexto, a adição do extrato aquoso de erva-mate na dieta de frangos promoveu efeito protetor sobre a estabilidade oxidativa dos lipídios da carne (Racanicci et al., 2011). Além disso, Campos et al. (2007) observaram redução na produção de TBARS em salames produzidos com adição de extrato de erva-mate, bem como menor concentração de compostos voláteis da oxidação e predominância de compostos voláteis da fermentação.

Botsoglou et al. (2012) suplementaram a dieta de suínos com folhas de oliveira (*Olea europea* L.) (5 g/kg e 10 g/kg por 90 dias) e verificaram que esta suplementação promoveu efeitos protetores sobre a oxidação lipídica da carne cru e cozida e melhorou parâmetros sensoriais, especialmente quando em concentrações dietéticas de 10 g/kg. O resíduo ou subproduto do processamento do azeite de oliva, também conhecido como torta, é outro produto da oliveira que também merece ser estudado na alimentação de suínos, pois apresenta grande potencial como fonte de antioxidantes fenólicos. Este produto foi testado com sucesso na dieta de ovelhas (Luciano et al., 2013) e coelhos (Dal Bosco et al., 2012) onde apresentou potencial antioxidante sobre a carne. O extrato das folhas de oliveira foi testado com sucesso diretamente em produto cárneo suíno, onde apresentou alto potencial antioxidante (Botsoglou et al., 2014).

Folhas verdes de cevada e borra de gergelim desengordurada também foram testados na alimentação de suínos (5%) e resultaram em melhora de alguns parâmetros de qualidade da carne, sendo este efeito atribuído aos antioxidantes naturais presentes nestes produtos (Kang et al, 2013).

Algas

Moroney et al. (2012) sugeriram que a incorporação dietética de produtos marinhos também pode se constituir em alternativa para redução da oxidação lipídica em carnes, uma vez que o estudo mostrou que a suplementação dietética (500 mg/kg e 420 mg/kg) de algas marinhas (*Laminaria digitata*) não afetou o pH, cor e características microbiológicas da carne, porém promoveu redução na oxidação lipídica na carne e redução na oxidação em homogeneizados de rim, coração, pulmão e fígado.

Produtos com ação antioxidante obtidos de proteína

Conforme relatado anteriormente neste capítulo, certos hidrolisados proteicos também podem ser usados no retardo da oxidação lipídica, uma vez que diversos trabalhos demonstraram o potencial antioxidante *in vitro* destes peptídeos (Samaranayaka; Li-Chan, 2011). Em estudo pioneiro sobre o potencial antioxidante *in vivo* dos peptídeos formados a partir da hidrólise de proteína de peixe (Tilápia do Nilo), foram adicionados 5% do produto na dieta de suínos e verificou-se um maior tempo de indução para oxidação da gordura no teste realizado com o toucinho (Rancimat). Porém, não foram verificados efeitos de redução na oxidação da carne (TBARS), na cor da carne e na aceitabilidade de produto cárneo. Além disso, não foram observados efeitos significativos sobre a performance e a qualidade de carcaça (Bernardi, 2016). De acordo com Nørgaard et al. (2012), o desempenho de suínos jovens não foi afetado com a incorporação dietética de hidrolisado proteico de salmão, portanto, estes resultados corroboram com os supracitados.

Apesar dos poucos resultados positivos observados no estudo, hidrolisados proteicos são produtos promissores e merecem maiores investigações, principalmente porque podem ser obtidos a partir de subprodutos da indústria de alimentos.

Compostos bioativos isolados com ação antioxidante

Conforme discutido anteriormente, diferentes compostos bioativos podem ser isolados e incorporados na dieta animal com o objetivo de atuarem como antioxidantes. Neste contexto, a seguir, serão discutidos os efeitos da vitamina E e do selênio, que são compostos bioativos isolados amplamente estudados na alimentação de suínos.

Vitamina E

A vitamina E é o antioxidante mais testado na alimentação animal (Gladine et al., 2007). A literatura mostra que a adição de vitamina E na dieta é mais eficiente que sua adição direta na carne *post mortem* (Mitsumoto et al., 1993), pois quando adicionada na ração ela é absorvida e incorporada nos tecidos (Sales; Koukolová, 2011; Wang et al., 2012; Lauridsen et al., 2013), onde é capaz de agir com mais efetividade. Bakar et al., (2009) relataram que uma maior ingestão dietética desta vitamina pode aumentar entre 1,6 a 5 dias a vida útil da carne. Doses supranutricionais de vitamina E foram testadas com sucesso na alimentação de suínos para aumentar a estabilidade oxidativa da carne (Guo et al., 2006; Boler et al., 2009; Wang et al., 2012, Peeters et al., 2006).

Em meta-análise, Sales e Koukolová (2011) investigaram a relação entre ingestão de vitamina E v. concentração desta vitamina no músculo e concentração de vitamina E no músculo v. oxidação lipídica e estabilidade de cor da carne. Os autores verificaram que existe uma concentração máxima de vitamina E alcançada no músculo após a suplementação e que, por mais que a quantidade suplementada seja aumentada, a concentração tecidual ficará estável, ou seja, suplementação de 358 mg/d promoverá um acúmulo de aproximadamente 3,6 µg/g de vitamina E no músculo. Estes mesmos autores verificaram que concentrações de 3,2 µg/g de vitamina E no músculo são suficientes para

promover significativo efeito protetor na carne, reduzindo a oxidação lipídica e proteica (Sales; Koukolová, 2011).

Alguns autores (Gladine et al., 2007) sugerem que a eficácia da vitamina E no tecido pode ficar comprometida quando quantidades muito altas de PUFA estiverem presentes na alimentação animal. Isso foi comprovado por Musella et al. (2009), onde a presença de vitamina E (170 mg) na dieta de suínos alimentados com 5% de linhaça extrusada não foi suficientemente eficaz em reduzir os efeitos oxidativos provocados pelo aumento de PUFA na carne, bem como não foi eficaz em melhorar a aceitabilidade do produto testado. A carne crua de suínos alimentados com dieta contendo 2% de óleo de linhaça oxidado e 40 ppm de vitamina E também não apresentou menor concentração de MDA que a dos animais sem a adição de vitamina E (Haak et al., 2008).

Por outro lado, resultados obtidos por Bernardi (2016) mostraram que a suplementação de 200 ppm de vitamina E na dieta de suínos com 3% de óleo de linhaça promoveu importante aumento de vitamina E tecidual (3,65 µg/g) e significativa redução na produção de TBARS na carne ao longo do armazenamento congelado, bem como maior estabilidade do toucinho à oxidação (Rancimat) e melhor aceitabilidade de produto cárneo. Santos et al. (2008) também mostraram que a adição de vitamina E (200 ppm) concomitante à adição de 3% óleo de linhaça reduziu a oxidação lipídica da carne suína e melhorou a aceitabilidade sensorial de um presunto cru produzido com esta carne.

Conforme citado anteriormente, alguns autores (Sales; Koukolová, 2011; Wang et al., 2012) sugerem que maiores teores de vitamina E na ração proporcionam maiores valores de a^* ao longo do armazenamento, portanto maior estabilidade da mioglobina. Este efeito protetor da vitamina E sobre a cor da carne pode ser explicado por dois mecanismos que atuam em paralelo. Ou seja, a vitamina E protege os fosfolípidios da membrana da oxidação e isso resulta em maior integridade de membrana celular, o que reduz a perda de líquidos e de proteínas solúveis como a mioglobina. Além disso, esta proteção aos fosfolípidios reduz a oxidação lipídica no local e reduz a concentração dos produtos da oxidação por retardar a oxidação da mioglobina (Phillips et al., 2001).

Selênio

Os efeitos benéficos da suplementação de selênio sobre o crescimento, qualidade de carcaça e qualidade de carne têm sido bastante estudados para suínos, frangos e bovinos. O potencial benéfico deste mineral se deve ao fato de que ele é componente essencial da enzima antioxidante glutatona peroxidase (Dunshea et al., 2005). Além disso, o selênio pode atuar na melhora da qualidade da carne devido à redução da oxidação na membrana e conseqüente menor perda por gotejamento (Dunshea et al., 2005). Alguns autores apontam ainda que a incorporação de selênio na dieta animal aumenta os teores deste mineral na carne, o que parece ter um efeito positivo na dieta de humanos, uma vez que estas carnes tornam-se fontes de selênio, apontado com ingrediente funcional (Re et al., 1999; Dunshea et al., 2005; Kawęcka et al., 2013).

Bobcek et al. (2004) suplementaram selênio inorgânico (0,3 mg Se/kg de dieta) 97 dias antes do abate de suínos e verificaram que a suplementação aumentou as concentrações teciduais do mineral, bem como promoveu maior proteção antioxidante nos tecidos musculares avaliados. Estes resultados, em relação à proteção antioxidante, corroboram com os encontrados por Krska et al., (2001).

Por outro lado, Kawęcka et al. (2013) suplementaram selênio (0,2 mg Se/kg) na dieta de suínos na fase de terminação e verificaram significativo aumento tecidual do mineral, porém não observaram qualquer efeito sobre a qualidade de carne. Ausência de efeito da suplementação de selênio (0,45 mg/kg e 0,38 mg/kg) também foi apontada para o desempenho dos animais, qualidade da carne e características físico-químicas e sensoriais de carne (Lisiak et al., 2014). Nuernberg et al. (2002) avaliaram a eficiência antioxidante da suplementação de selênio (0,3 mg/kg) e vitamina E (200 mg/kg) na dieta de suínos e verificaram que apenas a Vitamina E apresentou efeito de redução da peroxidação lipídica. Portanto, possivelmente, estas divergências na literatura se devem às diferenças nas fontes de selênio empregadas, as quais apresentam diferentes biodisponibilidades (Mateo et al., 2007; Jang et al., 2010; Mahan et al., 2014).

Estudos recentes apontam que a suplementação de selênio e vitamina E na alimentação de suínos também pode interferir nos perfis de ácidos graxos, como o ácido palmitoleico, bem como no perfil de compostos aromáticos na carne, impedindo especialmente a formação de compostos de enxofre que são indesejáveis na carne crua (Wojtasik Kalinowska et al., 2016). Outros efeitos da suplementação de selênio também são apontados sobre o metabolismo lipídico e proteico (Zhao et al., 2016).

Considerações finais e perspectivas futuras

Conforme verificado ao longo deste capítulo, o número de pesquisas que visam a identificação de compostos naturais capazes de retardar a oxidação lipídica em carnes e produtos cárneos vêm crescendo consideravelmente nos últimos anos. Este crescimento ocorre devido à importância econômica que o aumento da vida de prateleira dos produtos tem para a indústria, bem como devido à saudabilidade que a presença destas substâncias naturais representa para os consumidores.

Grande parte dos antioxidantes naturais testados até o momento na alimentação de suínos foram abordados ao longo do texto, sendo que muitos dos produtos citados são característicos da região onde a pesquisa foi conduzida como, por exemplo, a alfarroba e a erva-mate. Outros produtos testados, embora apresentem alto potencial antioxidante *in vitro*, são matérias-primas que necessitam ser cultivadas especificamente para este fim. O que se propõe é que o foco dos próximos estudos na área seja em matérias-primas sustentáveis, como os subprodutos da indústria de alimentos.

Bagaço de uva oriundo da produção de vinhos e diferentes produtos viníferos, subprodutos do processamento de tomates, resíduos do processamento de chá mate, cascas e bagaços de frutas cítricas, hidrolisados proteicos obtidos de subprodutos do processamento de diferentes fontes proteicas, subprodutos da extração do azeite de oliva e erva cidreira são exemplos de matérias-primas sustentáveis, economicamente viáveis e cuja utilização como antioxidante na ração animal pode representar um avanço, não apenas do ponto de vista de qualidade da carne e produtos processados, mas também para agregar valor a

essas cadeias de produção e na redução do impacto ambiental causado por estes resíduos da indústria alimentícia regional/local.

Outro fator que deve ser considerado em estudos futuros é o uso de um grupo experimental controle de antioxidante natural no protocolo para comparar o potencial do produto testado com algum antioxidante natural já consagrado. Neste contexto, a vitamina E parece ser uma opção valiosa, dada a grande variedade de estudos que comprovaram a eficácia de sua adição supranutricional na dieta. Além disso, a realização de avaliações de viabilidade econômica do produto teste comparado a um padrão é de grande relevância, a fim de garantir uma aplicação concreta da pesquisa.

No presente capítulo, verificou-se, também, que nem sempre os resultados encontrados em testes químicos *in vitro* são reproduzidos nos testes *in vivo*, uma vez que os processos de digestão, absorção e transporte dos compostos bioativos podem interferir significativamente no potencial de ação destas substâncias. Este fato aponta para a necessidade de estudos mais detalhados, que considerem uma abordagem com protocolos experimentais rígidos e bem controlados em relação a fatores intrínsecos e extrínsecos, a fim de que efetivamente os produtos testes consigam ser digeridos, absorvidos e transportados aos tecidos alvo, onde desempenharão todo o potencial antioxidante que possuem. Uma tecnologia que pode ser considerada é a de microencapsulação dos compostos bioativos. Além disso, a retenção desses compostos nos tecidos corporais, ou sua interferência na regeneração e economia de outros compostos antioxidantes presentes nas células, como forma de explicar seu modo de ação, deve ser investigada.

Sugere-se, também, equipes multidisciplinares para conduzirem os estudos, de forma que o produto teste seja caracterizado quimicamente para que possa ser determinada a concentração ótima na dieta e máxima eficiência em órgãos alvo. Além disso, é importante considerar nos protocolos experimentais a vida de prateleira da carne e também de produtos cárneos, bem como a aceitabilidade destes produtos por consumidores, sendo, portanto, recomendados além de testes sensoriais discriminativos e descritivos, os testes sensoriais afetivos e de aceitação pelo consumidor.

Antes de elaborar o protocolo experimental, algumas questões são de grande relevância e devem ser ponderadas pelo pesquisador:

- a) O antioxidante natural testado é viável economicamente?
- b) A utilização do antioxidante natural será sustentável?
- c) O protocolo experimental proposto consegue eliminar ou inibir fatores extrínsecos e intrínsecos que possam interferir nos resultados?
- d) O produto final pode ser aplicado em escala comercial?
- e) A sociedade poderá se beneficiar com resultados do projeto?

Considerando o que foi abordado, fica evidente que muito ainda precisa ser estudado sobre os antioxidantes naturais na alimentação de suínos e de animais em geral. As questões supracitadas, associadas a ações conjuntas de equipes interdisciplinares, aumentarão as chances de sucesso dos projetos de forma que possam ser aplicados e que tragam resultados positivos não apenas para a indústria, mas também para a saúde do consumidor e para o meio ambiente.

Referências

AUGUSTIN, K.; BLANK, R.; BOESCH, C.; RIMBACH, L. Dietary green tea polyphenols do not affect vitamin E status, antioxidant capacity and meat quality of growing pigs. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 92, n. 6, p. 705-11, 2008. DOI: 10.1111/j.1439-0396.2007.00768.x.

AVILA-RAMOS, F.; PRO-MARTÍNEZ, A.; SOSA-MONTES, E.; CUCA-GARCÍA, J. M.; BECERRIL-PÉREZ, C. M.; FIGUEROA-VELASCO, J. L.; NARCISO-GAYTÁN, C. Effects of dietary oregano essential oil and vitamin E on the lipid oxidation stability of cooked chicken breast meat. **Poultry science**, v. 91, n. 2, p. 505-511, 2012. DOI: 10.3382/ps.2011-01731.

BAÑÓN, S.; MÉNDEZ, L.; ALMELA, E. Effects of dietary rosemary extract on lamb spoilage under retail display conditions. **Meat Science**, v. 90, n. 3, p. 579-583, 2012. DOI: 10.1016/j.meatsci.2011.09.020.

BAKAR, J.; SAEED, M. A. E.; ABBAS, K. A.; RAHMAN, R. A.; KARIM, R. A review on the effect of animal diets and presence of selected natural antioxidants on lipid oxidation of meat. **Journal of food, agriculture & environment**, v. 7, n. 2, p. 76-81, 2009.

BERNARDI, D. M. **Addition of natural products with antioxidant action and flaxseed oil in swine diets: effects on meat and meat product.** Tese (Doutorado). Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Campinas, SP, 2016.

BERNARDI, D. M.; BERTOL, T. M.; PFLANZER, S. B.; SGARBIERI, V. C.; POLLONIO, M. A. R. ω -3 in meat products: benefits and effects on lipid oxidative stability. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 96, n. 8, p. 2620-2634, 2016a. DOI: 10.1002/jsfa.7559.

BERNARDI, D. M.; PARIS, L. D. De; DIETERICH, F.; GUIMARÃES, F.; BOSCOLO, W. R.; SARY, C.; SIGNOR, A.; BERTOL, T. M.; SGARBIERI, V. C. Production of hydrolysate from processed Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) residues and assessment of its antioxidant activity. **Food Science and Technology**, v. 36, n. 4, p. 709-716, 2016b. DOI: 10.1590/1678-457X.15216.

BERTOL, T. M.; LUDKE, J. V.; CAMPOS, R. M. L.; KAWSKI, V. L.; CUNHA, A.; FIGUEIREDO, E. A. P. Inclusion of grape pomace in the diet of pigs on pork quality and oxidative stability of omega-3 enriched fat. **Ciência rural**, v. 47, n. 4, p. 1-7, 2017. DOI: 10.1590/0103-8478cr20150358.

BOBCEK, B.; LAHUCKY, R.; MRAZOVA, J.; BOBCEK, R.; NOVOTNA, K.; VASICEK, D. Effects of dietary organic selenium supplementation on selenium content, antioxidative status of muscles and meat quality of pigs. **Czech Journal of Animal Science**, v. 49, n. 9, p. 411-417, 2004. DOI: 10.17221/4326-CJAS.

BOLER, D. D.; GABRIEL, S. R.; YANG, H.; BALSBAUGH, R.; MAHAN, D. C.; BREWER, M. S.; MCKEITH, F. K.; KILLEFER, J. Effect of different dietary levels of natural-source vitamin E in grow-finish pigs on pork quality and shelf life. **Meat Science**, v. 83, p. 723-730, 2009. DOI: 10.1016/j.meatsci.2009.08.012.

BOROSKI, M.; VISENTAINER, J. V.; COTTICA, S. M.; MORAIS, D. R. **Antioxidantes: princípios e métodos analíticos.** Curitiba: Appris, 2015. 141 p.

BOTSOGLOU, E.; GOVARIS, A.; AMBROSIADIS, I.; FLETOURIS, D. Lipid and protein oxidation of α -linolenic acid-enriched pork during refrigerated storage as influenced by diet supplementation with olive leaves (*Olea europea L.*) or α -tocopheryl acetate. **Meat Science**, v. 92, n. 4, p. 525-532, 2012. DOI: 10.1016/j.meatsci.2012.05.022.

BOTSOGLOU, E.; GOVARIS, A.; AMBROSIADIS, I.; FLETOURIS, D.; BOTSOGLOU, N. Effect of olive leaf (*Olea europea L.*) extracts on protein and lipid oxidation of long-term frozen n-3 fatty acids-enriched pork patties. **Meat Science**, v. 98, n. 2, p. 150-157, 2014. DOI: 10.1016/j.meatsci.2014.05.015.

BRENES, A.; VIVEROS, A.; GOÑI, I.; CENTENO, C.; SÁYAGO-AYERDY, S. G.; ARIJA, I.; SAURA-CALIXTO, F. Effect of grape pomace concentrate and vitamin e on digestibility of polyphenols and antioxidant activity in chickens. **Poultry science**, v. 87, n. 2, p. 307-16, Mar. 2008. DOI: 10.3382/ps.2007-00297.

BREWER, M. S. Natural antioxidants: sources, compounds, mechanisms of action, and potential applications. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 10, n. 4, p. 221-247, 2011. DOI: 10.1111/j.1541-4337.2011.00156.x.

CAMPOS, R. M. L.; HIERRO, E.; ORDÓÑEZ, J. A.; BERTOL, T. M.; TERRA, N. N.; LA HOZ, L. de. 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. DOI: 10.1016/j.foodchem.2006.10.018.

CARPENTER, R.; O'GRADY, M. N.; O'CALLAGHAN, Y. C.; O'BRIEN, N. M.; KERRY, J. P. Evaluation of the antioxidant potential of grape seed and bearberry extracts in raw and cooked pork. **Meat Science**, v. 76, n. 4, p. 604-610, 2007. DOI: 10.1016/j.meatsci.2007.01.021.

CHAMORRO, S.; VIVEROS, A.; REBOLÉ, A.; RICA, B. D.; ARIJA, I.; BRENES, A. Influence of dietary enzyme addition on polyphenol utilization and meat lipid oxidation of chicks fed grape pomace. **Food Research International**, v. 73, p. 197-203, 2015. DOI: 10.1016/j.foodres.2014.11.054.

CHOI, I. H.; PARK, W. Y.; KIM, Y. J. Effects of dietary garlic powder and α -tocopherol supplementation on performance, serum cholesterol levels, and meat quality of chicken. **Poultry science**, v. 89, p. 1724-1731, 2010. DOI: 10.3382/ps.2009-00052.

CHUNG, S. H.; SON, A. R.; LEE, S. A.; KIM, B. G. Effects of dietary tomato processing byproducts on pork nutrient composition and loin quality of pigs. **Asian Journal of Animal and Veterinary Advances**, v. 9, p. 775-781, 2014. DOI: 10.3923/ajava.2014.775.781.

CORINO, C.; ROSSI, R.; MUSELLA, M.; CANNATA, S.; PASTORELLI, G. Growth performance and oxidative status in piglets supplemented with verbascoside and teupolioside. **Italian Journal of Animal Science**, v. 6, suppl. 1 p. 292-294, 2007. June 2016, 2010. DOI: 10.4081/ijas.2007.1s.292.

CULLEN, S. P.; MONAHAN, F. J.; CALLAN, J. J.; O'DOHERTY, J. V. The effect of dietary garlic and rosemary on grower-finisher pig performance and sensory characteristics of pork. **Irish Journal of Agricultural and Food Research**, v. 44, n. 1, p. 57-67, 2005.

DAL BOSCO, A.; MOURVAKI, E.; CARDINALI, R.; SERVILI, M.; SEBASTIANI, B.; RUGGERI, S.; MATTIOLI, S.; TATICCHI, A.; ESPOSTO, S.; CASTELLINI, C. Effect of dietary supplementation with olive pomaces on the performance and meat quality of growing rabbits. **Meat Science**, v. 92, n. 4, p. 783-788, July 2012. DOI: 10.1016/j.meatsci.2012.07.001.

DE CIRIANO, M. G. I.; REHECHO, S.; CALVO, M. I.; CAVERO, R. Y.; NAVARRO-BLASCO, I.; ASTIASAR; ANSORENA, D. Effect of lyophilized water extracts of *Melissa officinalis* on the stability of algae and linseed oil-in-water emulsion to be used as a functional ingredient in meat products. **Meat Science**, v. 85, n. 2, p. 373-377, June 2010. DOI: 10.1016/j.meatsci.2010.01.007.

DECKER, E. A.; AKOH, C. C.; WILKES, R. S. Incorporation of (n-3) fatty acids in foods: challenges and opportunities. **The Journal of Nutrition**, v. 142, n. 3, p. 610S-613S, Mar. 2012. DOI: 10.3945/jn.111.149328.

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, Sept. 2005. DOI: 10.1016/j.meatsci.2005.05.001.

ERENER, G.; OCAK, N.; ALTOP, A.; CANKAYA, S.; AKSOY, H. M.; OZTURK, E. Growth performance, meat quality and caecal coliform bacteria count of broiler chicks fed diet with green tea extract. **Asian-Australasian Journal of Animal Science**, v. 24, n. 8, p. 1128-1135, 2011. DOI: 10.5713/ajas.2011.10434.

FRANK, J. Beyond vitamin E supplementation: an alternative strategy to improve vitamin E status. **Journal of Plant Physiology**, v. 162, n. 7, p. 834-843, 2005. DOI: 10.1016/j.jplph.2005.04.017.

GIRGIH, A. T.; HE, R.; HASAN, F. M.; UDENIGWE, C. C.; GILL, T. A.; ALUKO, R. E. Evaluation of the *in vitro* antioxidant properties of a cod (*Gadus morhua*) protein hydrolysate and peptide fractions. **Food chemistry**, v. 173, p. 652-9, Apr. 2015. DOI: 10.1016/j.foodchem.2014.10.079.

GLADINE, C.; MORAND, C.; ROCK, E.; GRUFFAT, D.; BAUCHART, D.; DURAND, D. The antioxidative effect of plant extracts rich in polyphenols differs between liver and muscle tissues in rats fed n-3 PUFA rich diets. **Animal Feed Science and Technology**, v. 139, n. 3-4, p. 257-272, 2007. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2007.01.015.

