

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA**

**INFLUÊNCIA DO GENE HALOTANO SOBRE A
QUALIDADE DA CARNE SUÍNA EM DOIS
CRUZAMENTOS COMERCIAIS**

Paulo Fernando Alves de Freitas
Médico Veterinário

Uberlândia – Minas Gerais - Brasil
Março de 2009

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA**

**INFLUÊNCIA DO GENE HALOTANO SOBRE A
QUALIDADE DA CARNE SUÍNA EM DOIS
CRUZAMENTOS COMERCIAIS**

Paulo Fernando Alves de Freitas

Orientador: Prof. Dr. Robson Carlos Antunes

Dissertação apresentada à Faculdade de Medicina Veterinária – UFU, como parte das exigências à obtenção do título de Mestre em Ciências Veterinárias (Produção Animal).

Uberlândia – Minas Gerais - Brasil
Março de 2009

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

- F866i Freitas, Paulo Fernando Alves de, 1981-
Influência do gene halotano sobre a qualidade da carne suína em dois cruzamentos comerciais / Paulo Fernando Alves de Freitas. – 2009.
45 f. : il.
Orientador: Robson Carlos Antunes.
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias.
Inclui bibliografia.

1. Suíno - Melhoramento genético - Teses. I. Antunes, Robson Carlos. II. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias. III. Título.

CDU: 636.4.082.1

Elaborado pelo Sistema de Bibliotecas da UFU / Setor de Catalogação e Classificação

"Mestre não é quem sempre ensina, mas quem de repente aprende".

Guimarães Rosa

AGRADECIMENTOS

A Deus pela vida e oportunidades concedidas.

Aos meus pais, Álvaro e Dóris, a minha irmã Ana Karina, meu cunhado Marcius e linda sobrinha Ana Letícia pela oportunidade da realização desse sonho; pelo suporte financeiro enquanto necessário; por entender minha ausência em momentos importantes durante a confecção desta dissertação e por todo amor demonstrado em minha vida.

Ao Prof. Dr. Robson Carlos Antunes pela orientação, pela ajuda imprescindível durante essa fase de transição, pelo experimento realizado e pela força e exemplos a serem seguidos.

À minha namorada e companheira de mestrado Ana Carolina Portella Silveira pela imensa ajuda na escrita deste trabalho, por entender meus momentos de ausência e auxiliar nas dificuldades durante o percurso.

A empresa TOPIGS e ao Frigorífico Cotrijuí pela disponibilidade dos animais e das instalações para a execução deste trabalho.

Aos amigos Lucas Torido e Diego Felipe pela colaboração na realização deste experimento, sem a qual este trabalho não teria se concretizado.

Ao professor Ednaldo Carvalho Guimarães pelas estatísticas realizadas neste e em outros trabalhos e, a paciência infinita nos esclarecimentos das inúmeras dúvidas.

E àqueles que contribuíram indiretamente neste trabalho: Thiago Braga, Aline César, Natália Oliveira, Rafael Pinto, Rafael Ramacciotti e outros membros do grupo de estudos de suinocultura SUIEX.

SUMÁRIO

	Página
CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES INICIAIS	01
1 CENÁRIO ATUAL DA SUINOCULTURA	02
2 CARACTERIZAÇÃO DO GENE HALOTANO	03
3 QUALIDADE DA CARNE SUÍNA	04
3.1 <i>pH</i>	06
3.2 <i>Cor</i>	07
3.3 <i>Perda por Gotejamento (Drip Loss)</i>	09
3.4 <i>Maciez</i>	10
3.5 <i>Gordura Intramuscular (GIM)</i>	11
4 GENE HALOTANO x QUALIDADE DE CARNE SUÍNA	12
REFERÊNCIAS	16
CAPÍTULO 2 – INFLUÊNCIA DO GENE HALOTANO SOBRE A QUALIDADE DA CARNE SUÍNA EM DOIS CRUZAMENTOS COMERCIAIS	25
RESUMO.....	26
PALAVRAS-CHAVE.....	26
INTRODUÇÃO	27
MATERIAIS E MÉTODO	28
RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
CONCLUSÕES	41
REFERÊNCIAS	42

