

ESTRATÉGIAS NUTRICIONAIS

para melhoria da qualidade da carne suína

Teresinha Marisa Bertol

Editora Técnica



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

ESTRATÉGIAS NUTRICIONAIS

para melhoria da qualidade da carne suína

Teresinha Marisa Bertol
Editora Técnica

Embrapa
Brasília, DF
2019

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na

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

Todos os direitos reservados.

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

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Suínos e Aves

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

ISBN 978-85-7035-936-0

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

CDD 641.364

Capítulo 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).

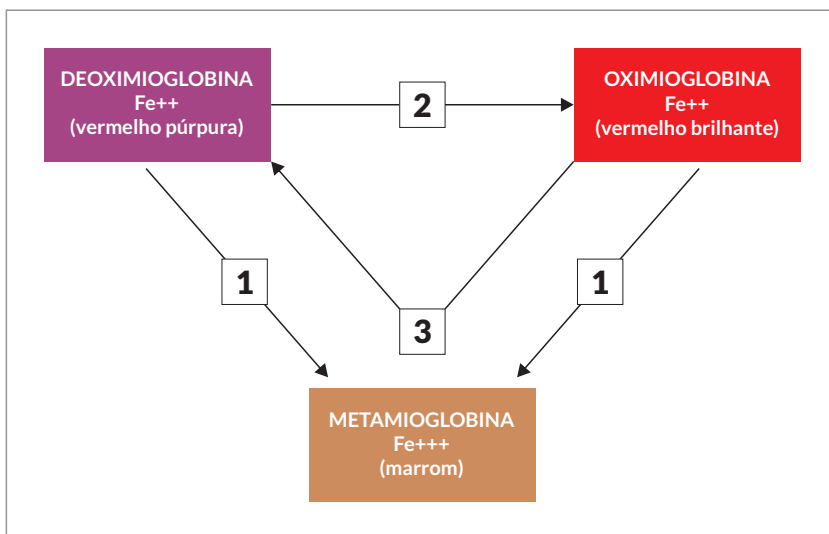
Tabela 5. Composição média da gordura de diferentes espécies (%).

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 consequentemente 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 perimísio (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. Dosedependent 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/ARSPUserFiles/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.