GUO, Q.; RICHERT, B. T.; BURGESS, J. R.; WEBEL, D. M.; ORR, D. E.; BLAIR, M.; FITZNER, G. E.; HALL, D. D.; GRANT, a. L.; GERRARD, D. E. Effects of dietary vitamin E and fat supplementation on pork quality. **Journal of Animal Science**, v. 84, n. 11, p. 3089-3099, 2006. DOI: 10.2527/jas.2005-456.

HAAK, L.; RAES, K.; VAN DYCK, S.; DE SMET, S. Effect of dietary rosemary and α -tocopheryl acetate on the oxidative stability of raw and cooked pork following oxidized linseed oil administration. **Meat science**, v. 78, n. 3, p. 239-47, 2008. DOI: 10.1016/j.meatsci.2007.06.005.

HOSSAIN, E.; KO, S. Y.; YANG, C. J. Dietary supplementation of green tea by-products on growth performance, meat quality, blood parameters and immunity in finishing pigs. **Journal of medicinal plant research**, v. 6, n. 12, p. 2458-2467, 2012. DOI: 10.5897/JMPR11.1643.

HUANG, D.; BOXIN, O. U.; PRIOR, R. L. The chemistry behind antioxidant capacity assays. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, n. 6, p. 1841-1856, 2005. DOI: 10.1021/jf030723c.

HYGREEVA, D.; PANDEY, M. C.; RADHAKRISHNA, K. Potential applications of plant based derivatives as fat replacers, antioxidants and antimicrobials in fresh and processed meat products. **Meat Science**, v. 98, n. 1, p. 47-57, 2014. DOI: 10.1016/j.meatsci.2014.04.006.

INSERRA, L.; LUCIANO, G.; BELLA, M.; SCERRA, M.; CILIONE, C.; BASILE, P.; LANZA, M.; PRIOLO, A. Effect of including carob pulp in the diet of fattening pigs on the fatty acid composition and oxidative stability of pork. **Meat Science**, v. 100, p. 256-261, 2015. DOI: 10.1016/j.meatsci.2014.09.146.

JANG, Y. D.; CHOI, H. B.; DUROSOY, S.; SCHLEGEL, P.; CHOI, B. R.; KIM, Y. Y. Comparison of bioavailability of organic selenium sources in finishing pigs. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 23, n. 7, p. 931-936, Jun. 2010. DOI: 10.5713/ajas.2010.90619.

JERÓNIMO, E.; ALFAIA, C. M. M.; ALVES, S. P.; DENTINHO, M. T. P.; PRATES, J. A. M.; VASTA, V.; SANTOS-SILVA, J.; BESSA, R. J. B. Effect of dietary grape seed extract and *Cistus ladanifer* L. in combination with vegetable oil supplementation on lamb meat quality. **Meat Science**, v. 92, n. 4, p. 841-847, Dec. 2012. DOI: 10.1016/j.meatsci.2012.07.011.

KANG, M.; MIN, K.; SHIBAMOTO, T. Enhancement of pork quality from pigs fed feeds supplemented with antioxidants containing defatted sesame dregs and dried barley leaves. **International Journal of Nutrition and Food Sciences**, v. 2, n. 6, p. 301-306, Oct. 2013. DOI: 10.11648/j.ijnfs.20130206.16.

KASAPIDOU, E.; GIANNENAS, I.; MITLIANGA, P.; SINAPIS, E.; BOULOUMPASI, E.; PETROTOS, K. Effect of *Melissa officinalis* supplementation on growth performance and meat quality characteristics in organically produced broilers. **British Poultry Science**, v. 55, n. 6, p. 774-784, Oct. 2014. DOI: 10.1080/00071668.2014.974140.

KAWĘCKA, M.; JACYNO, E.; MATYSIAK, B.; KOŁODZIEJ-SKALSKA, A.; PIETRUSZKA, A. Effects of selenium and vitamin E supplementation on selenium distribution and meat quality of pigs. **Acta Agriculturae Scandinavica, Section A - Animal Science**, v. 63, n. 4, p. 194-200, 2013. DOI: 10.1080/09064702.2014.922607.

KOŁODZIEJ-SKALSKA, A.; RYBARCZYK, A.; MATYSIAK, B.; JACYNO, E.; PIETRUSZKAA, A.; KAWĘCKA, M. Effect of dietary plant extracts mixture on pork meat quality. **Acta Agriculturae Scandinavica, Section A - Animal Science**, v. 61, n. 2, p. 80-85, 2011. DOI: 10.1080/09064702.2011.599860.

KRSKA, P.; LAHUCKY, R.; KUCHENMEISTER, U.; NURNBERG, K.; PALANSKA, O.; BAHTELKA, I.; KUHN, G.; ENDER, K. Effects of dietary organic selenium and vitamin E supplementation on *post mortem* oxidative deterioration in muscles of pigs. **Archiv Fur Tierzucht-Archives of Animal Breeding**, v. 44, n. 2, p. 193-201, 2001. DOI: 10.5194/aab-44-193-2001.

LAFKA, T. I.; SINANOGLU, V.; LAZOS, E. S. On the extraction and antioxidant activity of phenolic compounds from winery wastes. **Food Chemistry**, v. 104, n. 3, p. 1206-1214, 2007. DOI: 10.1016/j.foodchem.2007.01.068.

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, n. 4, p. 779-784, 2010. DOI: 10.1016/j.meatsci.2010.04.004.

LARRAÍN, 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. v. 19, n. 1, p. 17-33, 2008. DOI: 10.1111/j.1745-4573.2007.00114.x.

LAURIDSEN, C.; THEIL, P. K.; JENSEN, S. K. Composition of α -tocopherol and fatty acids in porcine tissues after dietary supplementation with vitamin E and different fat sources. **Animal Feed Science and Technology**, v. 179, n. 1-4, p. 93-102, Jan. 2013. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2012.10.007.

LEE, S. M.; PARK, W. H.; KIM, K. Effects of dietary supplementation with rosemary and alfa-tocopherol acetate on performance and meat quality of chicken meat during refrigerated storage. **Korean J Food Sci Anim Resour**, v. 30, p. 472-478, 2010.

LISIAK, D.; JANISZEWSKI, P.; BLICHARSKI, T.; BORZUTA, K.; GRZEŚKOWIAK, E.; LISIAK, B.; POWAŁOWSKI, K.; SAMARDAKIEWICZ, Ł.; BATORSKA, M.; SKRZYMOWSKA, K.; HAMMERMEISTER, A. Effect of selenium supplementation in pig feed on slaughter value and physicochemical and sensory characteristics of meat. **Annals of Animal Science**, v. 14, n. 1, p. 213-222, 2014. DOI: 10.2478/aoas-2013-0063.

LOETSCHER, Y.; KREUZER, M.; MESSIKOMMER, R. E. Oxidative stability of the meat of broilers supplemented with rosemary leaves, rosehip fruits, chokeberry pomace, and entire nettle, and effects on performance and meat quality. **Poultry science**, v. 92, n. 11, p. 2938-2948, Nov. 2013. DOI: 10.3382/ps.2013-03258.

LUCIANO, G.; PAUSELLI, M.; SERVILI, M.; MOURVAKI, E.; SERRA, A.; MONAHAN, F. J.; LANZA, M.; PRIOLO, A.; ZINNAI, A.; MELE, M. Dietary olive cake reduces the oxidation of lipids, including cholesterol, in lamb meat enriched in polyunsaturated fatty acids. **Meat Science**, v. 93, n. 3, p. 703-714, Mar. 2013. DOI: 10.1016/j.meatsci.2012.11.033.

MAHAN, D. C.; AZAIN, M.; CRENSHAW, T. D.; CROMWELL, G. L.; DOVE, C. R.; KIM, S. W.; LINDEMANN, M. D.; MILLER, P. S.; PETTIGREW, J. E.; STEIN, H. H.; VAN HEUGTEN, E. Supplementation of organic and inorganic selenium to diets using grains grown in various regions of the United States with differing natural Se concentrations and fed to grower finisher swine. **Journal of Animal Science**, v. 92, n. 11, p. 4991-4997, 2014. DOI: 10.2527/jas.2014-7735.

MAIRESSE, G. d; BENET, M.; MÉTEAU, K.; JUIN, H.; DURAND, D.; MOUROT, J. Effect of plant antioxidant in n-3 polyunsaturated fatty acid-enriched diet on fatty acid composition and sensorial attributes of dry-cured ham. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 46, n. 12, p. 2656-2662, 2011.

MARCINČÁKOVÁ, D.; ČERTÍK, M.; MARCINČÁK, S.; POPELKA, P.; ŠIMKOVÁ, J.; KLEMPOVÁ, T.; PETROVIČ, V.; TUČKOVÁ, M.; BAČA, M. Effect of dietary supplementation of *Melissa officinalis* and combination of *Achillea millefolium* and *Crataegus oxyacantha* on broiler growth performance, fatty acid composition and lipid oxidation of chicken meat. **Italian Journal of Animal Science**, v. 10, n. 4, p. 165-170, 2011. DOI: 10.4081/ijas.2011.e43.

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, n. 5, p. 1177-1183, May 2007. DOI: 10.2527/jas.2006-067.

MCCLEMENTS, D. J.; DECKER, E. A. Lipídeos. In: SRINIVASAN, D.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de alimentos de fennema**. 4 ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. p. 131-178.

MITSUMOTO, M.; ARNOLD, R. N.; SCHAEFER, D. M.; CASSENS, R. G. Dietary versus *post mortem* supplementation of vitamin E on pigment and lipid stability in ground beef. **Journal of animal science**, v. 71, n. 7, p. 1812-6, July 1993. DOI: 10.2527/1993.7171812x.

MITSUMOTO, M.; O'GRADY, M. N.; KERRY, J. P.; BUCKLEY, D. J. Addition of tea catechins and vitamin C on sensory evaluation, colour and lipid stability during chilled storage in cooked or raw beef and chicken patties. **Meat Science**, v. 69, p. 773-779, Apr. 2005. DOI: 10.1016/j.meatsci.2004.11.010.

MORONEY, N. C.; O'GRADY, M. N.; O'DOHERTY, J. V.; KERRY, J. P. Addition of seaweed (*Laminaria digitata*) extracts containing laminarin and fucoidan to porcine diets: Influence on the quality and shelf-life of fresh pork. **Meat Science**, v. 92, n. 4, p. 423-429, Dec. 2012. DOI: 10.1016/j.meatsci.2012.05.005.

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, n. 11, p. 3578-88, Nov. 2009. DOI: 10.2527/jas.2008-1355.

NIETO, G.; ESTRADA, M.; JORDÁN, M. J.; GARRIDO, M. D.; BAÑÓN, S. Effects in ewe diet of rosemary by-product on lipid oxidation and the eating quality of cooked lamb under retail display conditions. **Food Chemistry**, v. 124, n. 4, p. 1423-1429, Feb. 2011. DOI: 10.1016/j.foodchem.2010.07.102.

NØRGAARD, J. V.; BLAABJERG, K.; POULSEN, H. D. Salmon protein hydrolysate as a protein source in feed for young pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 177, n. 1-2, p. 124-129, Oct. 2012. DOI: 10.1016/j.anifeeds.2012.08.003.

NUERNBERG, K.; KUECHENMEISTER, U.; KUHN, G.; NUERNBERG, G.; WINNEFELD, K.; ENDER, K.; COGAN, U.; MOKADY, S. Influence of dietary vitamin E and selenium on muscle fatty acid composition in pigs. **Food Research International**, v. 35, n. 6, p. 505-510, 2002. DOI: 10.1016/S0963-9969(01)00148-X.

O'GRADY, M. N.; CARPENTER, R.; LYNCH, P. B.; O'BRIEN, N. M.; KERRY, J. P. Addition of grape seed extract and bearberry to porcine diets: Influence on quality attributes of raw and cooked pork. **Meat science**, v. 78, n. 4, p. 438-46, Apr. 2008. DOI: 10.1016/j.meatsci.2007.07.011.

O'GRADY, M. N.; MAHER, M.; TROY, D. J.; MOLONEY, a. P.; KERRY, J. P. An assessment of dietary supplementation with tea catechins and rosemary extract on the quality of fresh beef. **Meat Science**, v. 73, p. 132-143, May 2006. DOI: 10.1016/j.meatsci.2005.11.008.

OMOJOLA, A. B.; FAGBUARO, S. S.; AYENI, A. A. Cholesterol content, physical and sensory properties of pork from pigs fed varying levels of dietary garlic (*Allium sativum*). **World Applied Sciences Journal**, v. 6, n. 7, p. 971-975, 2009.

ORDOÑEZ, J. A. **Tecnología de alimentos: alimentos de origem animal**. Porto Alegre: Artmed, 2006. v. 2.

PAJK, T.; REZAR, V.; LEVART, A.; SALOBIR, J. Efficiency of apples, strawberries, and tomatoes for reduction of oxidative stress in pigs as a model for humans. **Nutrition**, v. 22, p. 376-384, 2006. DOI: 10.1016/j.nut.2005.08.010.

PEETERS, E.; DRIESSEN, B.; GEERS, R. Influence of supplemental magnesium, tryptophan, vitamin C, vitamin E, and herbs on stress responses and pork quality. **Journal of American Society of Animal Science**, v. 84, p. 1827-1838, 2006. DOI: 10.2527/jas.2005-600.

PEIRETTI, P. G.; MUSSA, P. P.; FORNERIS, G.; GAI, F.; MEINER, G. Performance and apparent digestibility of growing pigs fed diets with different fat sources and supplemented with organic red wine solids. **Livestock Research for Rural Development**, v. 25, n. 10, Sep. 2013.

PHILLIPS, A. L.; FAUSTMAN, C.; LYNCH, M. P.; GOVONI, K. E.; HOAGLAND, T. A.; ZINN, S. A. Effect of dietary α -tocopherol supplementation on color and lipid stability in pork. **Meat Science**, v. 58, n. 4, p. 389-393, Aug. 2001. DOI: 10.1016/S0309-1740(01)00039-0.

RACANICCI, A. M. C.; MENTEN, J. F. M.; ALENCAR, S. M.; BUISSA, R. S.; SKIBSTED, L. H. Mate (*Ilex paraguariensis*) as dietary additive for broilers: performance and oxidative stability of meat. **European Food Research Technology**, n. 232, n. 4, p. 655-661, Mar. 2011. DOI: 10.1007/s00217-011-1432-x.

RAJPUT, N.; ALI, S.; NAEEM, M.; KHAN, M. A.; WANG, T. The effect of dietary supplementation with the natural carotenoids curcumin and lutein on pigmentation, oxidative stability and quality of meat from broiler chickens affected by a coccidiosis challenge. **British Poultry Science**, v. 55, n. 4, p. 37-41, Apr. 2014. DOI: 10.1080/00071668.2014.925537.

RAMALHO, V. C.; JORGE, N. Antioxidantes utilizados em óleos, gorduras e alimentos gordurosos. **Química Nova**, v. 29, n. 4, p. 755-760, 2006.

RE, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICE-EVANS, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 26, n. 9-10, p. 1231-1237, 1999. DOI: 10.1016/S0891-5849(98)00315-3.

ROSSI, R.; PASTORELLI, G.; CANNATA, S.; TAVANIELLO, S.; MAIORANO, G.; CORINO, C. Effect of long term dietary supplementation with plant extract on carcass characteristics, meat quality and oxidative stability in pork. **Meat Science**, v. 95, n. 3, p. 542-548, Nov. 2013. DOI: 10.1016/j.meatsci.2013.05.037.

ROSSI, R.; PASTORELLI, G.; CORINO, C. Application of KRL test to assess total antioxidant activity in pigs: sensitivity to dietary antioxidants. **Res Vet Sci**, v. 94, n. 2, p. 372-377, 2013.

SALES, J.; KOUKOLOVÁ, V. Dietary vitamin E and lipid and color stability of beef and pork: Modeling of relationships. **Journal of Animal Science**, v. 89, n. 9, p. 2836-48, Sep. 2011. DOI: 10.2527/jas.2010-3335.

SAMARANAYAKA, A. G. P.; LI-CHAN, E. C. Y. Food-derived peptidic antioxidants: A review of their production, assessment, and potential applications. **Journal of Functional Foods**, v. 3, n. 4, p. 229-254, Oct. 2011. DOI: 10.1016/j.jff.2011.05.006.

SANTOS, C.; HOZ, L.; CAMBERO, M. I.; CABEZA, M. C.; ORDÓÑEZ, J. A. Enrichment of dry-cured ham with α -linolenic acid and α -tocopherol by the use of linseed oil and α -tocopheryl acetate in pig diets. **Meat Science**, v. 80, p. 668-674, Nov. 2008. DOI: 10.1016/j.meatsci.2008.03.004.

SARKER, M. S. K.; YIM, K. J.; KO, S. Y.; UUGANBAYAR, D.; KIM, G. M. Green tea level on growth performance and meat quality in finishing pigs. **Pakistan Journal of Nutrition**, v. 9, n. 1, p. 10-14, 2010. DOI: 10.3923/pjn.2010.10.14.

SÁYAGO-AYERDI, S. G.; BRENES, A.; VIVEROS, A.; GOÑI, I. Antioxidative effect of dietary grape pomace concentrate on lipid oxidation of chilled and long-term frozen stored chicken patties. **Meat science**, v. 83, n. 3, p. 528-533, Nov. 2009. DOI: 10.1016/j.meatsci.2009.06.038.

SEHM, J.; TREUTTER, D.; LINDERMAYER, H.; MEYER, H. H. D.; PFAFFL, M. W. The Influence of Apple- or Red-Grape Pomace Enriched Piglet Diet on Blood Parameters , Bacterial Colonisation , and Marker Gene Expression in Piglet White Blood Cells. **Food and Nutrition Sciences**, v. 2, n. 4, p. 366-376, June 2011. DOI: 10.4236/fns.2011.24052.

SELIM, N. A.; YOUSSEF, S. F. Evaluation of Some Natural Antioxidant Sources in Broiler Diets : 2-Effect on Chemical and Microbiological Quality of Chilled and Frozen Broiler Meat. **International Journal of Poultry Science**, v. 12, n. 10, p. 572-581, 2013. DOI: 10.3923/ijps.2013.572.581.

SERRANO, R.; ORTUÑO, J.; BAÑÓN, S. Improving the sensory and oxidative stability of cooked and chill-stored lamb using dietary rosemary diterpenes. **Journal of food science**, v. 79, n. 9, Sept. 2014. DOI: 10.1111/1750-3841.12585.

SHAH, M. A.; JOHN, S.; BOSCO, D.; MIR, S. A. Plant extracts as natural antioxidants in meat and meat products. **Meat Science**, v. 98, n. 1, p. 21-33, Sept. 2014. DOI: 10.1016/j.meatsci.2014.03.020.

SIMITZIS, P. E.; SYMEON, G. K.; CHARISMIADOU, M. A.; BIZELIS, J. A.; DELIGEORGIS, S. G. The effects of dietary oregano oil supplementation on pigmeat characteristics. **Meat Science**, v. 84, p. 670-676, Apr. 2010. DOI: 10.1016/j.meatsci.2009.11.001.

SMET, K.; RAES, K.; HUYGHEBAERT, G.; HAAK, L.; ARNOOTS, S.; DE SMET, S. Lipid and Protein Oxidation of Broiler Meat as Influenced by Dietary Natural Antioxidant Supplementation. **Poultry Science**, v. 87, n. 8, p. 1682-1688, Aug. 2008. DOI: 10.3382/ps.2007-00384.

SULLIVAN, C. M.; LYNCH, A. M.; LYNCH, P. B.; BUCKLEY, D. J.; KERRY, J. P. Assessment of the antioxidant potential of food ingredients in fresh, previously frozen and cooked chicken patties. **International Journal of Poultry Science**, v. 3, n. 5, p. 337-344, 2004. DOI: 10.3923/ijps.2004.337.344.

TANG, S. Z.; KERRY, J. P.; SHEEHAN, D.; BUCKLEY, D. J.; MORRISSEY, P. A. Dietary tea catechins and iron-induced lipid oxidation in chicken meat, liver and heart. **Meat Science**, v. 56, n. 3, p. 285-290, 2000. DOI: 10.1016/S0309-1740(00)00055-3.

TEJEDA, J. F.; GONZA, E. Effects of dietary incorporation of different antioxidant extracts and free-range rearing on fatty acid composition and lipid oxidation of Iberian pig meat. **Animal**, v. 1, n. 7, p. 1060-1067, 2007. DOI: 10.1017/S1751731107000195.

WANG, H.; WANG, L. S.; SHI, B. M.; SHAN, A. S. Effects of dietary corn dried distillers grains with solubles and vitamin E on growth performance, meat quality, fatty acid profiles, and pork shelf life of finishing pigs. **Livestock Science**, v. 149, n. 1-2, p. 155-166, Nov. 2012. DOI: 10.1016/j.livsci.2012.07.009.

WARD, N. C.; CROFT, K. D.; PUDDEY, I. B.; HODGSON, J. M. Supplementation with grape seed polyphenols results in increased urinary excretion of 3-hydroxyphenylpropionic acid, an important metabolite of proanthocyanidins in humans. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 52, n. 17, p. 5545-9, 2004. DOI: 10.1021/jf049404r.

WOJTASIK-KALINOWSKA, I.; GUZEK, D.; GÓRSKA-HORCZYK, E.; GŁABSKA, D.; BRODOWSKA, M.; SUN, D. W.; WIERZBICKA, A. Volatile compounds and fatty acids profile in *Longissimus dorsi* muscle from pigs fed with feed containing bioactive components. **LWT - Food Science and Technology**, v. 67, p. 112-117, 2016. DOI: 10.1016/j.lwt.2015.11.023.

YAN, L.; KIM, I. H. Effect of dietary grape pomace fermented by *saccharomyces boulardii* on the growth performance, nutrient digestibility and meat quality in finishing pigs. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 24, n. 12, p. 1763-1770, 2011. DOI: 10.5713/ajas.2011.11189.

YOU, L.; REGENSTEIN, J. M.; LIU, R. H. Optimization of hydrolysis conditions for the production of antioxidant peptides from fish gelatin using response surface methodology. **Journal of food science**, v. 75, n. 6, p. C582-7, 2010. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2010.01707.x.

ZHAO, Z.; BARCUS, M.; KIM, J.; LUM, K. L.; MILLS, C.; LEI, X. G. High dietary selenium intake alters lipid metabolism and protein synthesis in liver and muscle of pigs. **The Journal of Nutrition**, v. 146, n. 9, p. 1625-1633, 2016. DOI: 10.3945/jn.116.229955.

Capítulo 6

Implicações do nível de nutrição proteica e vitamina A sobre a qualidade da carne

Teresinha Marisa Bertol



Introdução

A carne é o resultado de reações físico-químicas pelas quais o tecido A produção de suínos tem alcançado altos níveis de excelência nos principais países produtores, com o uso de genótipos altamente melhorados para taxa de crescimento, eficiência alimentar e deposição de carne magra. Somadas a esse fator, a organização dos sistemas de produção e as estratégias de alimentação têm resultado em redução dos custos de produção e na produção de carcaças com elevada porcentagem de carne e baixo conteúdo de gordura. Estes resultados vêm ao encontro dos anseios dos consumidores, que buscam produtos cárneos a preços acessíveis e cortes com reduzido teor de gordura. No entanto, essa transformação na qualidade das carcaças que resultou em redução da espessura de toucinho e do conteúdo de gordura total foi acompanhada por redução no conteúdo de gordura intramuscular e deterioração das características sensoriais, o que pode ter implicações negativas para o consumo de carne *in natura*. Alguns fatores nutricionais em particular podem agravar o problema de baixa gordura intramuscular, ou, na direção oposta, podem ser utilizados de forma estratégica para melhorá-la. Nesse capítulo, serão abordadas estratégias nutricionais relacionadas com níveis de nutrientes específicos que apresentam potencial para afetar a composição e as características de qualidade de carne.

Nível proteico da dieta e suplementação com aminoácidos específicos

Na produção industrial de suínos, a nutrição proteica segue padrões de exigências de aminoácidos que visam obter a melhor combinação entre taxa de crescimento, conversão alimentar e porcentagem de carne magra na carcaça, conseqüentemente com a melhor relação custo/benefício. Portanto, o sucesso dos programas nutricionais é dependente da capacidade de fornecer os nutrientes em quantidade mais próxima possível das exigências dos animais, o que se constitui em um grande desafio considerando-se as variações normalmente encontradas na qualidade das matérias-primas, no potencial específico de cada

genótipo, sexo e indivíduo, e no efeito das condições sanitárias e de ambiência normalmente encontradas na produção. O uso de margens de segurança, que visam garantir os níveis necessários ao máximo desempenho e produção de carne magra, tendo-se em conta a variabilidade das condições de produção mencionadas acima e as possibilidades de erro na estimativa do conteúdo de nutrientes digestíveis dos alimentos e das exigências dos animais, pode incorrer no fornecimento de níveis excessivos de aminoácidos nas dietas, com implicações negativas na lucratividade e qualidade da carne. Por outro lado, dependendo da conjuntura econômica, pode ser mais vantajoso utilizar dietas com níveis mais baixos de proteína/aminoácidos, já que os ingredientes proteicos tendem a ser mais caros do que os ingredientes energéticos.