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Frequência genotípica do gene Halotano de 115 suínos de dois cruzamentos comerciais A e B, São Luiz Gonzaga, RS, 2008	35
Tabela 2. Frequência alélica do gene Halotano de 115 suínos de dois cruzamentos comerciais A e B, São Luiz Gonzaga, RS, 2008.....	35
Tabela 3. Médias das medidas quantitativas de espessura de toucinho medida por régua em 115 carcaças de suínos híbridos comerciais (cruzamentos A e B) de acordo com o genótipo do gene Halotano, São Luiz Gonzaga, RS, 2008.....	36
Tabela 4. Médias das medidas quantitativas de carne magra medida por fórmula em 115 carcaças de suínos híbridos comerciais (cruzamentos A e B) de acordo com o genótipo do gene Halotano, São Luiz Gonzaga, RS, 2008.....	37
Tabela 5. Carne Magra calculada pela pistola (HGP) 115 carcaças de suínos híbridos comerciais (cruzamentos A e B) de acordo com o genótipo do gene Halotano, São Luiz Gonzaga, RS, 2008.....	38
Tabela 6. Médias das medidas quantitativas pH medida 24 horas após o abate (pH24h) em 115 carcaças de suínos híbridos comerciais (cruzamentos A e B) de acordo com o genótipo do gene Halotano, São Luiz Gonzaga, RS, 2008.....	38
Tabela 7. Médias das medidas quantitativas de cor medidas de acordo com o padrão japonês (sendo 1 – mais pálido e 6 – mais escuro) em 115 carcaças de suínos híbridos comerciais (cruzamentos A e B) de acordo com o genótipo do gene Halotano, São Luiz Gonzaga, RS, 2008.....	39
Tabela 8. Médias das medidas quantitativas de <i>drip loss</i> em 115 carcaças de suínos híbridos comerciais (cruzamentos A e B) de acordo com o genótipo do gene Halotano, São Luiz Gonzaga, RS, 2008.....	40
Tabela 9. Médias das medidas quantitativas de gordura intramuscular em 115 carcaças de suínos híbridos comerciais (cruzamentos A e B) de acordo com o genótipo do gene Halotano, São Luiz Gonzaga, RS, 2008.....	41

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Animais pendurados pelo pé esquerdo e amostras retiradas do pernil da meia-carcaça direita.....	29
Figura 2. Coleta do pH 24 horas após o abate no músculo do pernil direito.....	30
Figura 3. Modelo de cera do Padrão Japonês da Cor da Carne Suína (JPCS).	31
Figura 4. Foto do procedimento da técnica <i>Drip Loss</i>	31

CAPÍTULO 1

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1. CENÁRIO ATUAL DA SUINOCULTURA

A suinocultura brasileira, com a produção de mais de três milhões de toneladas de carne e mais de 606 mil toneladas exportadas em 2007 (ABIPECS, 2008), ocupa o quarto lugar mundial em produção e terceiro em exportação. Nos últimos 37 anos o consumo mundial de carne suína cresceu aproximadamente 2,29% ao ano, com um consumo de 17kg/pessoa em 2007. Se tal crescimento prevalecer em 2030 estima-se que atingirá 26,34kg/pessoa. (FAO, 2007). A carne suína é a mais produzida no mundo atingindo 104 milhões de toneladas; e uma fatia de 39% da produção cárnea (ROPPA, 2007). Esses números demonstram a evolução tecnológica do setor nas áreas de genética, nutrição e manejo na busca de produtividade e de peso ao abate.

O complexo agroindustrial de suínos em parceria com a comunidade científica trabalha incessantemente para melhorar a eficiência na produção de carne e atender as exigências constantes do mercado consumidor, combinando adequadamente, o binômio qualidade e quantidade, objetivando-se garantir a viabilidade econômica da indústria. Assim, a suinocultura brasileira vem nos últimos anos, investindo em reprodução, sanidade, manejo e, principalmente, em programas genéticos que priorizam o valor econômico das características fenotípicas desejáveis (MONTEIRO, 2007).