Em geral, nos padrões atuais de produção de suínos em sistema industrial de larga escala, com a utilização de genótipos e outras tecnologias destinadas a aumentar a eficiência de produção de carne magra, o que se tem observado é a produção de carne com baixos níveis de gordura intramuscular. Em um levantamento feito em dois abatedouros de grande escala, observou-se que uma grande proporção dos animais apresentava escore 1 de marmoreio (Tabela 1), ou seja, carne desprovida ou praticamente desprovida de gordura intramuscular, de acordo com a classificação do National Pork Producers Council (1999). No abatedouro B, onde todos os machos eram submetidos à castração imunológica, a proporção de animais com escore 1 de marmoreio (1% de gordura intramuscular) chegou a 51%. A menor proporção desse escore (18%) foi obtida no abatedouro A, em um genótipo especial destinado à produção de carne com qualidade superior, no qual o escore 3 (3% ou mais de gordura intramuscular) atingiu quase 40% das carcaças.

O programa nutricional a que os suínos são submetidos na fase final de produção, mais especificamente o nível de proteína, de lisina e de alguns outros aminoácidos essenciais, pode influenciar o nível de gordura intramuscular e outras características de qualidade da carne. A redução do nível de proteína da dieta, desde que não compensada por suplementação com aminoácidos sintéticos, resulta em aumento da gordura intramuscular. Isto é observado especialmente com reduções drásticas do conteúdo de proteína, abaixo das exigências dos animais, resultando em aumentos variáveis no conteúdo de gordura intramuscular (Castel et al., 1994; Goerl et al., 1995; Kerr et al., 1995;

Cisneros et al., 1996; Witte et al., 2000; Wood et al., 2004; Wang et al. 2012; Madeira et al., 2013) (Tabela 2). O mesmo efeito pode ser obtido com níveis reduzidos de um único aminoácido, como a lisina, por exemplo (Katsumata et al., 2005; Katsumata et al., 2012), a qual, por ser o primeiro aminoácido limitante nas dietas de suínos, resulta em efeito semelhante à redução do nível de proteína. Esse efeito também pode ser obtido com reduções moderadas no nível de proteína/aminoácidos da dieta, porém com aumentos mais modestos na gordura intramuscular (Doran et al., 2006; Teye et al., 2006; Bertol et al., 2010; Monteiro, 2017; Wood et al., 2013), pois o aumento da gordura intramuscular em resposta aos níveis de proteína ou lisina da dieta é dose-dependente (Castel et al., 1994; Goerl et al., 1995; Katsumata et al., 2012). A resposta obtida por Doran et al. (2006), Bertol et al. (2010) e Monteiro (2017) sugere que não somente os níveis proteicos/aminoacídicos abaixo das exigências aumentam a gordura intramuscular, mas quando acima das exigências causam sua redução, embora a magnitude das respostas seja menor nesse caso.

Tabela 1. Frequência de distribuição das carcaças nas categorias de marmoreio em duas agroindústrias da Região Sul do Brasil.

Categoria	Frequência	Porcentagem	Frequência cumulativa	Porcentagem cumulativa
Agroindústria B - genótipos industriais				
Escore 1	121	51,05	121	51,05
Escore 2	109	45,99	230	97,05
Escore 3 ou +	7	2,95	237	100,00
Agroindústria A - genótipos industriais				
Escore 1	91	37,76	91	37,76
Escore 2	100	41,49	191	79,25
Escore 3 ou +	50	20,75	241	100,00
Agroindústria A - genótipo especial qualidade de carne				
Escore 1	49	17,75	49	17,75
Escore 2	119	43,12	168	60,87
Escore 3 ou +	108	39,13	276	100,00

Fonte: Adaptado de Bertol et al. (2016).

Tabela 2. Efeito da redução do nível de proteína ou de lisina da dieta sobre o conteúdo de gordura intramuscular em suínos.

Genótipo	Faixa de peso vivo (kg)	Proteína bruta (%)	Lisina total (%)	Energia (MJ ED/kg)	Efeito sobre desempenho	Efeito sobre carcaça	Marmoreio médio por tratamento (%)	Fonte
Landrace x Hampshire	25 - 98	11,9	0,48	12,7	↓ GPD e EA	↓ AOL, ↑ ET	4,0	Castell et al. (1994)
		13,3	0,57	12,8				
		14,8	0,65	12,9				
		16,2	0,75	13,0				
		17,6	0,81	13,1				
Landrace x (York x Hampshire)	8,6 - 92,6	19	1,04		↓ GPD e EA	↓ AOL, ↑ ET	2,93	Kerr et al. (1995)
		15	1,04					
		15/16	0,75/0,82					
		12	0,82					
		12/14	0,53/0,67					
Hampshire*	28 - 104	11	0,67			↓ AOL, ↑ ET	9,37	Goerl et al. (1995)
		13	0,45					
		16	0,45					
		19	0,45					
		22	0,45					
5 linhagens Large White	30 - 90 kg	10	0,40; 0,76 e 1,12 †	14 (na MS)			1,61	Cameron et al. (2000)
		13	0,40; 0,76 e 1,12 †					
		16	0,40; 0,76 e 1,12 †					
		19	0,40; 0,76 e 1,12 †					
		22	0,40; 0,76 e 1,12 †					
Híbrido PIC	90 - 126	10,45	0,48	14,2 ††	↓ EA	↓ AOL e PCM	3,48	Witte et al. (2000)
		10,43	0,64 †				2,93 ††	

Continua...

Tabela 2. Continuação.

Genótipo	Faixa de peso vivo (kg)	Proteína bruta (%)	Lisina total (%)	Energia (MJ ED/kg)	Efeito sobre desempenho	Efeito sobre carcaça	Marmoreio médio por tratamento (%)	Fonte
Berkshire Tamworth Large White Duroc	9 - 21 semanas	20 16	1,14 0,68§	14 1	↓ GPD	↑ gordura subcutânea e intermuscular	2,05 vs 3,42 1,77 vs 3,10 0,97 vs 1,68 1,20 vs 1,40**	Wood et al. (2004)
(Large White x Landrace) x Duroc	61,7 - 110	11,1 11,1/10,7 10,7	0,43 0,65/0,40 0,68	14,5	↓ EA, ↑ idade ao abate	Não afetou	3,5 6,7**	Katsumata et al. (2005)
0,5 Duroc, 0,25 Large White, 0,25 Landrace	40 - 100	21 18		14			1,75 3,25**	Doran et al. (2006)
0,5 Duroc, 0,25 Large White, 0,25 Landrace	40 - 100	21 18	1,0 0,7§	14	↓ GPD e EA	Não afetou	1,74 2,86**	Teye et al. (2006)
PIC Linhagem 327 x C22	73 - 126	12,8 13,2	0,5 0,7	13,8††	Não afetou	↓ AOL	3,4 2,1	Hyun et al. (2007)
Duroc x F1 MS-115 x F1 Duroc x MO25 MS-115 x Moura	23 - 118 kg	19,02 17 08/18,44 16,60/17,03 15,03/14,79 13,19	1,03 0,89/0,95 0,83/0,81 0,68/0,66 0,56#	14,0 13,6 13,7 13,8 ††	Não afetou	Não afetou	1,66 1,92	Bertol et al. (2010)

Continua...

Tabela 2. Continuação.

Genótipo	Faixa de peso vivo (kg)	Proteína bruta (%)	Lisina total (%)	Energia (MJ ED/kg)	Efeito sobre desempenho	Efeito sobre carcaça	Marmoreio médio por tratamento (%)	Fonte
(Large White x Landrace) x Duroc	58 - 110	9,3; 9,3; 9,4; 9,8	0,4 0,48 0,56 0,64	14,5	↓ GPD e EA	Não afetou	6,9 4,9 4,3 3,9**	Katsumata et al. (2012)
Wujin	15 - 30 30 - 60 60 - 100	14 18	0,96	13,6	↑ idade ao abate	↓ PCM	6,93 vs 6,76 10,48 vs 9,75 12,15 vs 10,39**	Wang et al. (2012)
MS-115 x F1	25 - 50 50 - 80 80 - 105 105 - 130	15,44 18,21/15,39 18,56/14,78 16,12/12,55 14,11	0,96 0,94/0,82 0,89/0,75 0,83/0,59 0,75#		Não afetou	Não afetou	2,13 1,80	Monteiro, (2017)
Pietrain x (Large White x Landrace)	40 - 60 60 - 85 85 - 115	20 18 16/17 15 13/15 15 11,5	1,1 1,0 0,8/1,1 1,0 0,8/1,1 0,7 0,5	9,7†		↓ quantidade de músculo, ↑ ET	1,05 1,18 1,54**	Wood et al. (2013)
(0,5 Large White, 0,5 Landrace) x (0,5 Duroc, 0,5 Pietrain)	60 - 92	16 13		14††	↓ GPD e EA	↑ ET ↓ peso do lombo	1,34 1,85	Madeira et al. (2014)

* Duas linhagens de Hampshire, uma de baixo potencial de crescimento de carne e uma linhagem magra; ** Extrato etéreo; † MJ EL/kg; †† MJ EM/kg; ‡ Base digestível ileal; § Base digestível ileal aparente; # Base não especificada.

O fornecimento de dietas com altos níveis de leucina também resulta em aumento da gordura intramuscular (Hyun et al., 2003; Wood et al., 2004; Hyun et al., 2007), mas esta resposta pode ser dependente dos níveis de lisina da dieta, uma vez que, em alguns casos, os altos níveis de leucina somente elevaram a gordura intramuscular quando associados com baixos níveis de lisina (Hyun et al., 2007). A máxima resposta parece ser obtida com 2% de leucina (Hyun et al., 2007).

A suplementação da dieta de suínos em crescimento-terminação com arginina tem sido avaliada em alguns estudos, mas os resultados não são conclusivos quanto ao efeito dessa estratégia sobre o conteúdo de gordura intramuscular. Aumento da gordura intramuscular foi observado em alguns estudos com o fornecimento de dietas de crescimento-terminação com 1% de arginina (Tan et al., 2009; Ma et al., 2010), mas esse efeito não foi consistente em outros (Go et al., 2012; Madeira et al., 2014). Da mesma forma, a suplementação da dieta com arginina apresentou efeitos contraditórios sobre a qualidade da carcaça. Enquanto que a suplementação com 1% de arginina elevou a porcentagem de carne magra e reduziu a massa de gordura em alguns estudos (He et al., 2009; Tan et al., 2009), em outros foi relatado aumento da adiposidade das carcaças (Go et al., 2012) ou ausência de efeito (Ma et al., 2010). Apesar da falta de consistência nos resultados relativos ao conteúdo de gordura intramuscular e composição das carcaças, evidências do aumento da síntese líquida de proteína e aumento da oxidação dos ácidos graxos, que corroboram com aumento da massa muscular e redução da massa lipídica em suínos suplementados com arginina, foram obtidas a partir da análise de metabólitos séricos (He et al., 2009). Além disso, a análise da expressão de genes ligados à síntese e catabolismo do tecido adiposo demonstra que a suplementação com arginina potencializa a lipogênese no músculo e a lipólise no tecido adiposo (Tan et al., 2011), o que revela mecanismos básicos que favorecem o aumento da gordura intramuscular concomitante com a redução da massa adiposa total na carcaça.

A gordura intramuscular resulta da diferença entre a deposição e catabolismo dos lipídeos no músculo, os quais são regulados por enzimas controladas por um grande número de genes (Wang et al., 2012). Uma das possíveis explicações para o aumento da gordura intramuscular associada com baixos níveis de nutrição proteica/aminoacídica é a

redução da síntese e do *turnover* de proteína no músculo, o que deixaria como saldo uma maior quantidade de energia disponível para síntese de ácidos graxos. Porém, outros mecanismos têm sido avaliados, que incluem a regulação da lipogênese e da lipólise no músculo. Um grande número de proteínas reguladoras, receptores e enzimas estão envolvidos nesses dois processos e a expressão dos genes que os codificam tem sido motivo de estudos. Foi demonstrado que a redução do nível de proteína ou de lisina da dieta aumenta a expressão de genes lipogênicos como PPAR γ , H-FABP, SREBP-1c, acetyl-CoA carboxilase (ACC), sintase dos ácidos graxos (FAZ) e stearoil-CoA dessaturase (SCD) e reduz a expressão de genes lipolíticos como carnitina palmitoil tranferase-1 (CPT-1) e lipase sensível a hormônio (HSL) no músculo (Katsumata et al., 2005; Doran et al., 2006; Katsumata et al., 2008; Wang et al., 2012). Por outro lado, aumento correspondente na expressão da enzima stearoyl-CoA dessaturase não foi observado no tecido adiposo (Doran et al., 2006), o que confirma a regulação bioquímica diferencial da deposição de gordura entre os diferentes tecidos por efeito da nutrição. A redução do nível de lisina da dieta causa redução do conteúdo de carnitina livre no músculo, provavelmente devido à menor disponibilidade local de lisina, a qual é um dos seus precursores (Katsumata et al., 2005). A β -oxidação dos ácidos graxos na mitocôndria é dependente da enzima carnitina palmitoil transferase, a qual transporta os ácidos graxos para o interior da mitocôndria, onde são catabolizados para produção de energia através do ciclo dos ácidos tricarbóxicos. Katsumata et al. (2008) observaram aumento da atividade da enzima citrato sintase nos músculos de suínos alimentados com dietas contendo nível reduzido de lisina, o que se constitui em outra evidência do efeito desta estratégia nutricional para aumento da gordura intramuscular. O citrato é um importante ativador da enzima acetyl-CoA carboxilase, uma enzima-chave no processo de síntese dos ácidos graxos (Garret; Grishan, 1999). O PPAR- γ é um dos componentes da família de PPARs, o qual quando ativado aumenta a sensibilidade à insulina e potencializa o metabolismo da glicose (Tyagi et al., 2011), desempenhando um importante papel no controle da adipogênese (Lehman et al., 1995). O aumento da expressão do PPAR- γ pode levar ao aumento da síntese *de novo* dos ácidos graxos, enquanto que a redução do conteúdo de carnitina livre pode levar à redução da β -oxidação dos ácidos graxos,

os quais, conjuntamente com outros fatores de transcrição e enzimas, podem ser fatores determinantes do aumento da gordura intramuscular em suínos alimentados com dietas contendo níveis reduzidos de lisina (Katsumata et al., 2005). Outra evidência do efeito das dietas com nível reduzido de lisina sobre o nível de gordura intramuscular estaria relacionada à capacidade oxidativa dos músculos. Suínos alimentados com dietas contendo reduzido nível de lisina apresentaram maior proporção de fibras musculares oxidativas, em função da ativação do gene *peroxisome proliferator-activated receptor Y2* (PPAR Y2), as quais podem conter maior nível de gordura intramuscular (Katsumata et al., 2008). No entanto, os mecanismos reguladores da lipogênese e lipólise nos suínos mudam com o aumento do peso corporal (Zhao et al., 2010; Wang et al., 2012), o que significa que o efeito das dietas sobre a gordura intramuscular pode ser influenciado também pelo peso de abate dos animais.

A leucina é um aminoácido cetogênico, que durante o metabolismo é convertido à acetyl-CoA, a qual pode integrar o ciclo dos ácidos tricarboxílicos para produção de energia pela via aeróbica na mitocôndria, ou ser exportada para o citosol e direcionada para a síntese dos ácidos graxos. Foi sugerido que o excesso de leucina é catabolizado dentro do músculo, dessa forma contribuindo para suprir energia específica para esse tecido músculo (Hyun et al., 2007). Essa poderia ser uma explicação para o aumento da gordura intramuscular induzida pelo excesso de leucina na dieta, sem aumento ou com aumento insignificante dos outros depósitos de gordura corporal.

A redução do nível de proteína da dieta ou a elevação da relação lisina/energia, pode também resultar em aumento da proporção de ácidos graxos saturados (SFA) e monoinsaturados (MUFA) e da relação MUFA/SFA na gordura corporal (Cameron et al., 2000; Katsumata et al., 2005; Doran et al., 2006; Teye et al., 2006; Wang et al., 2012; Madeira et al., 2013; Wood et al., 2013). O aumento do conteúdo de MUFA provavelmente se deve ao aumento da expressão do mRNA da enzima stearoyl-CoA dessaturase (Wang et al., 2012), a qual é responsável pela síntese de MUFA a partir de SFA. Também se observa redução da concentração de ácidos graxos poli-insaturados (PUFA) e da relação PUFA/SFA (Cameron et al., 2000; Wood et al., 2004; Teye et al., 2006; Wood et al., 2013) e aumento da relação ômega-6/ômega-3 no

músculo (Cameron et al., 2000). O efeito da redução dos níveis de proteína bruta ou aminoácidos específicos sobre o perfil de ácidos graxos é dependente do grau de adiposidade das raças utilizadas, sendo mais acentuado nas raças mais magras (Wood et al., 2004; Madeira et al., 2013). O aumento do conteúdo de MUFA e aumento da relação MUFA/SFA sugere aumento da síntese *de novo* de ácidos graxos e da atividade da enzima $\Delta 9$ -dessaturase associada à redução dos níveis de lisina da dieta (Katsumata et al., 2005; Doran et al., 2006).

A associação positiva entre o aumento do conteúdo de gordura intramuscular e as características sensoriais, tais como suculência e maciez, e a aceitabilidade da carne suína, tem sido relatada em diferentes estudos (Hodgson et al., 1991; Castel et al., 1994; Cannata et al., 2010; Madeira et al., 2013). O aumento do conteúdo de gordura intramuscular também está associado com aumento do pH e redução da perda por cocção (Hodgson et al., 1991). Os níveis mínimos aceitáveis de gordura intramuscular necessários para imprimir características sensoriais positivas na carne suína são mais ou menos concordantes entre os diferentes estudos. Font-i-Furnols et al. (2012) indicam que estes níveis variam de 2,2% a 3,4%, o primeiro sendo indicado por consumidores que preferem carne magra e o segundo por consumidores que preferem carne com mais gordura. Em outro estudo, o maior índice de aprovação dos consumidores quanto à textura e sabor foram obtidos com amostras que continham de 2,5% a 3,5% de marmoreio, e o índice de rejeição aumentou com novos aumentos na gordura intramuscular, possivelmente devido a preocupações quanto à saudabilidade do produto (Fernandez et al., 1999). Porém, a faixa ótima de gordura intramuscular desejada associada com melhor sabor e aceitabilidade geral do produto pode variar de acordo com aspectos culturais, idade, preocupação com saudabilidade e muitos outros fatores específicos das populações de diferentes regiões. Mesmo assim, níveis de gordura intramuscular mais elevados do que os encontrados na carne da maioria dos suínos oriundos da produção industrial atual são requeridos para ótima qualidade sensorial. A redução do nível de proteína da dieta resulta em aumento da suculência e maciez (Castel et al., 1994; Wood et al., 2004; Teye et al., 2006; Wood et al., 2013; Madeira et al., 2014), redução da força de cisalhamento (Goerl et al., 1995) e da perda por cocção (Castel et al., 1994). A redução da relação lisina/energia da die-

ta resulta em carne com melhor *flavor* e odor (Cameron et al., 2000) e maior aceitabilidade geral (Cameron et al., 2000; Wood et al., 2013). Por outro lado, quando associada a raças com elevada proporção de gordura corporal, a redução do nível de proteína da dieta pode piorar a aceitabilidade geral da carne, como observado com a raça Tamworth (Wood et al., 2004). Este fato pode estar relacionado com excesso de gordura na carne, em função do aumento do conteúdo de gordura em uma raça já naturalmente gorda. O aumento do conteúdo de gordura intramuscular é acompanhado por redução do conteúdo de proteína e aumento da matéria seca da carne (Hodgson et al., 1991; Goerl et al., 1995). Considerando-se que a redução do conteúdo de proteína ou da relação lisina/energia da dieta aumentam a gordura intramuscular, e que há uma associação positiva entre esta e a qualidade da carne, pode-se dizer que a melhora das características tecnológicas e sensoriais obtidas com a redução dos níveis de proteína ou lisina das dietas em grande parte é consequência do aumento do conteúdo de gordura intramuscular, a qual apresenta correlação positiva com a suculência e aceitabilidade geral e correlação negativa com a força de cisalhamento e a perda por cocção (Hodgson et al., 1991).

Embora seja uma estratégia eficiente para aumentar o nível de gordura intramuscular, o uso de dietas com redução drástica dos níveis de proteína ou de lisina apresenta o inconveniente de reduzir o desempenho de crescimento e/ou aumentar a gordura total na carcaça dos suínos (Castel et al., 1994; Goerl et al., 1995; Kerr et al., 1995; Wood et al., 2004; Katsumata et al., 2005; Katsumata et al., 2012), podendo afetar o custo de produção e reduzir o valor das carcaças. Porém, com reduções moderadas no nível de proteína/aminoácidos da dieta é possível obter aumentos modestos na gordura intramuscular sem efeito negativo sobre o desempenho e as características de carcaça (Bertol et al., 2010; Monteiro, 2017), o que é possibilitado por regulação bioquímica diferenciada da deposição de gordura entre os diferentes depósitos nos suínos (Doran et al., 2006). Nos casos em que estes resultados foram obtidos, os níveis mais elevados de aminoácidos provavelmente estavam acima dos requerimentos dos animais para ótimo desempenho, em função de algumas tabelas de exigências nutricionais estarem superestimando as exigências de aminoácidos. Os baixos níveis de gordura intramuscular observados nos suínos a nível de campo (Tabela 1)

sugerem que os níveis de nutrição proteica/aminoacídica utilizados estão acima das exigências dos animais. Em alguns casos, a redução do nível de proteína da dieta resultou apenas em um pequeno aumento da gordura intramuscular, juntamente com redução do desempenho e aumento da quantidade de gordura da carcaça (Witte et al., 2000; Madeira et al., 2014). Esta resposta pode estar associada ao baixo peso de abate (90 kg), pois a deposição de marmoreio é tardia em suínos, e com particularidades do genótipo (Witte et al., 2000). Além disso, em suínos de 90 kg de peso vivo, a deposição de proteína na carcaça ainda é elevada, portanto, uma pequena deficiência de proteína ou lisina nesta faixa de peso pode ter um grande efeito sobre a composição da carcaça e o desempenho dos animais.

Dietas com elevados níveis de leucina também podem afetar o desempenho dos animais (Hyun et al., 2003), embora esse resultado não tenha sido consistente entre os diferentes estudos (Hyun et al., 2007). Por outro lado, altos níveis de leucina na dieta parecem não afetar a qualidade da carcaça (Hyun et al., 2003; Hyun et al., 2007). Portanto, para aumentos acentuados da gordura intramuscular através da redução do conteúdo de proteína ou lisina ou de aumentos do nível de leucina da dieta há um preço a pagar, que só terá viabilidade econômica se o diferencial de qualidade for valorizado com remuneração extra, de forma a compensar pelos prejuízos no desempenho e quantidade de carne produzida. Porém, aumentos na gordura intramuscular não devem ser de tal ordem que suscitem preocupações nos consumidores quanto à saudabilidade da carne. Por outro lado, aumentos moderados na gordura intramuscular podem ser obtidos sem afetar, ou com efeitos mínimos sobre, o desempenho e a qualidade da carcaça. Esse resultado pode ser obtido com ajuste fino da formulação para cada situação específica, evitando excesso de aminoácidos na ração para que se obtenha pelo menos o nível mínimo de gordura intramuscular necessário para adequada qualidade sensorial da carne. Portanto, é crucial que se faça um ajuste fino na nutrição proteica/aminoacídica de modo a equilibrar os resultados quanto à melhoria da qualidade da carne com o desempenho e a qualidade da carcaça. Porém, como as matérias-primas disponíveis e as condições de produção são amplamente variáveis, não é possível recomendar um nível de proteína ou de lisina para uso geral visando aumento da gordura intramuscular, e sim o ajuste caso a caso.

A suplementação com 1% de arginina na dieta de suínos em terminação não afeta o desempenho dos animais (He et al., 2009; Ma et al., 2010; Go et al., 2012), podendo até melhorar o ganho de peso e a eficiência alimentar (Tan et al., 2009), o que representa uma vantagem em relação às outras estratégias para aumento do conteúdo de gordura intramuscular através de alterações na nutrição proteica. No entanto, os resultados inconsistentes quanto ao seu efeito tornam necessário o desenvolvimento de novas pesquisas para elucidar a questão.

Vitamina A

O termo vitamina A se refere aos derivativos com atividade biológica do *all trans* ácido retinoico, ou ácido retinoico, gerados a partir do retinol (Brown; Noelle, 2015), os quais são compostos orgânicos lipossolúveis que desempenham importantes funções no organismo. Entre essas funções, podemos citar seu papel no adequado funcionamento da visão, imunidade, crescimento, diferenciação epitelial (Saker et al., 2015), reprodução (Livera et al., 2002), desenvolvimento embrionário (Zile, 1998) e hematopoiese (Garg et al., 2005), além de outras. O retinol pode ser obtido a partir de alimentos de origem animal ou ser sintetizado a partir do β -caroteno, o qual é encontrado em alimentos de origem vegetal (Garret; Grisham, 1999). Os níveis de vitamina A recomendados no National Research Council (2012) para suínos a partir do desmame até o final da fase de terminação variam de 2.200 UI a 1.300 UI, o que corresponde a 660 μg - 390 μg de retinol ou 757 μg - 447 μg de retinil acetato por kg da dieta. Porém, na prática, os níveis de vitamina A fornecidos nas dietas dos suínos são de 2 a 10 vezes mais elevados do que o nível recomendado nas tabelas de nutrição.

Cinquenta a 80% da vitamina A armazenada nos tecidos corporais dos mamíferos é depositada no fígado (Nagy et al., 1997). Em suínos suplementados com níveis supranutricionais de vitamina A, a deposição corporal se dá nas formas de retinol e retinil palmitato, no fígado e no tecido adiposo, mas em muito maior proporção no primeiro (Ayuso et al., 2015a). Portanto, no caso de fornecimento de dietas deficientes em vitamina A, os depósitos corporais são mobilizados para manter a homeostase. Nesse caso, o retinol é mobilizado de forma mais rápida

do que o retinil palmitato e mais rapidamente do fígado do que do tecido adiposo (Ayuso et al., 2015a), sendo o conteúdo de vitamina A no músculo menos afetado pelos níveis dietéticos (Olivares et al., 2009a).

Pesquisas têm indicado um efeito da vitamina A sobre a deposição de gordura intramuscular e o perfil de ácidos graxos da gordura corporal. O fornecimento de dietas com baixos níveis ou sem suplementação de vitamina A por períodos prolongados leva ao aumento da gordura intramuscular em suínos (D'Souza et al., 2003; Olivares et al., 2011; Ayuso et al., 2015b) e bovinos (Siebert et al., 2006; Gorocica-Buenfil et al., 2007) (Tabela 3). Foi sugerido que o efeito da vitamina A sobre a gordura intramuscular poderia ser dependente do genótipo, pois Olivares et al. (2009b) observaram que em um genótipo magro a suplementação com vitamina A reduziu a deposição de gordura intramuscular, enquanto que em um genótipo moderadamente gordo o efeito foi oposto. Porém, nos estudos apresentados na Tabela 3, observa-se aumento da gordura intramuscular em função da restrição de vitamina A em diferentes genótipos, desde genótipos comerciais magros até o suíno Ibérico. Olivares et al. (2009a) não obtiveram efeito da suplementação com vitamina A sobre a gordura intramuscular de suínos, porém o estudo não contemplou dieta deficiente nesta vitamina, pois compararam dois níveis de suplementação bem acima do recomendado nas tabelas de exigências nutricionais (7.500 UI vs. 100.000 UI/kg da dieta). Com relação a um possível efeito da fase de vida do animal em que a restrição de vitamina A é aplicada, observa-se que, quando o início da restrição se dá até os 56 kg de peso vivo, há um efeito positivo sobre a gordura intramuscular (D'Souza et al., 2003; Olivares et al., 2011; Ayuso et al., 2015b), porém, o mesmo não se observa com restrição em idade mais tardia, como, por exemplo, nas últimas cinco semanas antes do abate (Olivares et al., 2011). É provável que essa falta de resposta esteja relacionada ao curto período de deficiência e à mobilização dos depósitos de vitamina A nos tecidos, principalmente do fígado, que podem ser suficientes para manter a homeostase até o abate dos animais.

Tabela 3. Efeito da restrição ou baixos níveis de suplementação de vitamina A na dieta sobre o desempenho, qualidade da carcaça e gordura intramuscular em suínos e bovinos.

Espécie	Genótipo	Fase avaliação (kg peso vivo)	Vitamina A (kg dieta)	Desempenho	Carcaça	Gordura intramuscular	Fonte
Suínos	LWxLDxDU	24 a 106	87 vs. 0 UI	Não afetou	Não afetou	Aumentou	D'Souza et al. (2003)
Suínos	DUX(LWxLD)	68 a 126	100.000 vs. 7.500 UI	Não afetou	Não afetou	Não afetou	Olivares et al. (2009a)
Suínos	DUX(LDxLW) e (LDxLW)x (LDxLW)	56 a 115	100.000 vs. 0 UI	Não afetou	Não afetou	DUX(LDxLW): reduziu (LDxLW) x (LDxLW): não afetou	Olivares et al. (2009b)
Suínos	LWx(LDxLW)	56 a 126	13.000 vs. 1.300 vs. 13.000 (6 semanas) - 0 (5 semanas) UI	Não afetou	Não afetou	Aumentou com 1.300 UI vit. A	Olivares et al. (2011)
Suínos	Ibérico puro	16 a 158	10.000 vs. 0 UI	Não afetou	-	Aumentou (lipídeos neutros)	Ayuso et al. (2015b)
Bovinos	Angus	355 a 680	60.000 vs. 0 UI/100 kg peso vivo/dia	Não afetou	Não afetou	Aumentou	Siebert et al. (2006)
Bovinos	Holstein	218 a 588	2.200 vs. 0 (112 d) e 950 (131 d) vs. 0 (243 d) UI	Não afetou	Não afetou	Aumentou com 243 d de restrição	Gorocica -Buenfl et al. (2007)

LW= Large White; LD= Landrace; DU= Duroc

O aumento da gordura intramuscular associado a dietas deficientes em vitamina A está ligado ao efeito inibitório do ácido retinoico sobre a diferenciação dos pré-adipócitos (Suryawan; Hu, 1997; Brandebourg; Hu, 2005; Ayuso et al., 2015a), já que a deposição de gordura intramuscular é dependente do aumento no número de adipócitos (Ayuso et al., 2015b). Este efeito é mediado pela inibição do receptor α do ácido retinoico e pela inibição da expressão de genes ligados a regulação da adipogênese (Brandebourg; Hu, 2005; Ayuso et al., 2015a; 2015b).

A restrição de vitamina A também pode alterar a composição dos ácidos graxos corporais, com tendência de aumento na proporção de SFA, redução da proporção de MUFA, PUFA e relação MUFA/SFA e conseqüente redução do índice de dessaturação e aumento do ponto de fusão (Siebert et al., 2006; Olivares et al., 2009a; Olivares et al., 2011) na gordura subcutânea. Porém, a alteração na proporção de SFA observada é de baixa magnitude, variando de 3,7% a 4%. Por outro lado, a deficiência de vitamina A parece não afetar a composição da gordura intramuscular (Olivares et al., 2009a; Olivares et al., 2011), ou ainda pode apresentar efeito oposto ao verificado na gordura subcutânea, resultando em redução dos SFA e aumento dos MUFA e MUFA/SFA nos lipídeos neutros (Ayuso et al., 2015b). É possível que esse efeito sobre o perfil dos ácidos graxos da gordura intramuscular observado por Ayuso et al. (2015b), mas não por Olivares et al. (2009) e Olivares et al. (2011), tenha sido proporcionado pelo período mais longo de fornecimento da dieta deficiente em vitamina A no primeiro.

É interessante notar que o efeito da vitamina A sobre a gordura intramuscular ocorre sem que o desempenho dos animais e a qualidade da carcaça sejam afetados (D'Souza et al., 2003; Siebert et al., 2006; Gorocica-Buenfil et al., 2007; Olivares et al., 2009b; Olivares et al., 2011), a despeito de todas as funções reconhecidas da vitamina A no organismo animal. Este fato é muito importante do ponto de vista de produção comercial, pois esta se apresenta como uma opção viável para obtenção de carne de melhor qualidade sem custo adicional, uma vez que não causa prejuízo aos fatores que impactam o custo e a competitividade da produção. No entanto, para obter o efeito desejado na qualidade da carne e minimizar o risco da ocorrência de problemas que possam impactar o desempenho e a lucratividade da produção, é

importante que o período de restrição ou deficiência de vitamina A se reduza ao mínimo necessário, o que não está ainda definido devido ao pequeno número de estudos conduzidos até o momento. Porém, nos estudos disponíveis, o período mínimo com restrição de vitamina A que proporcionou aumento da gordura intramuscular foi de 77 dias. Este tempo mínimo depende dos níveis de vitamina A fornecidos nas fases anteriores, pois essa vitamina acumula-se nos tecidos e esses depósitos são mobilizados em períodos em que o aporte na dieta é reduzido.

Conclusões

A redução do nível de proteína, desde que não compensada com suplementação de aminoácidos sintéticos, ou a redução dos níveis de lisina da dieta abaixo das exigências dos suínos para máximo desempenho e produção de carne magra resulta em aumento da gordura intramuscular, sendo uma resposta dose-dependente. Esse efeito se dá pelo aumento da expressão de genes responsáveis pela lipogênese e redução da expressão de genes responsáveis pela lipólise no músculo em função da redução do aporte dietético de proteína ou lisina. Por outro lado, o excesso de proteína ou de lisina na dieta causa redução da gordura intramuscular em relação aos animais alimentados com níveis mais próximos das exigências desses nutrientes. Outro efeito do uso de reduzidos níveis de proteína ou lisina na dieta é o aumento da proporção de SFA e MUFA e da relação MUFA/SFA na gordura corporal, possivelmente devido ao aumento da síntese *de novo* de ácidos graxos e da atividade da enzima $\Delta 9$ -dessaturase. A redução do nível de proteína ou lisina da dieta também resulta em aumento da suculência e maciez, redução da força de cisalhamento, redução da perda por cocção, melhoria do *flavor* e do odor e aumento da aceitabilidade geral. Este impacto positivo sobre a qualidade da carne em grande parte é consequência do aumento do conteúdo de gordura intramuscular. Todas as essas respostas são mais acentuadas em suínos de genótipos mais magros.

O fornecimento de elevados níveis de leucina na dieta de terminação também resulta em aumento da gordura intramuscular, a máxima resposta sendo obtida com 2% de leucina. Porém, essa resposta é dependente dos níveis de lisina da dieta, pois elevados níveis de lisina

podem anular esse efeito. Nesse caso, o aumento da gordura intramuscular se dá possivelmente pela regulação do metabolismo energético no músculo.

A suplementação da dieta de suínos em crescimento-terminação com 1% de arginina tem apresentado alguns resultados positivos com relação ao aumento do conteúdo de gordura intramuscular, porém, os resultados não são conclusivos, apesar da existência de algumas evidências de que a arginina atua sobre mecanismos básicos que favorecem o aumento da gordura intramuscular concomitante com a redução da massa adiposa total na carcaça.

O uso de baixos níveis, ou a restrição total de vitamina A na ração de suínos por períodos prolongados, resulta em aumento da gordura intramuscular. Na prática, são utilizados elevados níveis de vitamina A nas dietas dos suínos, no mínimo 3 a 4 vezes o recomendado no National Research Council (2012), mas a redução desses níveis aumenta o conteúdo de gordura intramuscular sem afetar o desempenho e a qualidade da carcaça ou outras características de qualidade de carne. O aumento da gordura intramuscular ocorre em função da redução da inibição de genes ligados à regulação da adipogênese e diferenciação dos pré-adipócitos por parte do ácido retinoico. Novas pesquisas são necessárias para avaliar o período mínimo de fornecimento e o nível máximo de vitamina A que pode ser usado na dieta para aumentar o conteúdo de gordura intramuscular a níveis desejáveis sem afetar o desempenho e a qualidade da carcaça, mas, a partir dos resultados obtidos até o momento, o período mínimo de tempo e o nível máximo de vitamina que atendeu esses requisitos foi de 77 dias e 1.300 UI/kg da dieta, que é igual ao nível recomendado pelo National Research Council (2012).

Do ponto de vista prático, o uso de dietas com níveis de proteína ou lisina abaixo das exigências dos suínos ou com elevados níveis de leucina resultará em redução do desempenho de crescimento e em piora da qualidade da carcaça devido à redução da proporção de carne magra. Portanto, o uso dessa estratégia para aumento da gordura intramuscular deve estar associado a maior valoração das carcaças para compensar o aumento do custo de produção, sendo mais adequada para destinação a nichos de mercado. Por outro lado, evitar o excesso

de proteína ou lisina nas dietas, assim como utilizar níveis reduzidos de vitamina A, contribui para prevenir a produção de carne com níveis de gordura intramuscular abaixo do desejável (abaixo de 2,5%), o que se constitui em uma estratégia mais adequada para produção industrial em larga escala, considerando que não afeta o desempenho e pode até reduzir o custo de produção.

Referências

AYUSO, M.; ÓVILO, C.; FERNÁNDEZ, A.; NUÑEZ, Y.; ISABEL, B.; DAZA, A.; LÓPEZ-BOTE, C. J.; REY, A. I. Effects of dietary vitamin A supplementation or restriction and its timing on retinol and α -tocopherol accumulation and gene expression in heavy pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 202, p. 62-74, 2015a. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2015.01.014.

AYUSO, M.; ÓVILO, C.; RODRÍGUEZ-BERTOS, A.; REY, A. I.; DAZA, A.; FERNÁNDEZ, A.; GONZÁLEZ-BULNES, A.; LÓPEZ-BOTE, C. J.; ISABEL, B. Dietary vitamin A restriction affects adipocyte differentiation and fatty acid composition of intramuscular fat in Iberian pigs. **Meat Science**, v. 108, p. 9-16, Oct. 2015b. DOI: 10.1016/j.meatsci.2015.04.017.

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. Qualidade da carne e desempenho de genótipos de suínos alimentados com dois níveis de aminoácidos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 45, n. 6, p. 621-629, 2010. DOI: 10.1590/S0100-204X2010000600012.

BERTOL, T. M.; SANTOS FILHO, J. I. dos; COLDEBELLA, A. Pork quality in two slaughter plants from the South of Brazil. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 53, 2016, Gramado. Produção animal para as novas gerações. **Anais...** Gramado: SBZ, 2016.

BRANDEBOURG, T. D.; HU, C. Y. Regulation of differentiating pig preadipocytes by retinoic acid. **Journal of Animal Science**, v. 83, p. 98-107, 2005. DOI: 10.2527/2005.83198x.

BROWN, C. C.; NOELLE, R. J. Seeing through the dark: new insights into the immune regulatory functions of vitamin A. **European Journal of Immunology**, v. 45, p. 1287-1295, May 2015. DOI: 10.1002/eji.201344398.

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**, v. 55, n. 2, p. 187-195, June 2000. DOI: 10.1016/S0309-1740(99)00142-4.

CANNATA, S.; ENGLE, T. E. ; MOELLER, S. J.; ZERBY, H. N.; RADUNZ, A. E.; GREEN, M. D.; BASS, P. D.; BELK, K. E. Effect of visual marbling on sensory properties and quality traits of pork loin. **Meat Science**, v. 85, n. 3, p. 428-434, July 2010. DOI: 10.1016/j.meatsci.2010.02.011.

CASTELL, A. G.; CLIPLEF, R. L.; POSTE-FLYNN, L. M.; BUTLER, G. Performance, carcass and pork characteristics of castrates and gilts self-fed diets differing in protein content and lysine: energy ratio. **Canadian Journal Animal Science**, v. 74, n. 3, p. 519-528, 1994. DOI: 10.4141/cjas94-073.

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**, v. 63, p. 517-522, Dec. 1996. DOI: 10.1017/S1357729800015411.

D´SOUZA, D. N.; PETHICK, D. W.; DUNSHEA, F. R.; PLUSKE, J. R.; MULLAN, B. P. Nutritional manipulation increases intramuscular fat levels in the *Longissimus* muscle of female finisher pigs. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 54, n. 8, p. 745-749, 2003. DOI: 10.1071/AR03009.

DORAN, O.; MOULE, S. K.; TEYE, G. A.; WHITTINGTON, F. M.; HALLETT, K. G.; WOOD, J. D. A reduced protein diet induces stearoyl-CoA desaturase protein expression in pig muscle but not in subcutaneous adipose tissue: relationship with intramuscular lipid formation. **British Journal of Nutrition**, v. 95, p. 609-617, 2006. DOI: 10.1079/bjn20051526.

FONT-i-FURNOLS, M.; TOUS, N.; ESTEVE-GARCIA, E.; GISPERT, M. Do all the consumers accept marbling in the same way? the relationship between eating and visual acceptability of pork with different intramuscular fat content. **Meat Science**, v. 91, n. 4, p. 448-453, Aug. 2012. DOI: 10.1016/j.meatsci.2012.02.030.

GARG, A.; ABROL, P.; TEWARI, A. D.; SEN, R.; LAL, H. Effect of vitamin A supplementation on hematopoiesis in children with anemia. **Indian Journal of Clinical Biochemistry**, v. 20, n. 1, p. 85-86, Jan. 2005. DOI: 10.1007/BF02893048.

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

GO, G.; WU, G.; SILVEY, D. T.; CHOI, S.; LI, X.; SMITH, S. B. Lipid metabolism in pigs fed supplemental conjugated linoleic acid and/or dietary arginine. **Amino Acids**, v. 43, p. 1713-1726, 2012. DOI: 10.1007/s00726-012-1255-5.

GOERL, K. F.; EILERT, K. F.; MANDIGO, K. F.; CHEN, H. Y.; MILLER, P. S. Pork Characteristics as affected by two populations of swine and six crude protein levels. **Journal of Animal Science**, v. 73, n. 12, p. 3621-3626, Dec. 1995. DOI: 10.2527/1995.73123621x.

GOROCICA-BUENFIL, M. A.; FLUHARTY, F. L.; REYNOLDS, C. K.; LOERCH, S. C. Effect of dietary vitamin A restriction on marbling and conjugated-linoleic acid (CLA) content in Holstein steers. **Journal of Animal Science**, v. 85, n. 9, p. 2243-2255, Sept. 2007. DOI: 10.2527/jas.2006-781.

HE, Q.; KONG, X.; WU, G.; REN, P.; TANG, H.; HAO, F.; HUANG, R.; LI, T.; TAN, B.; LI, P.; TANG, Z.; YIN, Y.; WU, Y. Metabolomic analysis of the response of growing pigs to dietary L-arginine supplementation. **Amino Acids**, v. 37, p. 199-208, 2009. DOI: 10.1007/s00726-008-0192-9.

HODGSON, R. R.; DAVIS, G. W.; SMITH, G. C.; SAVEL, J. W.; CROSS, H. R. Relationships between pork loin palatability traits and physical characteristics of cooked chops. **Journal of Animal Science**, v. 69, p. 4858-4865, 1991. DOI: 10.2527/1991.69124858x.

HYUN, Y.; ELLIS, M.; MCKEITH, F. K.; BAKER, D. H. Effect of dietary leucine level on growth performance, and carcass and meat quality in finishing pigs. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 83, v. 2, p. 315-318, 2003. DOI: 10.4141/A02-035.

HYUN, Y.; KIM, J. D.; ELLIS, M.; PETERSON, B. A.; BAKER, D. H.; MCKEITH, F. K. 2007. Effect of dietary leucine and lysine levels on intramuscular fat content in finishing pigs. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 87, n. 3, p. 303-306, 2007. DOI: 10.4141/CJAS06042.

KATSUMATA, M.; KOBAYASHI, S.; MATSUMOTO, M.; TSUNEISHI, E.; KAJI, Y. Reduced intake of dietary lysine promotes accumulation of intramuscular fat in the *Longissimus dorsi* muscles of finishing gilts. **Animal Science Journal**, v. 76, n. 3, p. 237-244, Jun. 2005. DOI: 10.1111/j.1740-0929.2005.00261.x.

KATSUMATA, M.; KYOYA, T.; ISHIDA, A.; OHTSUKA, M.; NAKASHIMA, K. Dose-dependent response of intramuscular fat accumulation in *Longissimus dorsi* muscle of finishing pigs to dietary lysine levels. **Livestock Science**, v. 149, n. 1-2, p. 41-45, 2012. DOI: 10.1016/j.livsci.2012.06.025.

KATSUMATA, M.; MATSUMOTO, M.; KOBAYASHI, S.; KAJI, Y. Reduced dietary lysine enhances proportion of oxidative fibers in porcine skeletal muscle. **Animal Science Journal**, v. 79, n. 3, p. 347-353, June 2008. DOI: 10.1111/j.1740-0929.2008.00536.x.

KERR, B. J.; MCKEITH, F. K.; EASTER, R. A. Effect on performance and carcass characteristics of nursery to finisher pigs fed reduced crude protein, amino acid-supplemented diets. **Journal of Animal Science**, v. 73, p. 433-440, 1995. DOI: 10.2527/1995.732433x

LEHMAN, J. M.; MOORE, L. B.; SMITH-OLIVER, T. A.; WILKISON, W. O.; WILLSON, T. M.; KLIEWER, S. A. An Antidiabetic thiazolidinedione is a high affinity ligand for *peroxisome proliferator-activated receptor gamma* (PPAR γ). **The Journal of Biological Chemistry**, v. 270, n. 22, p. 12953-12956, June 1995. DOI: 10.1074/jbc.270.22.12953.

LIVERA, G.; ROUILLER-FABRE, V.; PAIRAULT, C.; LEVACHER, C; HABERT, R. Regulation and perturbation of testicular functions by vitamin A. **Reproduction**, v. 124, n. 2, p. 173-180, Aug. 2002.

MA, X.; LIN, Y.; JIANG, Z.; ZHENG, C.; ZHOU, G.; YU, D.; CAO, T.; WANG, J.; CHEN, F. Dietary arginine supplementation enhances antioxidative capacity and improves meat quality of finishing pigs. **Amino Acids**, v. 38, p. 95-102, 2010. DOI: 10.1007/s00726-008-0213-8.

MADEIRA, M. S.; ALFAIA, C. M.; ALFAIA, C. M.; LOPES, P. A.; BESSA, R. J. B.; LEMOS, J. P. C.; PRATES, J. A. M. The increased intramuscular fat promoted by dietary lysine restriction in lean but not in fatty pig genotypes improves pork sensory attributes. **Journal of Animal Science**, v. 91, p. 3177-3187, 2013. DOI: 10.2527/jas.2012-5424.

MADEIRA, M. S.; ALFAIA, C. M.; ALFAIA, C. M.; LOPES, P. A.; LEMOS, J. P. C.; BESSA, R. J. B.; PRATES, J. A. M. The combination of arginine and leucine supplementation of reduced crude protein diets for boars increases eating quality of pork. **Journal of Animal Science**, v. 92, p. 2030-2040, 2014. DOI: 10.2527/jas.2013-6876.

MONTEIRO, A. N. T. R.; BERTOL, T. M.; OLIVEIRA, P. A. V. de; DOURMAD, J. Y.; COLDEBELLA, A.; KESSLER, A. de M. The impact of feeding growing-finishing pigs with reduced dietary protein levels on performance, carcass traits, meat quality and environmental impacts. **Livestock Science**, v. 198, p. 162-169, 2017. DOI: 10.1016/j.livsci.2017.02.014.

NAGY, N.; HOVEN, K. B.; ROOS, N.; SENOO, H.; KOJIMA, N.; KAARE, R. N.; BLOMHOFF, R. Storage of vitamin A in extrahepatic stellate cells in normal rats. **Journal of Lipid Research**, v. 38, n. 4, p. 645-658, Apr. 1997.

NATIONAL PORK PRODUCERS COUNCIL. **Pork quality standards**. Des Moines: National Pork Producers Council, 1999.

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

OLIVARES, A.; DAZA, A.; REY, A. I.; LOPEZ-BOTE, C. J. Dietary vitamin A concentration alters fatty acid composition in pigs. **Meat Science**, v. 81, n. 2, p. 295-299, Feb. 2009a. DOI: 10.1016/j.meatsci.2008.07.029.

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, n. 1, p. 6-12, May 2009b. DOI: 10.1016/j.meatsci.2008.11.006.

OLIVARES, A.; DAZA, A.; REY, A. I.; LOPEZ-BOTE, C. J. Low levels of dietary vitamin A increase intramuscular fat content and polyunsaturated fatty acid proportion in liver from lean pigs. **Livestock Science**, v. 137, p. 31-36, 2011. DOI: 10.1016/j.livsci.2010.09.023.

SIEBERT, B. D.; KRUK, Z. A.; DAVIS, J.; PITCHFORD, W. S.; HARPER, G. S.; BOTTEMA, C. D. K. Effect of low vitamin A status on fat deposition and fatty acid desaturation in beef cattle. **Lipids**, v. 41, p. 365-370, 2006. DOI: 10.1007/s11745-006-5107-5.

SURYAWAN, A.; HU, C. Y. Effect of retinoic acid on differentiation of cultured pig preadipocytes. **Journal of Animal Science**, v. 75, p. 112-117, 1997. DOI: 10.2527/1997.751112x.