Os comprometimentos de qualidade da carne suína podem ocorrer pela associação de fatores genéticos e ambientais, cujas relações de causa e efeito mais evidentes são, principalmente, a Síndrome do Estresse Suíno (PSS) e a carne pálida, flácida e exsudativa (PSE), causadas pelo Gene Halotano (HAL) (PELOSO, 1999).

A avaliação periódica dos materiais genéticos existentes no mercado, torna-se uma atividade importante. Para o produtor de material genético, assim como para o produtor final favorecendo a tomada de decisão quanto a que tipo de animal produzir. A utilização de suínos de alto potencial genético é importante para a obtenção de progêneres que apresentem carcaças magras e com maior rendimento de carne. A escolha genotípica num programa de melhoramento, deve objetivar aumento no rendimento de carne, mas também à produção de carne de boa

qualidade, tanto para consumo *in natura* como para processamento industrial (MONTEIRO, 2007).

2. CARACTERIZAÇÃO DO GENE HALOTANO

Algumas raças suínas são mais susceptíveis a uma síndrome desencadeada por alguns fatores estressantes como: desmame, exercícios, cópula, mistura com outros animais, transporte e manejo pré-abate (CULAU et al., 2002), denominada Síndrome do Estresse Suíno (PSS). Devido à exacerbada produção de calor que a mesma proporciona nos animais afetados também é chamada de Hipertermia Maligna (PMH) (Mac LENNAM; PHILLIPS, 1992).

Esta síndrome caracteriza-se por uma rigidez muscular, aumento do metabolismo aeróbio, do anaeróbio e aumento da produção de calor em resposta aos anestésicos halogenados e vários outros estressores (RÜBENSAM, 2000). Pela forte reação muscular no animal vivo e pelo padrão de alterações na carne após o abate, Mickelson e Louis (1996) indicaram que pode haver um defeito na regulação de cálcio, mantendo elevada a concentração de Ca^{2+} sarcoplasmático.

No início da década de 70, acredita-se que estas alterações eram devido a uma predisposição hereditária sob o controle de um gene autossômico recessivo, de penetrância alta, mas variável: o gene Halotano (mutação do cromossomo 6 de suínos), sendo aditivo para quantidade e prejudicial para a qualidade da carne (ANTUNES, 1997).

Este gene, apesar de determinar a maior predisposição ao estresse em suínos, é responsável pela produção de carcaças com maior produção de carne magra, mas também relacionado com a produção de carne PSE (pálida, mole e exsudativa), um problema grave para a industrialização de carnes (CULAU et al., 2002). Mesmo que exista correlação significativa entre animais portadores do gene HAL e produção de carne PSE (SILVEIRA, 1996), sabe-se que o genótipo por si só não explica totalmente a ocorrência de carne PSE (WARRIS, 1995). No entanto, segundo De Smet e colaboradores (1996), diferenças entre raças (Landrace Belga e Piétrain) e sexos (fêmeas e castrados) não foram importantes quando comparados com o efeito do gene Hal.

Para o diagnóstico da PSS foi desenvolvido na década de 70 um teste, no qual suínos eram submetidos à anestesia inalatória por Halotano que permitia separar os animais com maior predisposição ao estresse. Mas, este teste não permitia diferenciar os animais normais dos heterozigotos. Apenas no início da década de 90, Fuji e colaboradores (1991) encontraram uma mutação no gene que codifica para o receptor rianodina do músculo esquelético correlacionada com a hipertermia maligna. Estes autores desenvolveram um teste não invasivo, baseado em PCR-RFLP (reação em cadeia de polimerase – polimorfismos do comprimento dos fragmentos de restrição), que permite diferenciar três genótipos: HAL^{NN} (normal dominante), HAL^{Nn} (normal heterozigoto) e HALⁿⁿ (sensível recessivo) e com este material tornou possível efetuar estudos de freqüência do gene Halotano nas diferentes raças de suínos. Sabe-se atualmente, que este gene mutado está relacionado a uma maior produção de carne magra, mas de pior qualidade, com uma menor capacidade de retenção de água (CRA) (ANTUNES, 2001). Os suínos heterozigotos apresentam um rendimento de carne significativamente maior que os homozigotos dominantes, e isso têm efeito significativo na composição das carcaças (ANTUNES, 1997; DE SMET et al., 1998).