TAN, B.; YIN, Y.; LIU, Z.; LI, X.; XU, H.; KONG, X.; HUANG, R.; TANG, W.; SHINZATO, I.; SMITH, S. B.; WU, G. Dietary l-arginine supplementation increases muscle gain and reduces body fat mass in growing-finishing pigs. **Amino Acids**, v. 37, p. 169-175, 2009. DOI: 10.1007/s00726-008-0148-0.

TAN, B.; YIN, Y.; LIU, Z.; TANG, W.; XU, H.; KONG, X.; LI, X.; YAO, K.; GU, W.; SMITH, S. B.; WU, G. Dietary l-arginine supplementation differentially regulates expression of lipid-metabolic genes in porcine adipose tissue and skeletal muscle. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, v. 22, n. 5, p. 441-445, 2011. DOI: 10.1016/j.jnutbio.2010.03.012.

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, n. 1, p. 157-165, May 2006. DOI: 10.1016/j.meatsci.2005.11.010.

TYAGI, S.; GUPTA, P.; SAINI, A. S.; KAUSHAL, C.; SHARMA, S. The *peroxisome proliferator-activated receptor*: a family of nuclear receptors role in various diseases. *Journal of Advanced Pharmaceutical Technology and Research*, v. 2, n. 4, p. 236-240, 2011. DOI: 10.4103/2231-4040.90879.

WANG, J.; ZHAO, S. M.; SONG, X. L.; PAN, H. B.; LI, W. Z.; ZHANG, Y. Y.; GAO, S. Z.; WEBER, D. W. C. Low protein diet up-regulate intramuscular lipogenic gene expression and down-regulate lipolytic gene expression in growth–finishing pigs. *Livestock Science*, v. 148, p. 119-128, 2012. DOI: 10.1016/j.livsci.2012.05.018.

WITTE, D. P.; ELLIS, M.; MCKEITH, F. K.; WILSON, E. R. Effect of dietary lysine level and environmental temperature during the finishing phase on the intramuscular fat content of pork. *Journal of Animal Science*, v. 78, p. 1272-1276, 2000. DOI: 10.2527/2000.7851272x.

WOOD, J. D.; LAMBE, N. R.; WALLING, G. A.; WHITNEY, H.; JAGGER, S.; FULLARTON, P. J.; BAYNTUN, J.; HALLETT, K.; BÜNGER, L. Effects of low protein diets on pigs with a lean genotype. 1. Carcass composition measured by dissection and muscle fatty acid composition. *Meat Science*, v. 95, n. 1, p. 123-128, Sep. 2013. DOI: 10.1016/j.meatsci.2013.03.001.

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*, v. 67, n. 4, p. 651-667, Aug. 2004. DOI: 10.1016/j.meatsci.2004.01.007.

ZHAO, S.; WANG, J.; SONG, X.; ZHANG, X.; GE, C.; GAO, S. Impact of dietary protein on lipid metabolism related gene expression in porcine adipose tissue. *Nutrition & Metabolism*, v. 7, p. 6-18, 2010. DOI: 10.1186/1743-7075-7-6.

ZILE, M. H. Vitamin A and embryonic development: an overview. *The Journal of Nutrition*, v. 128, suppl. 2, p. 455S-458S, 1998. DOI: 10.1093/jn/128.2.455S.

Capítulo 7

Modificadores do metabolismo e seu efeito sobre a composição da carcaça e qualidade da carne

Teresinha Marisa Bertol



Introdução

Muitos aditivos alimentares com ou sem função nutricional têm sido desenvolvidos pela indústria farmacêutica com aplicação na produção animal. Entre os benefícios que podem ser obtidos com o uso desses aditivos estão a melhoria do desempenho de crescimento, modificação da composição das carcaças de forma a produzir mais carne e menos gordura e melhoria da qualidade da carne. Nessa linha, incluem-se alguns produtos modificadores do metabolismo, tais como os agonistas β -adrenérgicos e os ácidos linoleico conjugados (CLA).

A ractopamina é um agonista β -adrenérgico utilizado como promotor de crescimento na produção de suínos desde a década de 1990. Este aditivo é aprovado para uso na produção de suínos e bovinos em diversos países, incluindo o Brasil, EUA, Canadá e Austrália, mas é proibido na União Europeia, na Rússia e na China, além de outros países. O objetivo de seu uso na produção animal são os ganhos proporcionados pela melhoria da eficiência alimentar e redução da proporção de gordura na carcaça. Porém, muitos questionamentos têm surgido quanto ao efeito da ractopamina sobre o bem-estar dos animais e a qualidade da carne.

Os CLA são isômeros do ácido linoleico que apresentam várias funções biológicas, tais como efeito anticarcinogênico, antioxidante e antiarterosclerótico, modulação do sistema imune, aumento da sensibilidade à insulina e modulação do metabolismo dos lipídios. Estes ácidos graxos podem estar presentes naturalmente em alguns tipos de alimentos, mas também podem ser produzidos como ácidos graxos livres por biohidrogenação em nível laboratorial, via síntese bacteriana ou química. Na pesquisa científica que envolve a área de produção de carne suína, o isômero que mais tem despertado interesse é o C18:2trans-10, cis-12, o qual é responsável por alterações na adipogênese e no metabolismo dos lipídios.

Neste capítulo serão abordados os efeitos da suplementação da dieta de suínos com ractopamina e CLA sobre a composição da carcaça e qualidade da carne. Serão abordados aspectos de qualidade tecnológica e sensorial, bem como aspectos de importância para a saúde humana.

Ractopamina

A ractopamina é uma fenetanolamina que faz parte do grupo dos agonistas β -adrenérgicos (Pleadin et al., 2013), com propriedades lipolíticas e antilipogênicas, capaz de redirecionar nutrientes que seriam destinados à deposição de tecido adiposo para deposição de músculo e por isso é, da mesma forma que outros β -agonistas, denominado de repartidor de nutrientes. Seus efeitos sobre o desempenho de crescimento e composição da carcaça, com aumento da taxa de ganho de peso, melhoria da eficiência alimentar e redução da gordura corporal, estão bem documentados na literatura (Carr et al., 2005; Weber et al., 2006; Webster et al., 2007; Apple et al., 2008).

O efeito da ractopamina sobre a qualidade da carne também foi exaustivamente avaliado em inúmeros estudos (Carr et al., 2005; Weber et al., 2006; Webster et al., 2007; Apple et al., 2008; Fernández-Dueñas et al., 2008; Patience et al., 2009; Rincker et al., 2009; Leick et al., 2010; Puls et al., 2015). A partir desses estudos, verificou-se que, com os níveis suplementares atualmente utilizados, de 5 ppm a 10 ppm da dieta por períodos de 21 dias a 28 dias, a ractopamina não apresenta efeitos negativos sobre o pH inicial ou final, escores de cor e firmeza, perda por gotejamento e valor de L^* . Por outro lado, alguns efeitos negativos foram relatados sobre outras características de qualidade da carne, tais como os valores de a^* e b^* (Carr et al., 2005; Apple et al., 2008; Puls et al., 2015), indicando que animais alimentados com ractopamina apresentam carne com coloração vermelha e amarela menos intensas. A maciez é discretamente reduzida, efeito detectado tanto pela medida instrumental (aumento do valor de *shear force*; Fernández-Dueñas et al., 2008; Patience et al., 2009; Puls et al., 2015) como pela análise sensorial (Carr et al., 2005; Patience et al., 2009). Esse efeito é, provavelmente, dependente da dose, pois Brana et al. (2014) verificaram que a suplementação com 5 ppm de ractopamina não afetou o escore de maciez, enquanto que nos estudos onde a ractopamina reduziu a maciez os níveis dietéticos de ractopamina variaram de 5 ppm a 20 ppm. Em alguns estudos foi demonstrado que a gordura intramuscular, avaliada visualmente através do escore de marmoreio (Leick et al., 2010) ou por extração da gordura em laboratório (Weber et al., 2006), apresentou ligeira redução em função da suplementação com ractopamina,

mas este efeito não foi observado na maior parte dos estudos, sendo dependente também de outros fatores, tais como o sexo. Por exemplo, Brana et al. (2014) verificaram que a suplementação com ractopamina reduziu a gordura intramuscular em machos castrados cirurgicamente, mas não em machos imunocastrados. Por outro lado, Apple et al. (2008) relataram aumento da gordura intramuscular com a suplementação de 10 ppm de ractopamina na dieta. É importante salientar que os efeitos negativos da ractopamina são de pequena magnitude e que os efeitos sobre a gordura intramuscular foram relatados em um pequeno número de estudos.

A redução da gordura intramuscular relatada em alguns estudos pode estar relacionada em parte com os altos níveis de proteína utilizados nas dietas dos animais suplementados com ractopamina, pois altos níveis dietéticos de proteína ou aminoácidos induzem à redução do conteúdo de gordura intramuscular. O National Research Council (2012) recomenda um aumento de 20% a 25% no conteúdo de aminoácidos nas dietas de suínos suplementados com ractopamina em relação aos não suplementados para que se aproveite plenamente o maior potencial de deposição de proteína muscular proporcionado por este aditivo. Outra possível causa para a redução do marmoreio é a mudança na proporção das fibras musculares, pois a ractopamina induz à redução da proporção das fibras oxidativas (*slow oxidative*) e das fibras intermediárias (*fast oxidative*) e ao aumento a proporção de fibras glicolíticas (*fast glycolytic*) (Carr et al., 2005; Almeida et al., 2015), sendo que as fibras oxidativas e as intermediárias tendem a apresentar maior conteúdo de lipídios do que as fibras glicolíticas (Essén-Gustavsson et al., 1994).

A redução da maciez também pode estar relacionada com o aumento da síntese muscular de proteína induzida pela ractopamina (Bergen et al., 1989) e com os altos níveis de nutrição proteica oferecidos aos suínos alimentados com este aditivo, pois altos níveis de proteína na dieta normalmente aumentam a síntese e *turnover* de proteína no músculo. Outras possíveis causas para a redução da maciez na carne dos suínos alimentados com ractopamina são o aumento da proporção de fibras glicolíticas nos músculos (Chang et al., 2003) e a associação negativa entre a redução do conteúdo de gordura intramuscular e a maciez (Hodgson et al., 1991; Castell et al., 1994; Cannata et al., 2010).

A suplementação das dietas com ractopamina produz cortes mais magros, com mais carne. Porém, não foram relatados efeitos negativos sobre as características sensoriais da carne suína em função da suplementação com ractopamina, exceto os efeitos já mencionados acima sobre a maciez (Carr et al., 2005; Fernández-Dueñas et al., 2008; Patience et al., 2009). Por outro lado, Brana et al. (2014) observaram aumento da suculência da carne com a suplementação de 5 ppm de ractopamina na dieta. Além disso, não foram detectados efeitos negativos sobre as características de processamento e as características sensoriais de copas curadas e bacon produzidos com carne de animais alimentados com ractopamina (Tavarez et al., 2012). Porém, o mesmo pode não ser verdadeiro na produção de outros produtos processados, principalmente produtos curados como os presuntos crus, por exemplo, onde a quantidade e a composição da gordura têm grande importância para as características organolépticas desejáveis do produto.

É digno de nota o fato de que, embora a ractopamina promova aumento da deposição de proteína muscular, redução da deposição de gordura e aumento da proporção de fibras glicolíticas nos músculos, seu efeito sobre a qualidade da carne seja bastante limitado. Sabe-se que os diferentes tipos de fibras musculares podem afetar a qualidade da carne e que as fibras oxidativas são associadas com melhor qualidade de carne em relação ao pH, perda por gotejamento, cor e maciez, enquanto que as fibras glicolíticas são associadas com características de qualidade menos favoráveis (Chang et al., 2003). Porém, como as fibras musculares de um mesmo tipo podem diferir em termos funcionais e fenotípicos entre diferentes raças e músculos (Chang et al., 2003), é possível que essas propriedades das fibras também sejam afetadas pela ractopamina, alterando essa relação entre tipo de fibra e características de qualidade da carne, que, como se pode notar, é bastante complexa.

O efeito da ractopamina sobre o perfil de ácidos graxos foi avaliado 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; Tavarez et al., 2012). A maioria dos resultados indicou que a suplementação com 5 ppm ou 10 ppm de ractopamina causa alteração no perfil dos ácidos graxos da gordura suína, com discreta redução na proporção dos ácidos graxos saturados e monoinsaturados e aumento dos ácidos graxos poli-insaturados, principalmente C18:2 e C18:3. Como resulta-

do dessa alteração, observa-se 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. Porém, o efeito da ractopamina sobre o índice de iodo pode ser potencializado pela associação com a suplementação de óleos altamente insaturados na dieta, tais como o óleo de soja (Apple et al., 2007). O mesmo vale para o uso de ingredientes alternativos com alto conteúdo de gordura poli-insaturada, tais como o farelo de arroz integral e o DDGS, entre outros. Porém, em condições práticas de produção comercial de suínos no Brasil isto não se constitui em problema, pois não se utiliza suplementação com óleos nem níveis elevados de ingredientes altamente energéticos nas dietas de terminação. A firmeza da barriga, que é um indicador da qualidade da gordura para processamento, não é afetada pela ractopamina (Carr et al., 2005; Scramlin et al., 2008; Weber et al., 2006; Apple et al., 2007; Leick et al., 2010). Em apenas um estudo foi relatado redução da firmeza da barriga, mas esta resposta foi associada mais com a redução da proporção da gordura e aumento da proporção de carne 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 redução da síntese *de novo* dos ácidos graxos nos adipócitos suínos (Wiegand et al., 2011), o que explica a redução da proporção de ácidos graxos saturados e monoinsaturados. Isto explica parcialmente a dependência do efeito dessaturante da ractopamina em relação à fonte de gordura suplementar. Porém, parte do efeito dessaturante também se deve à redução da gordura total da carcaça, pois desta forma os lipídios neutros (mais saturados), presentes nos adipócitos e no interior das fibras musculares, têm sua proporção reduzida em relação aos lipídios polares (poli-insaturados), presentes nas membranas celulares.

Resíduos de ractopamina podem ser depositados nos tecidos nos suínos, mas este aditivo tem meia-vida curta, sendo rapidamente eliminado pela urina. Após 48 horas de retirada da dieta não foram detectados resíduos de ractopamina (limite de detecção de 10 ppb) na gordura de suínos alimentados com dietas contendo 30 ppm deste aditivo (Dalidowicz et al., 1992 citado por Smith, 1998). Da mesma forma, no primeiro dia de retirada da ractopamina não foram detectados resíduos deste aditivo nos músculos e na gordura de suínos alimentados com

18 ppm de ractopamina na ração por 28 dias (Qiang et al., 2007). Nesse mesmo estudo, os níveis de resíduos encontrados foram de $2,6 \mu\text{g/g} \pm 0,88 \mu\text{g/g}$ de músculo, $31,1 \mu\text{g/g} \pm 19,08 \mu\text{g/g}$ de fígado e $70,5 \mu\text{g/g} \pm 24,52 \mu\text{g/g}$ de rim, em média (Qiang et al., 2007), nos suínos abatidos no 28º dia de fornecimento de ractopamina. Dong et al. (2011) encontraram resíduos de ractopamina em níveis de $6,54 \mu\text{g/g} \pm 1,10 \mu\text{g/g}$ de músculo, $36,78 \mu\text{g/g} \pm 11,90 \mu\text{g/g}$ de fígado e $128,48 \mu\text{g/g} \pm 23,05 \mu\text{g/g}$ de rim de suínos alimentados com 20 ppm de ractopamina por 30 dias e abatidos após meio dia de retirada. Estes valores estão abaixo dos limites de tolerância estabelecidos pela JECFA (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives), que são de $10 \mu\text{g/g}$ (músculo ou gordura), $40 \mu\text{g/g}$ (fígado) e $90 \mu\text{g/g}$ (rim), exceto para os resíduos no rim encontrados por Dong et al. (2011). Porém, é importante considerar que os níveis (5 ppm a 10 ppm) e o período de fornecimento (máximo 28 dias) de ractopamina utilizados atualmente na produção de suínos são menores do que os utilizados nos estudos citados, o que deve resultar em níveis de resíduos nos tecidos menores do que os relatados acima. Por outro lado, os níveis máximos de tolerância definidos pelo Japão e pelo FDA estão bem acima dos níveis estabelecidos pelo JECFA. Não obstante, importantes importadores de carne suína do Brasil, como a Rússia e a China, não aceitam carne com resíduos de ractopamina. Esse fato na prática inviabiliza seu uso na produção desses animais quando a carne é destinada para estes países, mesmo que não haja provas científicas de que a presença de seus resíduos na carne dentro dos limites impostos pelo JECFA cause danos à saúde humana.

Ácidos linoleico conjugados

Os ácidos linoleico conjugados (CLA) são isômeros geométricos e posicionais do ácido linoleico, os quais apresentam importantes atividades biológicas com potenciais efeitos benéficos para a saúde humana, tais como atividades anticarcinogênica, antioxidante e antiarterosclerótica, modulação do sistema imune, aumento da sensibilidade à insulina e redução da deposição de gordura corporal (Azain, 2003). Os CLA estão naturalmente presentes em alguns alimentos, como a carne de ruminantes, leite e seus derivados (Chin et al., 1992; O'Quinn et al., 2000). Os dois isômeros de CLA que mais têm atraído o interesse

a nível científico são o C18:2trans-10, cis-12 e o C18:2cis-9, trans-11, sendo que o primeiro é responsável pelas alterações na adipogênese e no metabolismo dos lipídios que resultam na redução da quantidade, em alteração da composição da gordura subcutânea e no aumento da gordura intramuscular (Zhou et al., 2007). O C18:2cis-9, trans-11 é apontado como protetor contra alguns tipos de câncer (Ip et al., 1999).

Em suínos, os CLA têm sido intensivamente estudados por seu efeito sobre o metabolismo dos lipídios e sobre a resposta imune, valendo-se para isso de suplementos comerciais produzidos em laboratório. Enquanto o efeito dos CLA sobre a composição da gordura corporal é muito consistente entre os diferentes estudos, caracterizando-se por redução do conteúdo de MUFA e aumento do conteúdo de SFA, seu efeito sobre a composição da carcaça e qualidade da carne apresenta resultados controversos devido à variabilidade nas respostas obtidas. Em uma metanálise com 15 estudos, Andretta et al. (2009) concluíram que a suplementação com CLA na dieta de suínos aumenta o conteúdo de carne magra na carcaça e reduz a espessura de toucinho. Em diversos estudos a suplementação das dietas de suínos com CLA resultou em efeitos positivos nas respostas indicadoras de aumento da muscularidade ou redução da adiposidade das carcaças, tais como redução da porcentagem de gordura e aumento da porcentagem de carne magra, redução da espessura de toucinho e aumento da área ou profundidade do lombo (Ostrowska et al., 1999; Thiel-Cooper et al., 2001; Wiegand et al., 2002; Szymczyk, 2005a; Weber et al., 2006; Barnes et al., 2012; Pompeu et al., 2013; Tous et al., 2013). Por outro lado, em outros estudos, não houve resposta sobre a composição da carcaça (Eggert et al., 2001; Gatlin et al., 2002; Corino et al., 2003; Morel et al., 2008; Larsen et al., 2009; White et al., 2009; Martínez-Aispuro et al., 2014). Ainda, em um estudo com animais na fase de crescimento, a suplementação com baixos níveis de CLA (0,25% e 0,50% da dieta) resultou em aumento da espessura de toucinho, enquanto que em níveis mais elevados (1% e 2%) não houve efeito sobre essa variável (Ramsay et al., 2001). Entre os fatores mais comuns presentes nesses estudos e que poderiam explicar a ausência de efeito dos CLA sobre a composição das carcaças estão a baixa espessura de toucinho dos animais utilizados (menos de 20 mm), seja em função do uso de genótipos magros ou em função de avaliação em fases mais precoces, com abate em peso vivo abaixo dos 100 kg (Ramsay et al., 2001; Gatlin et al., 2002; Morel et al., 2008; Martinez

Aispuro et al., 2014) e o curto período de tempo de suplementação (10 dias) (White et al., 2009). Portanto, o grau de adiposidade do genótipo, a fase de fornecimento/peso de abate e a duração do período de suplementação parecem ser os principais fatores determinantes do efeito dos CLA sobre a composição da carcaça. Períodos de fornecimento de quatro semanas já se mostram suficientes para imprimir a maior parte dos efeitos dos CLA sobre a composição da carcaça, ainda que períodos mais longos intensifiquem essas respostas (Weber et al., 2006). Embora na maior parte dos estudos os níveis de óleo de CLA avaliados tenham sido de no mínimo 1%, níveis de inclusão a partir de 0,5% já se mostram suficientes para imprimir as características desejadas na composição da carcaça (Thiel-Cooper et al., 2001), o que corresponde a níveis de inclusão dos isômeros de CLA de 0,30% da dieta.

Com relação à qualidade da carne, o efeito mais consistente dos CLA ocorre sobre o conteúdo de gordura intramuscular, mas outras características de qualidade da carne também podem ser positivamente afetadas em função do aumento da saturação da gordura, o que proporciona maior estabilidade oxidativa e influencia o rendimento e textura dos produtos processados. A suplementação das dietas de suínos com CLA aumenta o conteúdo de gordura intramuscular em níveis variáveis (Dugan et al., 1999; Gatlin et al., 2002; Joo et al., 2002; Wiegand et al., 2002; Morel et al., 2008; Barnes et al., 2012; Go et al., 2012; Su et al., 2013), efeito que tem sido observado tanto em genótipos magros como naqueles com espessura de toucinho na última costela igual ou maior do que 20 mm. Por outro lado, Weber et al. (2006) não obtiveram aumento da gordura intramuscular com a inclusão de 1% de CLA na dieta por oito semanas. Porém, esses autores utilizaram dietas com elevados níveis de aminoácidos e suplementação com ractopamina, ambos fatores conhecidos por reduzir a gordura intramuscular. Além disso, Szymczyk (2005a) detectou redução da gordura intramuscular com a suplementação da dieta com CLA em níveis de até 0,6%.

A redução da espessura de toucinho em suínos suplementados com CLA pode estar associada com a redução da área dos adipócitos, sem alteração em seu número (Giancamillo et al., 2009), com a redução da proporção de grandes adipócitos, fato este provavelmente relacionado com a redução da atividade da enzima stearoyl-CoA dessaturase (Smith et al., 2002) e com a inibição da proliferação e diferenciação

das células adiposas precursoras dos adipócitos (ZHOU et al., 2007) no tecido adiposo subcutâneo. Por outro lado, o aumento da gordura intramuscular em músculos de suínos suplementados com CLA parece estar associado ao aumento do tamanho dos adipócitos (Barnes et al., 2012), aumento da taxa de síntese de lipídios a partir do palmitato (GO et al., 2012) e aumento da transdiferenciação de mioblastos a adipócitos (Zhou et al., 2007). Dessa forma, fica caracterizado que diferentes mecanismos regulam a adipogênese e o metabolismo dos lipídios nos adipócitos localizados na gordura intramuscular e no tecido adiposo subcutâneo (Zhou et al., 2007), o que possibilita o efeito inverso dos CLA sobre esse fenômeno nesses dois depósitos de gordura.

A suplementação da dieta com CLA reduz a oxidação dos lipídios associados à carne ou a produtos processados (Joo et al., 2002; Wiegand et al., 2002; Corino et al., 2003; Szymczyk, 2005b; Larsen et al., 2009; SU et al., 2013), reduzindo inclusive a oxidação das proteínas (Su et al., 2013). Além disso, quando associados com matérias-primas contendo elevados níveis de gordura poli-insaturada (como o DDGS) ou com aditivos dietéticos que levam ao aumento da insaturação da gordura, os CLA podem prevenir os efeitos negativos destas matérias-primas sobre a composição dos ácidos graxos, firmeza da barriga e oxidação lipídica (Weber et al., 2006; Su et al., 2013). Este resultado se deve ao seu efeito de indução à saturação das gorduras associadas à carne, o que torna a matriz carne-gordura menos susceptível à oxidação.

Quanto às outras características de qualidade de carne, a suplementação com CLA não afeta a perda por gotejamento ou a capacidade de retenção de água (Dugan et al., 1999; Joo et al., 2002; Wiegand et al., 2002; GO et al., 2012; Tous et al., 2013) nem a cor da carne fresca avaliada por escore visual de acordo com o padrão do NPPC (Dugan et al., 1999; Wiegand et al., 2002; Barnes et al., 2012). Da mesma forma, a cor avaliada através das coordenadas L^* e a^* , Hue e Chroma na carne fresca não é afetada pelos CLA (Dugan et al., 1999; Joo et al., 2002; Wiegand et al., 2002; Corino et al., 2003; Go et al., 2012). Por outro lado, na carne exposta à vida de prateleira, a carne proveniente de animais suplementados com CLA pode apresentar maior estabilidade da cor, com menores alterações nos valores de L^* , a^* e b^* ao longo do tempo de resfriamento (Joo et al., 2002; Su et al., 2013) demonstrando efeito protetor dos CLA sobre a cor da carne. A perda por exsudação durante

a vida de prateleira também pode ser reduzida na carne de animais alimentados com CLA (Joo et al., 2002). Este efeito protetor conferido pelos CLA é resultante provavelmente do maior índice de saturação das gorduras associadas à carne, que a torna menos susceptível à oxidação e aumenta sua capacidade de retenção de água quando desafiada durante a exposição em condições de resfriamento.