3. QUALIDADE DA CARNE SUÍNA

Qualidade de carne é um conceito bastante complexo que varia de acordo com as características de cada consumidor e possui muitas variáveis como composição nutricional, sanidade, características físicas, apresentação, embalagem, facilidade de uso, entre outras (VIEIRA, 1999). As características de qualidade são afetadas tanto com o animal vivo, quanto durante e após o abate. Fatores como idade, sexo, nutrição e principalmente o estresse decorrente da apanha dos animais, transporte, temperatura ambiente, tempo de jejum, afetam a composição da carcaça dos animais (KAUFFMAN; MARSH, 1987).

Segundo Bridi e colaboradores (2003), a qualidade da carne é uma medida das características desejadas e valorizadas pelo consumidor, além dos aspectos sensoriais e tecnológicos, considerações éticas dos sistemas de criação e o impacto que estes provocam no meio ambiente.

A indústria brasileira classifica a carne em categorias bem definidas: RFN (vermelha, firme e normal ou ideal); RSE (vermelha, mole e exsudativa), DFD (escura, dura e seca) e PSE (pálida, mole e exsudativa) que é o problema mais freqüente encontrado nos frigoríficos, tanto para produtos *in natura* quanto para processados, principalmente para os embutidos cozidos (PELOSO, 1999).

Os prejuízos econômicos da carne PSE estão relacionados à sua utilização na elaboração de produtos cárneos, principalmente pela possibilidade da rejeição dos processados, itens que mais agregam valor para a indústria da carne, pois esta matéria-prima pode ser destinada até certo limite para a elaboração de alguns produtos e certos tipos de emulsionados, mas é inadequada para a elaboração de presunto cozido e outros produtos curados cozidos (LARA et al., 2003; MAGANHINI et al., 2006).

Essas classificações da carne ou variações de qualidade são determinadas por diversos fatores externos e/ou internos ao indivíduo como: a genética (presença ou não do gene HAL); a idade; o sexo; manejo alimentar e geral; transporte (ANDRADE et al., 1993); manejo pré e pós-abate; métodos de atordoamento (VELARDE, 2000); processamento da carcaça (SOUZA, 1998); duração e temperatura de estocagem da carne em câmaras frias (BRESSAN et al., 1992) e até a forma de cozinhar.

Diferentemente do volume de carne, a qualidade é um conceito composto e muito difícil de definir e medir de modo simples e único, incluindo aspectos objetivos, tais como: cor, pH inicial (de 45 minutos à uma hora após o abate), pH final (24 horas após abate), capacidade de retenção de água e gordura intramuscular; e também aspectos subjetivos, tais como: maciez, suculência, aparência da carne e resistência à mastigação. Segundo a NPPC (1998), os alvos de qualidade da carne seriam os seguintes: coloração entre 3 e 5 numa escala de 6 pontos; pH entre 5,6 e 5,9; maciez menor que 3,2kg, marmorização de 2 a 4% e perda de água (*drip loss*) não excedendo 2,5%.

Todas estas características são importantes, pois estão relacionadas à aceitabilidade, palatabilidade e perdas que ocorrem durante o processamento e armazenamento. Portanto, a qualidade da carne suína deve ser aperfeiçoada para

que satisfaça igualmente ao consumidor e ao processador de carne, assegurando sua aceitação (MONTEIRO, 2007).

3.1 pH

Ocorrido o abate, a carne continua em processo bioquímico, no qual o condutor energético do músculo é transformado em glicogênio lático por meio da ação de várias enzimas (SARCINELLI; VENTURINI; SILVA, 2007). O aumento da concentração de ácido lático que acompanha esse processo resulta num decréscimo rápido no valor do pH do tecido muscular (HONIKEL; KIM, 1986). A extensão e velocidade da queda do pH depende da natureza e condições do músculo no momento em que cessa a circulação sanguínea (PEARSON, 1971). O pH medido 24 horas após o abate (pH24h) deve estar entre 5,3 a 5,7, para que a carne tenha uma boa palatabilidade, maciez e cor desejável (LAWRIE, 1958).

O valor do pH de um músculo vivo varia de 7,0 a 7,2. Na conversão do músculo em carne, o pH muscular reduz, e o valor final deste pH é importante na determinação da qualidade da carne suína. O pH geralmente é medido aos 45 minutos (pH45) e 24 horas após o abate (pH24) (AGROCERES PIC, 1997).

O pH é uma das características mais importantes referente à qualidade das carnes. Seu efeito está diretamente ligado à capacidade de retenção de água, à cor e à estrutura dos músculos. Vários fatores interferem na glicólise *post mortem* e na velocidade da queda do pH. O manejo inadequado pré-abate, a predisposição genética (Síndrome do Estresse Suíno) e o metabolismo elevado de alguns animais, entre outros, aceleram o processo de glicólise. Isto ocorre devido à liberação de catecolaminas (adrenalina e noradrenalina) na corrente sangüínea do animal que estimulam a degradação da glicose muscular a ácido lático ocasionando a queda do pH (SILVEIRA, 1997).

O decréscimo do pH é seguido por um processo de desnaturação protéica, devido à temperatura do músculo estar próxima do estado fisiológico ($> 38^{\circ}\text{C}$) e à uma decomposição acelerada do glicogênio antes e após o abate favorecem o estabelecimento da condição de carne *Pale, Soft and Exsudative* (PSE) (SCHÄFER et al., 2002; HONIKEL; KIM, 1986). A desnaturação se causada pela temperatura é

irreversível, mas se causada pelo pH é reversível e pode ser prevenida com um aumento do pH muscular (ZHU; BREWER, 2002).

As mudanças mais bruscas do lactato contido no músculo são observadas quatro horas *post mortem* (SCHÄFER et al., 2002) e caso o pH se encontre abaixo de 5,8 nas primeiras 4 horas, teremos a carne PSE, caracterizada pela má retenção de água (SARCINELLI; VENTURINI; SILVA, 2007). De acordo com Felicio e colaboradores (1986), o pH da carne de suínos abatidos em situações de estresse tendem a apresentar uma queda brusca no pH, podendo atingir um pH de 5,3 em 10 minutos.

3.2 Cor

A cor é um indicativo freqüente da qualidade da carne pelo fato de estar relacionada com a atratividade, portanto a cor da carne fresca é de grande interesse para a indústria de carnes (WARNER; KAUFFMAN; RUSSELL, 1993). O consumidor considera a cor clara na carne suína como indesejável. Varejistas classificaram a variação da cor como o mais importante defeito de qualidade (BREWER; MCKEITH, 1999). Pode ser classificada visualmente por uma pessoa treinada usando uma escala de cor (o National Pork Producers Council desenvolveu uma pontuação de cor variando de 1 a 5) ou objetivamente, com a utilização de colorímetros (MONTEIRO, 2007).

Esta característica é de natureza tridimensional, consistindo de três atributos, freqüentemente chamados de luminosidade, tonalidade e saturação. A tonalidade é uma grandeza que caracteriza a qualidade da cor, permitindo diferenciar as cores e distinguir o vermelho do verde, o azul do amarelo, etc. A saturação descreve a intensidade ou quantidade de uma tonalidade, indicando a proporção em que ela está misturada com o branco, preto ou cinza. A luminosidade caracteriza o grau de claridade da cor, indicando se as cores são claras ou escuras (HUNTER ASSOCIATES LABORATORY, 2007).