Apesar de aumentar o conteúdo de gordura intramuscular e de reduzir a oxidação dos lipídios e proteínas, a qualidade sensorial da carne e dos produtos processados não é influenciada pela suplementação das dietas de suínos com CLA (Dugan et al., 1999; Wiegand et al., 2002; Corino et al., 2003; Larsen et al., 2009), exceto pela melting quality, que se mostrou superior em presuntos Parma produzidos com os animais alimentados com CLA (Corino et al., 2003).

Os isômeros dos CLA são incorporados na gordura intramuscular e na gordura subcutânea de suínos alimentados com CLA, permanecendo presentes nos tecidos e nos produtos processados (Eggert et al., 2001; Ramsay et al., 2001; Thiel-Cooper et al., 2001; Gatlin et al., 2002; Smith et al., 2002; Wiegand et al., 2002; Corino et al., 2003; Szymczyk, 2005b; Weber et al., 2006; Morel et al., 2008; Larsen et al., 2009; Barnes et al., 2012; Go et al., 2012; Tous et al., 2013; Bothma et al., 2014; Martínez-Aispuro et al., 2014). Os dois isômeros presentes em maior proporção nos suplementos de CLA avaliados nos estudos citados acima são o C18:2trans-10, cis-12 e o C18:2cis-9, trans-11, sendo que a incorporação do segundo na gordura animal é mais eficiente do que a do primeiro, mesmo quando suplementados na mesma proporção (Smith et al., 2002; Szymczyk, 2005b; Weber et al., 2006; Morel et al., 2008). Porém, a incorporação dos CLA na gordura corporal ocorre em maior proporção no tecido adiposo subcutâneo do que na gordura intramuscular (Ramsay et al., 2001; Szymczyk, 2005b; Morel et al., 2008; Tous et al., 2013). Esse efeito é atribuído à diferença no metabolismo dos lipídios entre o tecido adiposo e o tecido muscular, considerando uma maior função do tecido adiposo como acumulador de ácidos graxos, em contraste com maior oxidação dos ácidos graxos no músculo (Ramsay et al., 2001). O acúmulo de isômeros de CLA nos tecidos corporais é potencializado por suplementação simultânea de CLA e gordura animal na dieta (Gatlin et al., 2002).

A deposição de isômeros de CLA nos tecidos pode representar um diferencial a mais proporcionado por esses compostos no que diz respeito à qualidade da carne, considerando-se os potenciais efeitos benéficos desses ácidos graxos para a saúde. Jiang et al. (2010) observaram níveis de 1,68% de C18:2cis-9, trans-11 e 0,76% de C18:2trans-10, cis-12, enquanto que Tous et al. (2013) obtiveram níveis de 1,30% e 0,80%, respectivamente, destes ácidos graxos na gordura intramuscular do músculo *longissimus dorsi* de suínos alimentados com dietas suplementadas com CLA. No toucinho, a incorporação dos CLA fornecidos via dieta ocorreu de forma mais intensa. Foram obtidos níveis de 5,17% e 3,24% de C18:2cis-9, trans-11 e C18:2trans-10, cis-12, respectivamente, por Jiang et al. (2010) e 3,09% e 2%, respectivamente, por Tous et al. (2013). Porém, é pouco provável que essa quantidade dos isômeros de CLA acumulada nos músculos seja suficiente para, isoladamente, produzir efeitos sobre a saúde humana, considerando-se que o conteúdo de gordura associada aos cortes de carne mais consumidos normalmente é baixo, variando de 8% a 10% nos cortes mais magros até 20% nos cortes mais gordos e considerando-se também o volume de carne normalmente consumido nas refeições.

Ip et al. (1991) obtiveram redução de 50% na incidência de tumores mamários em ratos com a suplementação de CLA na dieta, porém, os níveis dietéticos eram de 0,8% de CLA, contendo 92% de C18:2cis-9, trans-11, sendo essa dieta o único alimento desses animais. Por outro lado, embora contendo nível insuficiente para induzir um efeito funcional mais efetivo, a carne enriquecida com CLA poderia, conjuntamente com outros alimentos ricos nesses ácidos graxos (carne bovina, manteiga), compor uma dieta capaz de influenciar positivamente a saúde humana.

Conclusões

O uso da ractopamina na produção de suínos é uma realidade em vários países entre os mais importantes produtores, embora seu uso represente um entrave para a exportação de carne suína, pois países importadores, como a Rússia, impõem restrições severas quanto aos limites de resíduo deste aditivo na carne. Além disso, na China e na União

Europeia seu uso é proibido, de forma que estes países não importam carne produzida com esse aditivo.

A utilização da ractopamina como aditivo alimentar na produção de suínos proporciona ganhos econômicos pela melhoria da performance de crescimento e redução da porcentagem de gordura na carcaça. Estes ganhos são obtidos sem efeitos negativos sobre a qualidade da carne, outros além de uma discreta redução da maciez. Portanto, do ponto de vista técnico, não há restrições ao uso da ractopamina na produção de suínos. Por outro lado, a proibição do uso da ractopamina em diversos países que são importantes consumidores de carne suína impõe restrições ao seu uso naquelas situações em que o setor produtivo visa aqueles mercados.

A suplementação da dieta de suínos com CLA a partir de 0,5% da dieta por um período de no mínimo quatro semanas apresenta efeitos positivos sobre a composição da carcaça e a qualidade da carne em suínos abatidos acima dos 100 kg de peso vivo. Considerando-se que nos genótipos modernos utilizados para produção industrial de carne magra as espessuras de toucinho médias ao abate ficam abaixo dos 18 mm mesmo para os machos castrados cirurgicamente, chegando a menos de 15 mm em machos imunocastrados (dados não publicados obtidos da avaliação de carcaças em agroindústrias do Sul do Brasil), o uso dos CLA com o objetivo de reduzir a adiposidade das carcaças não se justifica. No entanto, se o objetivo for aumentar a gordura intramuscular, efeitos positivos podem ser obtidos, principalmente considerando-se os baixos níveis de gordura intramuscular verificados nos genótipos industriais em uso atualmente (Bertol et al. 2017). Além disso, em se tratando de genótipos mais gordos produzidos para fabricação de produtos especiais, onde a principal característica almejada é a elevação da gordura intramuscular, mas, quando esta é obtida a partir de seleção genética normalmente vem acompanhada por aumento da espessura de toucinho, a suplementação das dietas com CLA pode proporcionar efeitos simultâneos de redução da espessura de toucinho e aumento da gordura intramuscular, contribuindo também para a firmeza e estabilidade oxidativa da gordura e para a estabilidade da cor. Nesse caso se poderia obter o melhor conjunto de resultados por efeito dos CLA, pois a produção excessiva de gordura, mesmo na produção de suínos para fabricação de produtos especiais, pode representar um problema para

as agroindústrias. Suplementos de CLA produzidos em nível laboratorial a partir de síntese microbiana ou por processo químico estão disponíveis no mercado, porém não foi determinada a viabilidade econômica de seu uso na produção de suínos.

Referências

- ALMEIDA, V. V.; NUÑEZ, A. J. C.; SCHINCKEL, A. P.; WARD, M. G.; ANDRADE, C.; SBARDELLA, M.; BERENCHTEIN, B.; COUTINHO, L. L.; MIYADA, V. S. Gene expression of beta-adrenergic receptors and myosin heavy chain isoforms induced by ractopamine feeding duration in pigs not carrying the ryanodine receptor mutation. *Livestock Science*, v. 172, p. 91-95, Fev. 2015. DOI: 10.1016/j.livsci.2014.12.007.
- ANDRETTA, I.; LOVATTO, P. A.; LEHNEN, C. R.; HAUSCHILD, L. ROSSI, C. A. R. Meta-análise do uso de ácido linoleico conjugado na alimentação de suínos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 44, n. 7, p. 754-760, 2009. DOI: 10.1590/S0100-204X2009000700016.
- 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, Oct. 2008. DOI: 10.2527/jas.2007-0327.
- 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, Oct. 2007. DOI: 10.2527/jas.2007-0174.
- AZAIN, M. J. Conjugated linoleic acid and its effects on animal products and health in single-stomached animals. *Proceedings of the Nutrition Society*, v. 62, n. 2 p. 319-328, May 2003.
- BARNES, K. M.; WINSLOW, N. R.; SHELTON, A. G.; HLUKSKO, K. C.; AZAIN, M. J. Effect of dietary conjugated linoleic acid on marbling and intramuscular adipocytes in pork. *Journal of Animal Science*, v. 90, p. 1142-1149, Apr. 2012. DOI: 10.2527/jas.2011-4642.
- BERGEN, W. G.; JOHNSON, S. E.; SKJAERLUND, D. M.; BABIKER, A. S.; AMES, N. K.; MERKEL, R. A.; ANDERSON, D. B. Muscle protein metabolism in finishing pigs fed ractopamine. *Journal Animal Science*, v. 67, p. 2255-2262, Sept. 1989. DOI: 10.2527/jas1989.6792255x.
- BERTOL, T. M.; COLDEBELLA, A.; DOS SANTOS FILHO, J. I.; GUIDONI, A. L. Swine carcasses classified by degree of exudation and marbling content. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 52, n. 2, p. 121-128, Feb. 2017. DOI: 10.1590/s0100-204x2017000200006.

BOTHMA, C.; HUGO, A.; OSTHOFF, G.; JOUBERT, C. C.; SWARTS, J. C.; DE KOCK, H. L. Effect of dietary conjugated linoleic acid supplementation on the technological quality of backfat of pigs. **Meat Science**, v. 97, p. 277-286, June 2014. DOI: 10.1016/j.meatsci.2014.02.002.

BRAÑA, D. V.; ROJO-GÓMEZ, G. A.; ELLIS, M.; CUARON, J. A. Effect of gender (gilt and surgically and immunocastrated male) and ractopamine hydrochloride supplementation on growth performance, carcass, and pork quality characteristics of finishing pigs under commercial conditions. **Journal of Animal Science**, v. 91, p. 5894-5904, Dec. 2013. DOI: 10.2527/jas.2013-6545.

CANNATA, S.; ENGLE, T. E.; MOELLER, S. J.; ZERBY, H. N.; RADUNZ, A. E.; GREEN, M. D.; BASS, P. D.; BELK, K. E. Effect of visual marbling on sensory properties and quality traits of pork loin. **Meat Science**, v. 85, n. 3, p. 428-434, July 2010. DOI: 10.1016/j.meatsci.2010.02.011.

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, Dec. 2005. DOI: 10.2527/2005.83122886x.

CASTELL, A. G.; CLIPLEF, R. L.; POSTE-FLYNN, L. M.; BUTLER, G. Performance, carcass and pork characteristics of castrates and gilts self-fed diets differing in protein content and lysine: energy ratio. **Canadian Journal Animal Science**, v. 74, p. 519-528, 1994. DOI: 10.4141/cjas94-073.

CHANG, K. C.; COSTA, N. da; BLACKLEY, R.; SOUTHWOOD, O.; EVANS, G.; PLASTOW, G.; WOOD, J. D.; RICHARDSON, R. I. Relationships of myosin heavy chain fibre types to meat quality traits in traditional and modern pigs. **Meat Science**, v. 64, p. 93-103, May 2003. DOI: 10.1016/S0309-1740(02)00208-5.

CHIN, S. F.; LIU, W.; STORKSON, J. M.; HA, Y. L.; PARIZA, M. W. Dietary sources of conjugated dienoic isomers of linoleic acid, a newly recognized class of anticarcinogens. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 5, p. 185-197, Sept. 1992. DOI: 10.1016/0889-1575(92)90037-K.

CORINO, C.; MAGNI, S.; PASTORELLI, G.; ROSSI, R.; MOUROT, J. Effect of conjugated linoleic acid on meat quality, lipid metabolism, and sensory characteristics of dry-cured hams from heavy pigs. **Journal of Animal Science**, v. 81, p. 2219-2229, Sept. 2003. DOI: 10.2527/2003.8192219x.

DONG, Y.; XIA, X.; WANG, X.; DING, S.; LI, X.; ZHANG, S.; JIANG, H.; LIU, J.; LI, J.; FENG, Z.; YE, N.; ZHOU, M.; SHEN, J. Validation of an ultra-performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry method for determination of ractopamine: Application to residue depletion study in swine. **Food Chemistry**, v. 127, p. 327-332, July 2011. DOI: 10.1016/j.foodchem.2010.12.138.

DUGAN, M. E. R.; AALHUS, J. L.; JEREMIAH, L. E.; KRAMER, J. K. G.; SCHAEFER, A. L. The effects of feeding conjugated linoleic acid on subsequent pork quality. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 79, n. 1, p. 45-51, 1999. DOI: 10.4141/A98-070.

EGGERT, J. M.; BELURY, M. A.; KEMPA-STECZKO, A.; MILLS, S. E.; SCHINCKEL, A. P. Effects of conjugated linoleic acid on the belly firmness and fatty acid composition of genetically lean pigs. **Journal of Animal Science**, v. 79, p. 2866-2872, Nov. 2001. DOI: 10.2527/2001.79112866x.

ESSÉN-GUSTAVSSON, B.; KARLSSON, A.; LUNDSTRÖM, K.; ENFÄLT, A. -C. Intramuscular fat and muscle fibre lipid contents in halothane-gene-free pigs fed high or low protein diets and its relation to meat quality. **Meat Science**, v. 38, n. 2, p. 269-277, 1994. DOI: 10.1016/0309-1740(94)90116-3.

FERNÁNDEZ-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, Dec. 2008. DOI: 10.2527/jas.2008-0899.

GATLIN, L. A.; SEE, M. T.; LARICK, D. K.; LIN, X.; ODLE, J. Conjugated linoleic acid in combination with supplemental dietary fat alters pork fat quality. **The Journal of Nutrition**, v. 132, n. 10, p. 3105-12, Oct. 2002. DOI: 10.1093/jn/131.10.3105.

GIANCAMILLO, A. DI; ROSSI, R.; VITARI, F.; PASTORELLI, G.; CORINO, C.; DOMENEGHINI, C. Dietary conjugated linoleic acids decrease leptin in porcine adipose tissue. **The Journal of Nutrition**, v. 139, n. 10, p. 1867-1872, Oct. 2009. DOI: 10.3945/jn.109.110627.

GO, G.; WU, G.; SILVEY, D. T.; CHOI, S.; LI, X.; SMITH, S. B. Lipid metabolism in pigs fed supplemental conjugated linoleic acid and/or dietary arginine. **Amino Acids**, v. 43, p. 1713-1726, Oct. 2012. DOI: 10.1007/s00726-012-1255-5.

HODGSON, R. R.; DAVIS, G. W.; SMITH, G. C.; SAVELL, J. W.; CROSS, H. R. Relationships between pork loin palatability traits and physical characteristics of cooked chops. **Journal of Animal Science**, v. 69, p. 4858-4865, Dec. 1991. DOI: 10.2527/1991.69124858x.

IP, C.; BANNI, S.; ANGIANI, E.; CARTA, G.; MCGINLEY, J.; THOMPSON, H. J.; BARBANO, D.; BAUMAN, D. Conjugated linoleic acid-enriched butter fat alters mammary gland morphogenesis and reduces cancer risk in rats. **The Journal of Nutrition**, v. 129, n. 12, p. 2135-2142, Dec. 1999. DOI: 10.1093/jn/129.12.2135.

JIANG, Z. Y.; ZHONG, W. J.; ZHENG, C. T.; LIN, Y. C.; YANG, L.; JIANG, S. Q. Conjugated linoleic acid differentially regulates fat deposition in backfat and *longissimus* muscle of finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 88, p. 1694-1705, May 2010. DOI: 10.2527/jas.2008-1551.

JOO, S. T.; LEE, J. I.; HA, Y. L.; PARK, G. B. Effects of dietary conjugated linoleic acid on fatty acid composition, lipid oxidation, color, and water-holding capacity of pork loin. **Journal of Animal Science**, v. 80, p. 108-112, Jan. 2002. DOI: 10.2527/2002.801108x.

LARSEN, S. T.; WIEGAND, B. R.; PARRISH JÚNIOR, F. C.; SWAN, J. E.; SPARKS, J. C. Dietary conjugated linoleic acid changes belly and bacon quality from pigs fed varied lipid sources. **Journal of Animal Science**, v. 87, p. 285-295, Jan. 2009. DOI: 10.2527/jas.2008-1213.

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, Aug. 2010. DOI: 10.2527/jas.2009-2472.

MARTÍNEZ-AISPURO, M.; FIGUEROA-VELASCO, J. L.; ZAMORA-ZAMORA, V.; CORDERO-MORA, J. L.; NARCISO-GAYTÁN, C.; SÁNCHEZ-TORRES, M. T.; CARRILLO-DOMÍNGUEZ, S.; CASTILLO-DOMÍNGUEZ, R. M. Effect of CLA supplementation to low-protein diets on the growth performance, carcass characteristics, plasma urea nitrogen concentration, and fatty acid profile in the meat of pigs. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 57, n. 5, p. 742-754, 2014. DOI: 10.1590/S1516-8913201401407.

MOREL, P. C. H.; JANZ, J. A. M.; ZOU, M.; PURCHAS, R. W.; HENDRIKS, W. H.; WILKINSON, B. H. P. The influence of diets supplemented with conjugated linoleic acid, selenium, and vitamin E, with or without animal protein, on the composition of pork from female pigs. **Journal of Animal Science**, v. 86, p. 1145-1155, May 2008. DOI: 10.2527/jas.2007-0358.

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

O'QUINN, P. R.; NELSEN, J. L.; GOODBAND, R. D.; TOKACH, M. D. Conjugated linoleic acid. **Animal Health Research Reviews**, v. 1, n. 1, p. 35-46, June 2000.

OSTROWSKA, E.; MURALITHARAN, M.; CROSS, R. F.; BAUMAN, D. E.; DUNSHEA, F. R. Dietary conjugated linoleic acids increase lean tissue and decrease fat deposition in growing pigs. **The Journal of Nutrition**, v. 129, n. 11, p. 2037-2042, Nov. 1999. DOI: 10.1093/jn/129.11.2037.

PATIENCE, J. F.; SHAND, P.; PIETRASIK, Z.; MERRILL, J.; VESSIE, G.; ROSS, K. A.; BEAULIEU, A. D. The effect of ractopamine supplementation at 5 ppm of swine finishing diets on growth performance, carcass composition and ultimate pork quality. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 89, n. 1, p. 53-66, 2009. DOI: 10.4141/CJAS07152.

PLEADIN, J.; VULIC, A.; PERS, N.; TERZIC, S.; ANDRISIC, M.; ARKOVIC, I. Z.; ANDOR, K. S.; PERAK, E.; MIHALJEVIC, Z. Accumulation of Ractopamine residues in hair and ocular tissues of animals during and after treatment. **Journal of Analytical Toxicology**, v. 37, n. 2, p. 117-121, Mar. 2013. DOI: 10.1093/jat/bks092.

POMPEU, D.; WIEGAND, B. R.; EVANS, H. L.; RICKARD, J. W.; GERLEMANN, G. D.; HINSON, R. B.; CARR, S. N.; RITTER, M. J.; BOYD, R. D.; ALLEE, G. L. Effect of corn dried distillers grains with solubles, conjugated linoleic acid, and ractopamine (Paylean) on growth performance and fat characteristics of late finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 91, p. 793-803, Feb. 2013. DOI: 10.2527/jas.2012-5257.

PULS, C. L.; TROUT, W. E.; RITTER, M. J.; MCKEITH, F. K.; CARR, S. N.; ELLIS, M. Impact of ractopamine hydrochloride on growth performance, carcass and pork quality characteristics, and responses to handling and transport in finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 93, p. 1229-1238, Mar. 2015. DOI: 10.2527/jas.2014-8097.

QIANG, Z.; SHENTU, F.; WANG, B.; WANG, J.; CHANG, J.; SHEN, J. Residue depletion of ractopamine and its metabolites in swine tissues, urine, and serum. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, v. 55, p. 4319-4326, Apr. 2007. DOI: 10.1021/jf070167c.

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, Aug. 2001. DOI: 10.2527/2001.7982152x.

RINCKER, P. J.; KILLEFER, J.; MATZAT, P. D.; CARR, S. N.; MCKEITH, F. K. The effect of ractopamine and intramuscular fat content on sensory attributes of pork from pigs of similar genetics. **Journal of Muscle Foods**, v. 20, p. 79-88, Dec. 2009. DOI: 10.1111/j.1745-4573.2008.00135.x.

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, Dec. 2008. DOI: 10.1016/j.meatsci.2008.05.034.

SMITH, D. J. The pharmacokinetics, metabolism, and tissue residues of β -adrenergic agonists in livestock. **Journal of Animal Science**, v. 76, p. 173-194, Jan. 1998. DOI: 10.2527/1998.761173x.

SMITH, S. B.; HIVELY, T. S.; CORTESE, G. M.; HAN, J. J.; CHUNG, K. Y.; CASTEÑADA, P.; GILBERT, C. D.; ADAMS, V. L.; MERSMANN, H. J. Conjugated linoleic acid depresses the $\delta 9$ desaturase index and stearoyl coenzyme A desaturase enzyme activity in porcine subcutaneous adipose tissue. **Journal of Animal Science**, v. 80, p. 2110-2115, July 2002. DOI: 10.1093/ansci/80.8.2110.

SU, B.; WANG, L., WANG, H.; SHI, B.; SHAN, A.; LI, Y. Conjugated linoleic acid and betain prevent pork quality issues from diets containing distillers' dried grains with solubles. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 93, p. 477-485, Dec. 2013. DOI: 10.4141/cjas2013-056.

SZYMCZYK, B. Effects of conjugated linoleic acid (CLA) on fatty acid composition, lipid oxidation and quality of pork meat. **Annals of Animal Science**, v. 5, n. 1, p. 145-157, 2005b.

SZYMCZYK, B. Effects of conjugated linoleic acid (CLA) on pig performance, carcass quality, chemical composition of meat and serum lipid profile. **Annals of Animal Science**, v. 5, n. 1, p. 135-144, 2005a.

TAVÁREZ, M. A.; BOLER, D. D.; CARR, S. N.; RITTER, M. J.; PETRY, D. B.; SOUZA, C. M.; KILLEFER, J.; MCKEITH, F. K.; DILGER, A. C. Fresh meat quality and further processing characteristics of shoulders from finishing pigs fed ractopamine hydrochloride (Paylean). **Journal of Animal Science**, v. 90, p. 5122-5134, Dec. 2012. DOI: 10.2527/jas.2012-5438.

THIEL-COOPER, R. L.; PARRISH JÚNIOR, F. C.; SPARKS, J. C.; WIEGAND, B. R.; EWAN, R. C. Conjugated linoleic acid changes swine performance and carcass composition. **Journal of Animal Science**, v. 79, p. 1821-1828, July 2001. DOI: 10.2527/2001.7971821x.

TOUS, N.; LIZARDO, R.; VILÀ, B.; GISPERT, M.; FONT-I-FURNOLS, M.; ESTEVE-GARCIA, E. Effect of a high dose of CLA in finishing pig diets on fat deposition and fatty acid composition in intramuscular fat and other fat depots. **Meat Science**, v. 93, p. 517-524, 2013. DOI: 10.1016/j.meatsci.2012.10.005.

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, Mar. 2006. DOI: 10.2527/2006.843720x.

WEBSTER, M. J.; GOODBAND, R. D.; TOKACH, M. D.; NELSEN, J. L.; DRITZ, S. S.; UNRUH, J. A.; BROWN, K. R.; REAL, D. E.; DEROUCHÉY, 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, n. 6, p. 597-611, Dec. 2007. DOI: 10.15232/S1080-7446(15)31029-9.

WHITE, H. M.; RICHERT, B. T.; RADCLIFFE, J. S.; SCHINCKEL, A. P.; BURGESS, A. P.; KOSER, S. L.; DONKIN, S. S.; LATOUR, M. A. Feeding conjugated linoleic acid partially recovers carcass quality in pigs fed dried corn distillers grains with solubles. **Journal of Animal Science**, v. 87, n. 1, p. 157-166, Jan. 2009. DOI: 10.2527/jas.2007-0734.

WIEGAND, B. R.; HINSON, R. B.; RITTER, M. J.; CARR, S. N.; ALLEE, G. L. Fatty acid profiles and iodine value correlations between 4 carcass fat depots from pigs fed varied combinations of ractopamine and energy. **Journal of Animal Science**, v. 89, n. 11, p. 3580-3586, Nov. 2011. DOI: 10.2527/jas.2010-3303.