A cor da carne é aferida pelos pigmentos de mioglobina existentes nos músculos, pela relativa quantidade dos estados redox da mioglobina nas suas formas ali presentes: mioglobina (púrpura), oximioglobina (vermelho-brilhante) e

metamioglobina (marrom-acinzentado) e pela perda de água (MONTEIRO, 2007). A carne de suínos caracteriza-se por possuir cor uniforme, entre rosada e avermelhada, possuindo uma pequena camada de gordura branca (SARCINELLI; VENTURINI; SILVA, 2007). Em um tecido muscular bem sangrado, a mioglobina representa cerca de 80 a 90% do pigmento total. A quantidade desta varia de acordo com a espécie, sexo, idade, tipo de músculo e atividade física do indivíduo (PARDI et al., 2001).

Em geral, a carne dos animais jovens tem menor teor de mioglobina que os indivíduos maduros (mais velhos). Da mesma maneira, os machos inteiros possuem músculos mais ricos em mioglobina que os machos castrados e as fêmeas. A carne dos bovinos apresenta mais mioglobina que a dos suínos, peixes e aves, sendo que nesta última o peito tem menos mioglobina que a coxa e a perna, apresentando-se assim mais claro que os outros (FORREST et al., 1975).

A taxa relativa de oxidação de mioglobina e redução de metamioglobina influenciam no acúmulo desta última e mudança na cor da carne, uma vez que a metamioglobina é importante para a cor da carne fresca (ZHU; BREWER, 2002).

A descoloração ou desenvolvimento incomum da cor pode ocorrer na carne por diversos modos, alguns dos quais são reações químicas normais dos pigmentos. Cortes frescos de carne normalmente mantém uma cor atrativa por cerca de 72 horas se boas práticas de fabricação e estocagem são seguidas (FORREST et al., 1975).

O desenvolvimento de carne PSE é relatado pela alta taxa de glicólise após a morte (LEDWARD; JOHNSTON; KNIGHT, 1992) e excessiva desnaturação de proteínas, que pode ocorrer devido a uma rápida queda do pH e ocorrência de altas temperaturas (JOO et al., 1999).

De acordo com Zhu e Brewer (2002), existe uma interação entre pH, temperatura e cor. Eles observaram que em temperaturas acima de 55°C ocorre um aumento significativo na desnaturação de metamioglobina. Já com temperaturas entre 25-55°C é preciso da interação entre pH e temperatura, uma vez que esta última sozinha não desnatura a metamioglobina. E que temperaturas muito abaixo de 50°C e pH abaixo de 5,6 pode conduzir a uma significante desnaturação de metamioglobina na carne, deixando a mesma com aparência de pálida.

Desta forma, espera-se que em carne PSE tenha-se mais desnaturação de metamioglobina que em carnes consideradas normais ou DFD. A desnaturação se causada pela temperatura é irreversível, mas se causada pelo pH é reversível, isto pode indicar que a ocorrência de carne PSE devido a um rápido declínio de pH *post-mortem* pode ser prevenido com um aumento do pH muscular (ZHU; BREWER, 2002). A injeção de bicarbonato de sódio 15 minutos *pos mortem* em suínos halotano positivos aumenta o pH muscular e pode melhorar a coloração da carne (KAUFFMAN et al., 1998).

Segundo Barbosa e colaboradores (2006), o pH_{45 min}, pH_{24 horas} e cor explicam cerca de 60% da variação total sofrida pela carne após o abate. Monteiro (2007), afirma que as variações (86 - 90%) na cor da carne de suínos são explicadas pelo conteúdo de pigmentos e pelas formas da mioglobina (mioglobina, oximioglobina e metamioglobina). Segundo Lindahl e colaboradores (2001), os valores de luminosidade (L*) e vermelho (a*) apresentam correlações altas com o conteúdo de pigmentos e pelas formas da mioglobina quase na mesma extensão. Os valores de amarelo (b*) apresentam correlações altas com as formas da mioglobina e baixa correlação com o conteúdo de mioglobina.