WIEGAND, B. R.; SPARKS, J. C.; PARRISH JÚNIOR, F. C.; 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, n. 3, p. 637-643, Mar. 2002. DOI: 10.2527/2002.803637x.

ZHOU, X.; LI, D.; YIN, J.; NI, J.; DONG, B.; ZHANG, J.; DU, M. CLA differently regulates adipogenesis in stromal vascular cells from porcine subcutaneous adipose and skeletal muscle. **Journal of Lipid Research**, v. 48, n. 8, p. 1701-1709, May 2007. DOI: 10.1194/jlr.M600525-JLR200.

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 fluido 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/ proteínato 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	Balanço 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)
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	Humphreys et al. (2009) 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	NS	Aumentou	Schaefer et al. (1993)
NS	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	NS	Boles et al. (1994)
-	-	-	-	-	-	Shand et al. (1995)
-	-	-	-	-	-	Anderson et al. (2002)
Aumentou	NS	NS	NS	NS	NS	Humphreys et al. (2009)
NS	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.; NELSSSEN, 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.; NELSSSEN, 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.; NELSSSEN, 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.; NELSSSEN, 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.; NELSSSEN, 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.; NELSSSEN, 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.

Capítulo 9

Influência do conteúdo de gordura e do tipo de carboidrato presente na dieta dos suínos sobre as reservas energéticas do músculo e a qualidade da carne

Teresinha Marisa Bertol



Introdução

Os aspectos de qualidade tecnológica e sensorial da carne suína são de grande importância econômica para a agroindústria, pois estão relacionados com o rendimento industrial e qualidade dos produtos processados e com a aceitação dos produtos pelos consumidores, especialmente aqueles comercializados frescos ou com processamento mínimo. Na categoria de qualidade tecnológica, o pH é um dos indicadores mais importantes devido a sua influência sobre os atributos de qualidade da carne, especialmente a perda de fluidos e a cor (Allison et al., 2003). Entre os fatores de maior importância na definição do pH inicial da carne estão o tempo de espera até o início da glicólise e a velocidade com que esse processo se desenrola na primeira hora *post mortem*. Com relação ao pH final, o conteúdo de glicogênio muscular desempenha papel importante na extensão da queda do pH, embora outros fatores ligados ao tipo de fibras musculares predominantes, à capacidade das enzimas envolvidas na glicólise de atuar em baixo pH e à capacidade tamponante dos tecidos também sejam relevantes.

O catabolismo do glicogênio e dos intermediários glicolíticos no músculo no período *post mortem* continua pela via anaeróbica, gerando como produtos finais lactato e NAD⁺ (Garrett; Grisham, 1999). Os íons H⁺ produzidos nesta rota metabólica, somados aos produzidos na hidrólise do ATP (e não reutilizados pelo fato desse processo não estar acoplado à fosforilação oxidativa) irão causar a queda do pH da carne, mesmo processo que ocorre no metabolismo anaeróbico muscular *in vivo* e que pode resultar em acidose metabólica (Hochachka; Mommsen, 1983). Uma elevada taxa de glicólise na primeira hora *post mortem* resulta em baixo pH inicial, sendo este fenômeno associado a inúmeros fatores, tais como reduzidas reservas de ATP e de creatina fosfato no músculo no momento do abate (Henckel et al., 2002) em consequência de imposição de manejo estressante imediatamente antes do abate, redução da proporção de fibras musculares oxidativas e aumento da proporção de fibras intermediárias glicolíticas (Joo et al., 2013) e mutações genéticas relacionados à contração muscular, catabolismo do glicogênio e metabolismo da glicose (Scheffler et al., 2014). Por outro lado, a extensão do declínio do pH *post mortem* está associada com o volume das reservas de glicogênio muscular disponível no mo-

mento do abate, de forma que elevadas reservas de glicogênio normalmente resultam em acentuada redução do pH final da carne (Briskey et al., 1959; Monin; Sellier, 1985), embora essa associação entre o nível de glicogênio muscular e o pH final nem sempre seja verdadeira, devido às variações metabólicas resultantes da associação de diferentes alelos que influenciam o metabolismo da glicose no músculo (Scheffler et al., 2013). O conteúdo de glicogênio muscular pode ser influenciado por diversos fatores, entre os quais podemos citar a raça ou genótipo (Monin; Sellier, 1985; Scheffler et al., 2013), o tempo de jejum (Bertol et al., 2005), a composição da dieta (Bertol et al., 2011) e o manejo. Sendo assim, a composição da dieta e sua interação com o jejum e a intensidade de manejo aplicados no período pré-abate desempenham papel importante na modulação da deposição de glicogênio e de seu catabolismo no período *ante e post mortem* (Briskey et al., 1959; Henckel et al., 2002; Bertol et al., 2005; Bertol et al., 2011), exercendo assim efeito sobre a qualidade da carne. Portanto, existe potencial para impactar positivamente a qualidade da carne em suínos por meio da manipulação da composição da dieta.

Dietas com elevado conteúdo de gordura e baixo conteúdo de carboidratos altamente digestíveis

O fornecimento de dietas com elevado conteúdo de gordura (Briskey et al., 1960; Bertol et al., 2011) ou com combinações de gordura, baixos níveis de carboidratos digestíveis, altos níveis de fibra e variados níveis de proteína (Rosenvold et al., 2001a; 2001b; Rosenvold et al., 2002; Rosenvold et al., 2003; Bee et al., 2006; Li et al., 2015) reduzem as reservas de glicogênio ou os intermediários glicolíticos, o que reduz o potencial glicolítico dos músculos. Por outro lado, o fornecimento de dietas que contenham elevados níveis de carboidratos prontamente digestíveis, tais como a sacarose, resulta em elevação do conteúdo de glicogênio nos músculos (Briskey et al., 1959; Briskey et al., 1960; Bee, 2002). O tipo de glicogênio que tem sua deposição mais afetada por essas dietas é o macroglicogênio, embora o proglicogênio também sofra redução (Rosenvold et al., 2003; Bee et al., 2006). Porém, nem todos os

músculos respondem da mesma forma, sendo que em alguns ocorre a modulação do conteúdo de glicogênio e outros intermediários glicolíticos (glicose e glicose-6-P) de forma mais acentuada de acordo com a dieta, enquanto que em outros a resposta é de menor magnitude e em alguns músculos ainda pode não haver resposta (Briskey et al., 1960; Bee, 2002). Em geral, as respostas são mais acentuadas em músculos predominantemente oxidativos do que em músculos predominantemente glicolíticos, devido às características de depósito e metabolismo energético das fibras musculares predominantes em cada um (Bee, 2002; Bee et al., 2006). O mecanismo pelo qual as dietas com elevado conteúdo de gordura induzem à redução da deposição e alteram o metabolismo do glicogênio muscular provavelmente está ligado ao aumento do conteúdo de ácidos graxos livres circulantes no plasma (Greenhaff et al., 1988; Bertol et al., 2005a), o que induz à resistência à insulina, conseqüentemente, reduzindo a atividade da glicogênio sintase e dos transportadores da glicose, a captação de glicose pela célula muscular e seu metabolismo oxidativo e, ao mesmo tempo, aumentando a oxidação de ácidos graxos no músculo (Roden et al., 1996; Park et al., 1998; Libal-Weksler et al., 2001).

Como consequência de seu efeito sobre o volume e tipo de glicogênio depositado nos músculos, as dietas especialmente elaboradas com baixo conteúdo de carboidratos digestíveis e alto conteúdo de gordura podem induzir à elevação do pH aos 45 minutos (Rosenvold et al., 2002; Rosenvold et al., 2001b; Rosenvold et al., 2002; Rosenvold; Andersen, 2003; Li et al., 2015) e 24 horas após o abate (Briskey et al., 1960; Rosenvold et al., 2001b; Bee et al., 2006). Por outro lado, dietas com elevado conteúdo de açúcares solúveis (sacarose e glicose) por uma a duas semanas antes do abate e até mesmo o fornecimento de soluções contendo açúcares (sacarose e glicose) nas últimas 20 horas que antecedem o abate induzem à redução do pH inicial e pH final da carne (Briskey et al., 1959; Briskey et al., 1960; Gallwey et al., 1977; Fernandez et al., 1979). Porém, da mesma forma que o conteúdo de glicogênio, o pH também é afetado de forma diferenciada entre os diferentes músculos (Briskey et al., 1960; Bee et al., 2006). A temperatura da carcaça 45 minutos após o abate também é afetada, observando-se temperatura mais baixa em carcaças de suínos alimentados com as dietas contendo baixos níveis de carboidratos digestíveis (Rosenvold

et al., 2001b; Rosenvold et al., 2002), principalmente em situações em que os animais são submetidos a manejo mais intenso no período pré-abate (Rosenvold; Andersen, 2003). A hipótese mais provável é de que o aumento do pH final está associado com a redução do conteúdo de glicogênio muscular, enquanto que o aumento do pH inicial estaria relacionado com uma desaceleração da glicólise causada por redução da temperatura da carcaça e do catabolismo do glicogênio durante a primeira hora após o abate (Rosenvold et al., 2001b; Rosenvold et al., 2002; Rosenvold et al., 2003). Porém, a relação entre o conteúdo de glicogênio muscular e o pH final da carne não é simples e direta. Há um ponto de corte, situado em 53 μmol de glicogênio/g de tecido, abaixo do qual há forte correlação entre a concentração de glicogênio e o pH final, mas acima desse nível, em condições normais, não há correlação entre estas duas variáveis (Henckel et al., 2002). A explicação é que 53 $\mu\text{mol/g}$ de tecido é o máximo de glicogênio que pode ser metabolizado a lactato, atingindo o ponto em que as enzimas têm sua atividade reduzida pelo pH do meio e o glicogênio adicional presente acima dessa quantidade permanece sem ser desdobrado. Porém, mutações em genes que codificam as enzimas responsáveis pela deposição de glicogênio muscular e pela capacidade oxidativa dos músculos [RN (AMPK γ 3R^{200Q}); AMPK γ 3 199 VV, IV, II; + Gly] estão associadas a alterações no metabolismo energético através de aumento da tolerância das enzimas à redução de pH (Scheffler et al., 2013). Dessa forma, a relação entre o conteúdo de glicogênio muscular e o pH da carne é alterada, com elevação do ponto de corte no qual o conteúdo de glicogênio muscular não é mais correlacionado com o pH final. É importante salientar também que a maior parte dos efeitos obtidos com o uso de dietas com alto conteúdo de gordura e baixo conteúdo de carboidratos digestíveis está relacionada com a elevação do pH inicial e não do pH final. Há evidências de que estas dietas alteram o metabolismo energético por induzir à desaceleração da degradação do glicogênio nos estágios iniciais *post mortem* (Li et al., 2015). Tanto a redução da deposição de glicogênio e/ou dos intermediários glicolíticos como a desaceleração do metabolismo energético *post mortem* têm como uma das prováveis causas a alteração da proporção dos tipos de fibras musculares em direção ao aumento da proporção de fibras oxidativas e redução da proporção de fibras glicolíticas (Wilde et al., 2008; Li et al., 2015). As fibras

oxidativas possuem menor conteúdo de glicogênio (Fernandez et al., 1995), maior vascularização sanguínea, maior conteúdo de mioglobina e seu metabolismo é predominantemente oxidativo, com taxa glicolítica mais lenta (Judge et al., 1989; Ryu; Kim, 2006). A redução da relação entre as enzimas citrato sintase e hexoquinase nos músculos dos suínos alimentados com dietas contendo elevado conteúdo de gordura é um indicativo de aumento do catabolismo da glicose via ciclo dos ácidos tricarboxílicos na mitocôndria em detrimento do catabolismo via glicólise (Gondret et al., 2014), sendo um provável mecanismo envolvido na desaceleração da glicólise *in vivo* e na elevação do pH e redução da temperatura da carcaça no período inicial após o abate.

Alterações na quantidade de glicogênio armazenado nos músculos e no seu metabolismo *post mortem* afetam indiretamente alguns atributos de qualidade da carne por meio de seu efeito sobre a extensão e a velocidade de queda do pH. O pH inicial e a temperatura das carcaças apresentam forte associação com a perda por gotejamento. Baixo pH inicial (Warner et al., 1997; Schafer et al., 2002; Freise et al., 2005; Bee et al., 2007; Choi et al., 2010) e pH final (Miller et al., 2000; Juncher et al., 2001) estão associados à redução da capacidade de retenção de água na carne, o que se traduz em aumento da perda por gotejamento. O baixo pH inicial reduz a capacidade de retenção de fluidos nos músculos em função da desnaturação das proteínas miofibrilares (Bee et al., 2007), enquanto que o baixo pH final (abaixo de 5,5) reduz a retenção de fluidos em função de sua proximidade com o ponto isoelétrico da maior parte das proteínas musculares (Pearson, 1987). A cor é outro atributo de qualidade que é influenciado pelo pH. Baixo pH inicial está associado à palidez da carne (Fischer, 2007) e baixo pH final está associado à descoloração da carne durante a vida de prateleira (Juncher et al., 2001).

O fornecimento de dietas contendo elevado conteúdo de gordura ou baixo conteúdo de carboidratos digestíveis associado ou não a elevados níveis de gordura resultou em redução na luminosidade (valor de L*) (Rosenvold et al., 2001a; Rosenvold et al., 2001a; Bee, 2002; Spencer et al., 2005; Bee et al., 2006), indicando carne com coloração mais escura. Porém, nem todos os músculos avaliados apresentaram essa resposta (Rosenvold et al., 2001b; Bee, 2002; Bee et al., 2006), sendo o *Longissimus dorsi* o menos responsivo entre os músculos ava-

liados. Em adição, o escore de cor se apresentou mais elevado e a estabilidade da cor foi maior durante 14 dias de armazenamento da carne nos suínos alimentados com dietas contendo elevado nível de gordura (Spencer et al., 2005).

As perdas por gotejamento e por cocção são outros atributos de qualidade de carne afetados pela fonte de energia da dieta, as quais são reduzidas com o uso de dietas com baixo conteúdo de carboidratos digestíveis e elevados níveis de gordura (Rosenvold et al., 2001b; Bee, 2002; Rosenvold et al., 2002; Bee et al., 2006; Li et al., 2015). Essa resposta é creditada principalmente à menor velocidade de queda do pH e redução da temperatura da carcaça no período inicial após o abate (Rosenvold et al., 2001b; Rosenvold et al., 2002). Porém, a maior parte dessas respostas foi dependente do músculo avaliado, observando-se a menor frequência de respostas positivas no músculo *Longissimus dorsi*, que é um músculo classificado como predominantemente glicolítico (Bee, 2002; Bee et al., 2006).

Um efeito negativo observado a partir do uso dessa estratégia alimentar é a redução da maciez, evidenciada pelo aumento dos valores de *Warner-Bratzler shear force* (Rosenvold et al., 2001a; 2001b). Este efeito se deve a uma redução do *turnover* nas proteínas musculares, comprovada pela redução da atividade da μ -calpaína e aumento da atividade da calpastatina (Rosenvold et al., 2001a). A redução da atividade da μ -calpaína pode estar relacionada à elevação do pH do músculo, pois foi comprovado que esta enzima apresenta maior atividade em pH mais baixo (Carlin et al., 2006). Porém, o efeito do conteúdo das diversas fontes de energia da dieta sobre a maciez da carne de suínos não está bem estabelecido. Rosenvold et al. (2002) não observaram efeito sobre a *Warner-Bratzler shear force* no primeiro dia após o abate, mas observaram uma redução de seu valor quatro dias após o abate nos suínos alimentados com baixos níveis de carboidratos digestíveis e elevado conteúdo de gordura. Porém, em vários outros estudos não foi observado efeito destes fatores sobre a maciez da carne (Spencer et al., 2005; Bee et al., 2006; Li et al., 2015).

Embora seja possível reduzir as reservas de glicogênio e intermediários glicolíticos, bem como modular a velocidade do metabolismo energético *post mortem* através do fornecimento de dietas especiais

nas últimas duas a três semanas antes do abate, esta estratégia não deve ser dissociada do jejum pré-abate e de práticas adequadas de manejo dos animais. O uso dessa estratégia resulta em melhora da qualidade da carne, especialmente da capacidade de retenção de água e cor, porém, em termos práticos nas condições industriais de produção em grande escala, esta estratégia apresenta pouca viabilidade econômica. Por outro lado, em condições específicas de produção para nichos de mercado, ou na falta dos ingredientes tradicionais e dos principais ingredientes alternativos tais como cereais de inverno, sorgo, subprodutos do arroz e subprodutos da industrialização do milho, este tipo de dieta poderá ser viável se houver alta disponibilidade de matérias-primas alternativas fibrosas e fontes de gordura a preços acessíveis. Ao mesmo tempo, deve-se ter cautela quanto à utilização de ingredientes alternativos com elevadas proporções de açúcares solúveis na alimentação de suínos, como o melaço ou determinados subprodutos da industrialização ou descarte de frutas, por exemplo, por causa do seu potencial para elevar o depósito de reservas de glicogênio e acelerar o metabolismo *post mortem*, com efeitos negativos sobre a capacidade de retenção de água e a cor.

Ingredientes com elevado conteúdo de açúcares: derivados da cana de açúcar

A cana de açúcar é uma planta produzida de norte a sul do Brasil, mas a principal região produtora é a Sudeste, que contribui com 70% da produção total (IBGE – Produção Agrícola Municipal). Ainda de acordo com o IBGE, em 2017 a produtividade da cana de açúcar no Brasil foi de 74.482 kg/ha.

Os produtos derivados da cana de açúcar com potencial para serem utilizados na alimentação animal incluem a cana integral, o caule, o caldo, o melaço e o açúcar. Por apresentarem alto teor de fibra (Tabela 1), a cana integral e o caule são mais adequados para alimentação de ruminantes. O caldo, o melaço e o açúcar, por sua vez, devido ao elevado conteúdo de açúcares solúveis, são alimentos mais concentrados, portanto, adequados para alimentação de monogástricos.

Tabela 1. Composição química e valor nutricional da cana integral, caldo, caule, melaço e melaço em pó de cana de açúcar.

Análise	Cana integral ¹	Caule ¹	Caldo ²	Melaço ²	Melaço em pó ²
Energia digestível (kcal/kg)	-	-	707	2.403	2.616
Energia metabolizável (kcal/kg)	-	-	675	2.345	2.495
Matéria seca (%)	23,2	30,20	18,60	73,90	93,30
Proteína bruta (%)	1,00	0,88	0,30	3,66	2,44
Extrato etéreo (%)	0,39	0,45	-	0,10	-
Fibra bruta (%)	7,86	8,30	0,05	2,46	6,20
Matéria mineral (%)	1,60	1,72	0,30	8,75	16,30
Ca (%)	0,05	0,05	0,01	0,76	6,21
P (%)	0,03	0,03	0,02	0,06	0,21
K (%)	0,49	0,84	-	3,25	2,19
Na (%)	0,01	-	-	0,58	0,15
Cl (%)		-	-	1,38	-
Açúcar livre (%)		14,19 ³			-
Açúcares totais (%)	10,18	-	13,60 ⁴	47,37 ⁵	55,00 ⁶

ED= energia digestível, EM= energia metabolizável, MS= matéria seca, PB= proteína bruta, EE= extrato etéreo, FB= fibra bruta, MM= matéria mineral.

¹Fonte: Heuzé et al. (2018)

²Fonte: Rostagno et al. (2017)

³Fonte: Adaptado de Xandé et al. (2009) e Heuzé et al. (2018)

⁴Fonte: Adaptado de Heuzé et al. (2015a)

⁵Fonte: Adaptado de Heuzé et al. (2015b)

⁶Fonte: Melaços Brasileiros (2014)

O caldo de cana pode ser facilmente produzido na propriedade com o uso de prensas. Essa é a forma mais prática e econômica para sua obtenção e utilização na alimentação animal, já que, pelo seu conteúdo de água, o transporte de outros locais para a granja é viável apenas para curtas distâncias. Por outro lado, tanto o melaço como o melaço em pó são subprodutos da fabricação do açúcar de cana e podem ser adquiridos comercialmente. O melaço A ou mel final é o principal produto da fabricação do açúcar e é produzido na proporção de 40 kg a 60 kg por tonelada de cana processada (Alcarde, 2019).

O caldo, melaço, melaço em pó e açúcar de cana são alimentos com alto conteúdo de carboidratos, sendo, portanto, alimentos essencialmente energéticos. Os açúcares (totais sacarose, glicose e frutose) são os principais componentes desses alimentos, os quais compõem em média 73%, 64% e 59%, respectivamente, do conteúdo de matéria seca do caldo, melaço e melaço em pó. Os açúcares predominantes são a sacarose e a frutose. A matéria orgânica total do melaço varia de 84% a 94% e, desta, de 17% a 38% é matéria orgânica livre de açúcares, denominada por alguns autores de matéria orgânica não identificada (Bayley et al., 1983). Esta fração inclui ceras, gomas, caroteno, peptonas, bagaço e componentes nitrogenados (Castro; Martinez, 2015).

O caldo de cana apresenta baixo teor de matéria seca, enquanto que o melaço e o melaço em pó apresentam elevado conteúdo de matéria mineral e uma fração de resíduos. Em função disso, o conteúdo de energia digestível e energia metabolizável de ambos é inferior ao do milho (Rostagno et al., 2017), apesar da elevada digestibilidade (ao redor de 100%) dos carboidratos solúveis (Jentsch et al., 1991). Mas os valores de energia digestível e metabolizável desses ingredientes são bastante variáveis devido à variação no conteúdo de açúcares totais e de resíduos. O melaço apresenta elevado conteúdo de potássio, cálcio e cloro. O elevado conteúdo de cálcio é derivado do uso de hidróxido de cálcio, utilizado para clarificação do melaço (Castro; Martinez, 2015).

O caldo de cana pode ser utilizado como principal fonte de energia nas dietas de suínos em crescimento-terminação, sem efeitos negativos sobre o desempenho e a qualidade da carcaça desde que as dietas sejam adequadamente balanceadas com fontes proteicas para suprir os requerimentos de aminoácidos dos animais (Mena et al., 1981; Gonzalez et al., 2006; Xande et al., 2009; Castro; Martinez, 2015). Por outro lado, o melaço pode ser utilizado em níveis de até 30% da dieta para suínos em crescimento-terminação (Christon; Le Dividich, 1978; Valdez, 2015). Um aspecto positivo do uso de dietas cuja principal fonte energética é o caldo de cana, é o aumento do rendimento de carcaça (Mena et al., 1981), fato observado também com o uso de suplementos de sacarose, glicose ou melaço nas últimas 24 horas que antecedem o abate (Gallwey et al., 1977; Fernandes et al., 1979; Wajda, 1997).

Como já discutido acima, o fornecimento de dietas com elevados níveis de carboidratos prontamente digestíveis, tais como sacarose e glicose, resulta em elevação do conteúdo de glicogênio nos músculos em suínos com redução do pH e outras alterações na qualidade da carne. Por essa razão, espera-se esse efeito quando do uso das matérias-primas derivadas da cana na alimentação dos suínos. De fato, Mena et al. (1981) observaram que suínos alimentados com caldo de cana nas fases de crescimento-terminação apresentaram redução do pH final da carne em relação aos suínos alimentados com dieta baseada em cereais. Da mesma forma, Xandé et al. (2009) também observaram redução do pH final e adicionalmente verificaram aumento da luminosidade (valor de L^*) nos músculos *Longissimus dorsi* e *Semimembranosus* nos animais alimentados com caldo de cana em comparação com os animais alimentados com dieta baseada em milho, mas não houve efeito sobre as perdas por gotejamento e por cocção. Além disso, esses mesmos autores observaram maior heterogeneidade da cor, conteúdo de matéria seca, gordura intramuscular, índice de marmoreio e maciez e menor índice de acidez da gordura e intensidade da cor vermelha, sabor salgado e de sabor amargo em presuntos curados produzidos a partir de suínos alimentados com caldo de cana do que com os alimentados com milho, mas o conteúdo de TBARS e o índice proteolítico nos presuntos não foram afetados pelo caldo de cana.

Xandé et al. (2010) não observaram efeito do aumento dos níveis de fornecimento de melaço de cana de açúcar de 200 g/dia para 800 g/dia para suínos sobre o pH final do músculo, luminosidade (valor de L^*), intensidade de vermelho (valor de a^*), perdas por gotejamento e por cocção, porém, não houve comparação com uma dieta sem a inclusão de melaço. Da mesma forma, a inclusão de baixos níveis de melaço (2,5% e 5%) na dieta por 10 semanas para suínos em terminação não afetou o pH final, luminosidade, intensidade de vermelho e perdas por gotejamento e por cocção (Sureshkumar et al., 2016).

O fornecimento de dietas com 50% de sacarose por duas semanas antes do abate resultou em redução do pH final e em pernis com baixo escore de cor, textura mole, aparência aquosa e redução da capacidade de retenção de água (Briskey et al., 1959; Briskey et al., 1960).

A gordura de suínos alimentados com caldo de cana apresentou maior conteúdo de ácidos graxos saturados e monoinsaturados e menor conteúdo de ácidos graxos poli-insaturados do que a gordura de suínos alimentados com dieta baseada em milho (Xandé et al., 2009). Este fator pode estar relacionado ao fato dos animais alimentados com caldo de cana terem consumido maior quantidade de matéria seca, mas menor quantidade de gordura e de proteína, o que levou ao aumento da deposição de gordura subcutânea e intramuscular por meio da síntese endógena de ácidos graxos, favorecendo a deposição de ácidos graxos saturados e monoinsaturados nos tecidos corporais. Esses resultados são convergentes com os obtidos por Phuc e Hieu (1993), os quais observaram redução do índice de iodo na gordura de suínos alimentados com uma dieta de melaço à vontade mais um suplemento proteico em comparação com uma dieta baseada em farelo de arroz.

Outro fator que poderia afetar a qualidade da carne em suínos alimentados com dietas contendo elevados níveis de ingredientes ricos em açúcares é a possibilidade da ocorrência de acidose metabólica causada pela produção de ácido láctico a partir da frutose durante a digestão (Castro; Martinez, 2015). Esse efeito seria principalmente sobre o bem-estar e com as perdas relacionadas com mortalidade durante o transporte, ocorrência de *downers* (animais esgotados fisicamente com inabilidade para locomoção) e desvios de qualidade como a condição PSE (*pale, soft and exsudative*), porém, essa hipótese não foi avaliada tecnicamente.

Outra questão que resta para ser melhor explorada é quanto ao potencial antioxidante da cana de açúcar e sua expressão na carne quando fornecida via dieta. A cana de açúcar apresenta fitoquímicos com capacidade antioxidante (triterpenoides, flavonoides e fenóis) em suas diferentes porções, sendo que a medula é a porção que apresenta o maior conteúdo de triterpenoides (Feng et al., 2014). A presença de componentes fenólicos em extrato de suco de cana foi confirmada por Xia et al. (2017) que, ao fornecerem o extrato na dieta por 42 dias para suínos em terminação, observaram redução da presença de MDA (malonaldeído) e superóxido dismutase total no *Longissimus dorsi*, o que sugere que os fitoquímicos com capacidade antioxidante presentes na cana quando fornecidos via dieta melhoram a capacidade antioxidante nos tecidos *post mortem*. Porém, este efeito não se confirmou no estudo

de Xandé et al. (2009), pois, conforme mencionado acima, os mesmos não detectaram diferença no conteúdo de TBARS (substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico) em presuntos curados produzidos com suínos alimentados com caldo de cana (Xandé et al., 2009).

Conclusões

O uso estratégico de dietas especiais com baixo conteúdo de carboidratos digestíveis e alto conteúdo de gordura nas últimas três a quatro semanas que antecedem o abate levam à redução da deposição de glicogênio muscular, redução da velocidade de quebra do glicogênio e do metabolismo da glicose *post mortem*, redução da temperatura da carcaça e elevação do pH inicial e final. Como consequência, a qualidade da carne é impactada de forma positiva, com redução das perdas por gotejamento e por cocção e melhoria da cor dada por coloração mais escura (menor valor de L^*), aumento do escore de cor e maior estabilidade da cor durante o armazenamento. Esses efeitos se manifestam com mais ênfase nos músculos que possuem maior proporção de fibras musculares oxidativas. Essa estratégia alimentar deve ser associada ao jejum pré-abate e práticas adequadas de manejo dos animais para que se obtenha resultados positivos. Essas dietas não são preconizadas para uso em situações de produção industrial, onde o uso de matérias-primas produzidas em larga escala, a eficiência alimentar e a padronização das condições de produção são fatores indispensáveis para a competitividade da produção, mas podem ser vantajosas para condições específicas de produção visando nichos de mercado.

As dietas com elevado conteúdo de açúcares solúveis induzem ao aumento do conteúdo de glicogênio muscular e consequente redução do pH da carne, com consequências negativas para a qualidade da carne. Esse efeito ocorre com o uso do caldo, melão e açúcar (sacarose) de cana de açúcar, que, quando utilizados como principal fonte energética na dieta, causam redução do pH final e alteração da cor (aumento da luminosidade) da carne. Efeitos como redução do escore de cor, textura mole, aparência aquosa e redução da capacidade de retenção de água também são observados com dietas cuja principal fonte de energia é o açúcar. Embora não tenha sido detectada alteração na

perda por gotejamento com o uso do melaço e do caldo de cana, esse efeito não está descartado devido à redução do pH final. Porém, baixos níveis de inclusão desses ingredientes (até 5%) na dieta não provocam alterações na qualidade da carne.

A utilização dos derivados da cana como principal fonte energética nas dietas dos suínos altera o perfil de ácidos graxos da gordura corporal, com aumento da proporção de ácidos graxos saturados e monoinsaturados e redução dos poli-insaturados devido ao conteúdo quase nulo de extrato etéreo nesses ingredientes.

Referências

- ALCARDE, A. R. **Cana de açúcar**. Brasília, DF: Embrapa, 2019. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_108_22122006154841.html. Acesso em: 25 jan. 2019.
- ALLISON, C. P.; BATES, R. O.; BOOREN, A. M.; JOHNSON, R. C.; DOUMIT, M. E. Pork quality variation is not explained by glycolytic enzyme capacity. **Meat Science**, v. 63, n. 1, p. 17-22, Jan. 2003. DOI: 10.1016/S0309-1740(02)00046-3.
- BAYLEY, H. S.; FIGUEROA, V.; LY, J.; MAYLIN, A.; PEREZ, A. Utilization of sugar cane final molasses by the pig: energy metabolism. **Canadian Journal Animal Science**, v. 63, p. 455-462, 1983. DOI: 10.4141/cjas83-054.
- BEE, G. Effect of available dietary carbohydrate on glycolytic potential and meat quality of swine muscles. **Canadian Journal Animal Science**, v. 82, p. 311-320, 2002. DOI: 10.4141/A02-004.
- BEE, G.; ANDERSON, A. L.; LONERGAN, S. M.; HUFF-LONERGAN, E. Rate and extent of pH decline affect proteolysis of cytoskeletal proteins and water-holding capacity in pork. **Meat Science**, v. 76, n. 2, p. 359-365, June 2007. DOI: 10.1016/j.meatsci.2006.12.004.
- BEE, G.; BIOLLEY, C.; GUEx, G.; HERZOG, W.; LONERGAN, S. M.; HUFF-LONERGAN, E. Effects of available dietary carbohydrate and preslaughter treatment on glycolytic potential, protein degradation, and quality traits of pig muscles. **Journal of Animal Science**, v. 84, p. 191-203, 2006. DOI: 10.2527/2006.841191x.
- 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. DOI: 10.2527/jas.2010-2942.

- 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 of Animal Science**, v. 83, p. 75-81, 2005. DOI: 10.2527/2005.83175x.
- 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**, v. 19, p. 404-411, 1960. DOI: 10.2527/jas1960.192404x.
- BRISKEY, E. J.; BRAY, R. W.; HOEKSTRA, W. G.; PHILLIPS, P. H.; GRUMMER, R. H. The effect of exhaustive exercise and high sucrose regimen on certain chemical and physical pork ham muscle characteristics. **Journal of Animal Science**, v. 18, p. 173-177, 1959. DOI: 10.2527/jas1959.181173x.
- CARLIN, K. R. M.; HUFF-LONERGAN, E.; ROWE, L. J.; LONERGAN, S. M. Effect of oxidation, pH, and ionic strength on calpastatin inhibition of μ - and m-calpain. **Journal of Animal Science**, v. 84, p. 925-937, 2006. DOI: 10.2527/2006.844925x.
- CASTRO, M; MARTINEZ, M. Pig feeding with nontraditional products: fifty years of research at the Instituto de Ciencia Animal. **Cuban Journal of Agricultural Science**, v. 49, n. 2, p. 189-196, 2015.
- CHOI, Y. M.; LEE, S. H.; CHOE, J. H.; RHEE, M. S.; LEE, S. T.; JOO, S. T.; KIM, B. C. Protein solubility is related to myosin isoforms, muscle fiber types, meat quality traits, and *post mortem* protein changes in porcine *Longissimus dorsi* muscle. **Livestock Science**, v. 127, p. 183-191, 2010. DOI: 10.1016/j.livsci.2009.09.009.
- CHRISTON, R.; LE DIVIDICH, J. Utilisation de la mélasse de canne à sucre dans l'alimentation du porc : essai d'interprétation des acquisitions recentes. **Annales de Zootechnie**, v. 27, n. 2, p. 267-288, 1978. DOI: 10.1051/animres:19780210.
- FENG, S.; LUO, Z.; ZHANG, Y.; ZHONG, Z.; LU, B. Phytochemical contents and antioxidant capacities of different parts of two sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) cultivars. **Food Chemistry**, v. 151, p. 452-458, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.11.057>.
- FERNANDES, T. H.; SMITH, W. C.; ELLIS, M.; CLARK, J. B. K.; ARMSTRONG, D. G. The administration of sugar solutions to pigs immediately prior to slaughter 2. Effect on carcass yield, liver weight and muscle quality in commercial pigs. **Animal Production**, v. 29, n. 2, p. 223-230, 1979. DOI: 10.1016/j.foodchem.2013.11.057.
- FERNANDEZ, X.; LEFAUCHEUR, L.; CANDEK, M. Comparative study of two classifications of muscle fibres: consequences of photometric determination of glycogen according to fibre type in red and white muscle of the pig. **Meat Science**, v. 41, n. 2, p. 225-235, 1995. DOI: 10.1016/0309-1740(94)00059-G.
- FISCHER, K. Drip loss in pork: influencing factors and relation to further meat quality traits. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, v. 124, suppl. 1, p. 12-18, 2007. DOI: 10.1111/j.1439-0388.2007.00682.x.

FREISE, K.; BREWER, S.; NOVAKOFSKI, J. Duplication of the pale, soft, and exudative condition starting with normal *post mortem* pork. **Journal of Animal Science**, v. 83, p. 2843-2852, 2005. DOI: 10.2527/2005.83122843x.

GALLWEY, W. J.; TARRANT, P. V.; MCMAHON, P. Pigmeat quality and yield in relation to pre-slaughter sugar-feeding. **Irish Journal of Food Science and Technology**, v. 1, n. 2, p. 71-77, 1977.

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

GONDRET, F.; LOUVEAU, I.; MOUROT, J.; DUCLOS, M. J.; LAGARRIGUE, S.; GILBERT, H.; van MILGEN, J. Dietary energy sources affect the partition of body lipids and the hierarchy of energy metabolic pathways in growing pigs differing in feed efficiency. **Journal of Animal Science**, v. 92, p. 4865-4877, 2014. DOI: 10.2527/jas.2014-7995.

GONZÁLEZ, D.; GONZÁLEZ, C.; MACHADO, W.; MENDOZA, J.; LY, J. Jugo de caña de azúcar em dietas de crescimento y finalización para cerdos: efectos en el comportamiento productivo y rasgos de canal. **Revista Científica de Veterinária - LUZ**, v. 16, n. 4, p. 406-413, 2006.

GREENHAFF, P. L.; GLEESON, M.; MAUGHAN, R. J. The effects of diet on muscle pH and metabolism during high intensity exercise. **European Journal of Applied Physiology**, v. 57, p. 531-539, 1988. DOI: 10.1007/BF00418458.

HENCKEL, P.; KARLSSON, A.; JENSEN, M. T.; OKSBJERG, N.; PETERSEN, J. S. Metabolic conditions in porcine *longissimus* muscle immediately pre-slaughter and its influence on peri- and *post mortem* energy metabolism. **Meat Science**, v. 62, n. 2, p. 145-155, Oct. 2002. DOI: 10.1016/S0309-1740(01)00239-X.

HEUZÉ V.; THIOLLET H.; TRAN G.; LEBAS F. 2018. Sugarcane forage, whole plant. **Feedipedia, a programme by INRA, CIRAD, AFZ and FAO**. 2018. Disponível em: <https://www.feedipedia.org/node/14462>. Acesso em: 25 jan. 2019.

HEUZÉ V.; TRAN G.; ARCHIMÈDE H.; RENAUDEAU D.; LESSIRE M.; LEBAS F. Sugarcane juice. **Feedipedia, a programme by INRA, CIRAD, AFZ and FAO**. 2015a. Disponível em: <https://www.feedipedia.org/node/560>. Acesso em: 25 jan. 2019.

HEUZÉ V.; TRAN G.; ARCHIMÈDE H.; RENAUDEAU D.; LESSIRE M.; LEBAS F. Sugarcane molasses. **Feedipedia, a programme by INRA, CIRAD, AFZ and FAO**. 2015b. Disponível em: <https://www.feedipedia.org/node/561>. Acesso em: 25 jan. 2019.

HOCHACHKA, W.; MOMMSEN, T. P. Protons and anaerobiosis. **Science**, v. 219, p. 1391-1397, 1983. DOI: 10.1126/science.6298937.

IBGE - **Produção Agrícola Municipal**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes.html?=&t=resultados>. Acesso em: 25 jan. 2019.

- JENTSCH, W.; RESTING, U.; H.-J. BLOCK, H.-J. Zur Scheinbaren Präzākalen Nährstoffverdaulichkeit und Energieverwertung von Melasse beim Schwein. **Archiv für Tierernaehrung**, v. 41, n. 7-8, p. 717-724, 1991. DOI: 10.1080/17450399109428516.
- JOO, S. T.; KIM, G. D.; HWANG, Y. H.; RYU, Y. C. Control of fresh meat quality through manipulation of muscle fiber characteristics. **Meat Science**, v. 95, n. 4, p. 828-836, Dec. 2013. DOI: 10.1016/j.meatsci.2013.04.044.
- JUDGE, M. D.; ABERLE, E. D.; FORREST, J. C.; HEDRICK, H. B.; MERKEL, R. A. **Principles of Meat Science**. 2nd ed. Iowa: Hunt Publishing Company, 1989.
- JUNCHER, D.; RONN, B.; MORTENSEN, E. T.; HENCKEL, P.; KARLSSON, A.; SKIBSTED, L. H.; BERTELSEN, G. Effect of pre-slaughter physiological conditions on the oxidative stability of colour and lipid during chill storage of pork. **Meat Science**, v. 58, n. 4, p. 347-357, Aug. 2001. DOI: 10.1016/S0309-1740(00)00156-X.
- LI, Y.; LI, J.; ZHANG, L.; YU, C.; LIN, M.; GAO, F.; ZHOU, G.; ZHANG, Y.; FAN, Y.; NULDNALI, L. Effects of dietary energy sources on *post mortem* glycolysis, meat quality and muscle fibre type transformation of finishing pigs. **PLOS ONE**, v. 10, n. 6, e0131958, 2015. DOI:10.1371/journal.pone.0131958.
- LIBAL-WEKSLER, Y.; GOTLIBOVITZ, O.; STARK, A. H.; MADAR, Z. Diet and diabetic state modify glycogen synthase activity and expression in rat hepatocytes. **Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 12, p. 458-464, 2001. DOI: 10.1016/S0955-2863(01)00161-9.
- MELAÇOS BRASILEIROS. **Especificações técnicas**. Saltinho, SP, [2014]. Disponível em: <https://melacos.com.br/especificacoes-tecnicas>. Acesso em: 25 jan. 2019.
- MENA, A.; ELLIOTT, R.; PRESTON, T. R. Sugar cane juice as an energy source for fattening pigs. **Tropical Animal Production**, v. 6, n. 4, p. 338-344, 1981.
- MILLER, K. D.; ELLIS, M.; BIDNER, B.; MCKEITH, F. K.; WILSON, E. R. Porcine *Longissimus* glycolytic potential level effects on growth performance, carcass, and meat quality characteristics. **Journal of Muscle Foods**, v. 11, p. 169-181. 2000. DOI: 10.1111/j.1745-4573.2000.tb00423.x.
- MONIN, G.; SELLIER, P. Pork of low technological quality with a normal rate of muscle pH fall in the *post mortem* period: The case of the Hampshire breed. **Meat Science**, v. 13, n. 1, p. 49-63, 1985. DOI: 10.1016/S0309-1740(85)80004-8.
- PARK, J.-Y.; KIM, C. H.; HONG, S. K.; SUH, K. I.; LEE, K.-U. Effects of FFA on insulin-stimulated glucose fluxes and muscle glycogen synthase activity in rats. **American Journal of Physiology**, v. 275, p. E338-E344, 1998. DOI: 10.1152/ajpendo.1998.275.2.E338.
- PEARSON, A. M. Muscle function and *post mortem* changes. In: Price, J.F.; Scheiwegert, B.S. **The Science of Meat and Meat Products**. 3rd ed. Westport: Food & Nutrition Press, 1987.
- PHUC, B. H. N.; HIEU, L. T. "A" molasses in diets for growing pigs. **Livestock Research for Rural Development**, v.5, n.2, 1993. Disponível em: <http://www.lrrd.org/lrrd5/2/viet2.htm>. Acesso em: 25 jan. 2019.

RODEN, M.; PRICE, T. B.; PERSEGHIN, G.; PETERSEN, K. F.; ROTHMAN, D. L.; CLINE, G. W.; SHULMAN, G. I. Mechanism of free fatty acid-induced insulin resistance in humans. **The Journal of Clinical Investigation**, v. 97, n. 12, p. 2859-2865, 1996. DOI: 10.1172/JCI118742.

ROSENVOLD, K.; ANDERSEN, H. J. The significance of pre-slaughter stress and diet on colour and colour stability of pork. **Meat science**, v. 63, n. 2 p. 199-209, Feb. 2003. DOI: 10.1016/S0309-1740(02)00071-2.

ROSENVOLD, K.; ESSEN-GUSTAVSSON, B.; ANDERSEN, H. J. Dietary manipulation of pro- and macroglycogen in porcine skeletal muscle. **Journal of Animal Science**, v. 81, p. 130-134, 2003. DOI: 10.2527/2003.811130x.

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**, v. 59, n. 4, p. 397-406, Dec. 2001b. DOI: 10.1016/S0309-1740(01)00092-4.

ROSENVOLD, K.; LAERKE, H. N.; JENSEN, S. K.; KARLSSON, A. H.; LUNDSTROM, K.; ANDERSEN, H. J. Manipulation of critical quality indicators and attributes in pork through vitamin E supplementation, muscle glycogen reducing finishing feeding and pre-slaughter stress. **Meat Science**, v. 62, n. 4, p. 485-496, Dec. 2002. DOI: 10.1016/S0309-1740(02)00045-1.

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**, v. 79, p. 382-391, 2001a. DOI: 10.2527/2001.792382x.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; HANNAS, M. I.; DONZELE, J. L.; SAKOMURA, N. K.; PERAZZO, F. G.; SARAIVA, A.; ABREU, M. L. T. de; RODRIGUES, P. B.; OLIVEIRA, R. F. de; BARRETO, S. L. de T.; BRITO, C. de O. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**, 4. ed. Viçosa: UFV, DZO, 2017. 488 p.

RYU, Y. C.; KIM, B. C. Comparison of histochemical characteristics in various pork groups categorized by *post mortem* metabolic rate and pork quality. **Journal of Animal Science**, v. 84, p. 894-901, 2006. DOI: 10.2527/2006.844894x.

SCHAFER, A.; ROSENVOLD, K.; PURSLOW, P. P.; ANDERSEN, H. J.; HENCKEL, P. Physiological and structural events *post mortem* of importance for drip loss in pork. **Meat Science**, v. 61, n. 4, p. 355-366, Aug. 2002. DOI: 10.1016/S0309-1740(01)00205-4.

SCHEFFLER, T. L.; SCHEFFLER, J. M.; KASTEN, S. C.; SOSNICKI, A. A.; GERRARD, D. E. High glycolytic potential does not predict low ultimate pH in pork. **Meat Science**, v. 95, n. 1, p. 85-91, Sep. 2013. DOI: 10.1016/j.meatsci.2013.04.013.

SCHEFFLER, T. L.; SCHEFFLER, J. M.; PARK, S.; KASTEN, S. C.; WU, Y.; MCMILLAN, R. P.; HULVER, M. W.; FRISARD, M. I.; GERRARD, D. E. Fiber hypertrophy and increased oxidative capacity can occur simultaneously in pig glycolytic skeletal muscle. **American Journal of Physiology. Cell Physiology**, v. 306, p. C354-C363, 2014. DOI: 10.1152/ajpcell.00002.2013.

- SPENCER, J. D.; GAINES, A. M.; BERG, E. P.; ALLEE, G. L. Diet modifications to improve finishing pig growth performance and pork quality attributes during periods of heat stress. **Journal of Animal Science**, v. 83, p. 243-254, 2005. DOI: 10.2527/2005.831243x.
- SURESHKUMAR, S.; LEE, S. I.; NAM, D. S.; KIM, I. H. Effect of substitution of corn for molasses in diet on growth performance, nutrient digestibility, blood characteristics, fecal noxious gas emission, and meat quality in finishing pigs. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 45, n. 3, p. 107-112, 2016. DOI: 10.1590/S1806-92902016000300004.
- VALDEZ, L. S. Aspectos fisiológicos de la utilización de alimentos no tradicionales en especies monogástricas. **Cuban Journal of Agricultural Science**, v. 49, n. 3, 2015.
- WAJDA, S. The effect of a molasses drink before slaughter on the slaughter performance and the meat quality of pigs. **Fleischwirtschaft**, v. 77, p. 1039-1040, 1997. DOI: 10.1016/S0309-1740(96)00116-7.
- WARNER, R. D.; KAUFFMAN, R. G.; GREASER, M. L. Muscle protein changes *post mortem* in relation to pork quality traits. **Meat Science**, v. 45, n. 3, p. 339-352, Mar. 1997. DOI: 10.1016/s0309-1740(96)00116-7.
- WILDE, J. de; MOHREN, R.; van den BERG, S.; BOEKSCHOTEN, M.; DIJK, K. W-V.; GROOT, P. de; MULLER, M.; MARIMAN, E.; SMIT, E. Short-term high fat-feeding results in morphological and metabolic adaptations in the skeletal muscle of C57BL/6J mice. **Physiological Genomics**, v. 32, p. 360-369, 2008. DOI: 10.1152/physiolgenomics.00219.2007.
- XANDÉ, X.; ARCHIMÈDE, H.; GOURDINE, J. L.; ANAIS, C.; RENAUDEAU, D. Effects of the level of sugarcane molasses on growth and carcass performance of Caribbean growing pigs reared under a ground sugarcane stalks feeding system. **Tropical Animal Health and Production**, v. 42, p. 13-20, 2010. DOI: 10.1007/s11250-009-9379-7.
- XANDÉ, X.; MOUROT, J.; ARCHIMÈDE, H.; GOURDINE, J. L.; RENAUDEAU, D. Effect of sugarcane diets and a high fibre commercial diet on fresh meat and dry-cured ham quality in local Caribbean pigs. **Meat Science**, v. 82, n. 1, p. 106-112, May 2009. DOI: 10.1016/j.meatsci.2008.12.013.
- XIA, Y.; LI, Y.; SHEN, X.; MIZU, M.; FURUTA, T.; LI, C. Effect of dietary supplementation with sugar cane extract on meat quality and oxidative stability in finishing pigs. **Animal Nutrition**, v. 3, p. 295-299, 2017. DOI: 10.1016/j.aninu.2017.05.002.



Suínos e Aves

O suíno está presente no Brasil desde o seu descobrimento, sempre ocupando lugar de destaque na mesa dos brasileiros. O País é hoje o quarto maior produtor e exportador mundial de carne suína, com uma produção de 3,759 milhões de toneladas. A carne suína brasileira goza de excelente reputação no mercado mundial, devido ao seu elevado padrão genético e sanitário. A suinocultura é uma importante geradora de renda e empregos, especialmente na região Sul. Apesar de o grande volume de produção de carne suína no Brasil estar baseado nos genótipos que apresentam elevado conteúdo de carne magra e baixo conteúdo de gordura, algumas raças locais ainda são preservadas e utilizadas em cruzamentos para produção de carne com maior conteúdo de gordura para nichos de mercado.

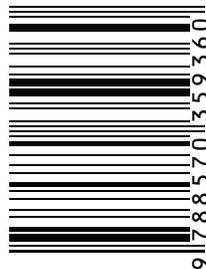
Inúmeras iniciativas estão surgindo em diferentes regiões do território nacional visando a produção de carne para fabricação de produtos especiais, com características organolépticas superiores, resgatando sabores e tradições oriundos da produção tradicional de suínos. Algumas das estratégias nutricionais abordadas nesse livro são mais voltadas para esse tipo de produção, outras são aplicáveis na produção industrial de suínos no sentido de preservar ou melhorar a qualidade tecnológica da carne. Essa combinação de estratégias torna esse livro interessante para diferentes públicos, incluindo produtores, agroindústrias, técnicos e pesquisadores.

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL

ISBN 978-85-7035-936-0



CGPE 15559