3.3 Perda por Gotejamento (*Drip Loss*)

A água representa cerca de 65 a 80% da massa muscular no animal vivo. Ela atua como lubrificante, solvente, carreadora de substâncias, mantém a turgidez das células e ainda é o meio ideal onde ocorrem as reações químicas. A maior parte da água está fortemente ligada às proteínas e quando estas não sofrem intensa desnaturação, a água continua ligada durante a conversão do músculo em carne. Esta retenção da água contribui para uma maior suculência e palatabilidade da carne (FORREST et al., 1975). Muitas das características físicas como cor, textura, suculência e maciez são parcialmente dependentes da capacidade de retenção de água.

O *Drip Loss* ou Perda por Gotejamento é influenciado pela permeabilidade da membrana celular à água e outros fatores (desnaturação de proteínas do citoesqueleto) (KRISTENSEN; PURSLOW, 2000). Tem-se sugerido que a

desnaturação da miosina é a causa da alta taxa de perda por exsudação na carne suína PSE (OFFER, 1991). A precipitação de proteínas sarcoplasmáticas e miofibrilas pode ser a causa de um aumento do *drip loss* devido a uma decrescente repulsão entre os filamentos, bem como a origem da perda a partir do fluido no espaço extracelular (HERTOG-MEISCHKE; LAACK; SMULDERS, 1997).

Variações no pH influenciam a Capacidade de Retenção de Água (CRA) devido ao fato de, quando próximo do ponto isoelétrico, os balanços de cargas positivas e negativas poderem se igualar, neutralizando as cargas das proteínas e impedindo a ligação com a água. Em valores de pH distantes do ponto isoelétrico ocorre o inverso (ARAÚJO, 1995). O pH dentro das duas primeiras horas após a morte e 24 horas tem alta significância com a variação do *drip loss*. Além disso, a queda acelerada do pH pode ser causada por uma alta temperatura inicial e a temperatura até duas horas (exceto 30 primeiros minutos) contribui muito na variação do *drip loss* (SCHÄFER et al., 2002).

3.4 Maciez

As propriedades físicas como estrutura, consistência e textura são difíceis de serem mensuradas objetivamente. Esses fatores são normalmente avaliados pelos consumidores por meio dos sentidos da visão, tato e paladar e são tidos por estes como as propriedades organolépticas que mais os interessam (FORREST et al., 1975).

Assim, a maciez é um dos atributos mais importantes a determinar a aceitabilidade de carnes e a satisfação do consumidor. É afetada por três das principais categorias de proteínas da carne: proteínas do tecido conectivo, das quais o colágeno é o principal componente; miofibrilares, principalmente actina e miosina e sarcoplasmáticas. E está intimamente ligada à quantidade de colágeno e seu estado de maturação ou quantidade de ligações cruzadas (intra e intermoleculares) (LAWRIE, 1958; JUDGE et al., 1989).

Vários fatores influenciam na maciez da carne. Os fatores *ante mortem* destacam-se a espécie, idade e sexo, além da genética, da alimentação e do manejo pré-abate dos animais. Entre os fatores *post-mortem* estão o resfriamento, a

taxa de glicólise e a consequente velocidade de queda do pH, quantidade de colágeno e extensão da degradação das proteínas miofibrilares. Outras causas de variação da maciez são decorrentes dos tratamentos tecnológicos aplicados às carcaças no período que se segue ao abate (PARDI et al., 2001; OLIVEIRA, 2000).

As proteínas miofibrilares influenciam na maciez de carnes devido à sua correlação com a CRA e à sua relação com o encurtamento do sarcômero, com a consequente compactação do tecido muscular, especialmente em função dos fenômenos de *Rigor Mortis* e encolhimento pelo frio ou pelo calor (LAWRIE, 1958).

Como é demorado e caro avaliar a maciez utilizando-se um painel sensorial, tem sido utilizado como medida de maciez da carne a força necessária para realizar o corte (força de cisalhamento), utilizando-se a lâmina Warner-Bratzler sobre um cilindro de carne previamente cozido, na direção perpendicular das fibras, (VAN OECKEL et al., 1999).

3.5 Gordura Intramuscular (GIM)

O conteúdo de gordura intramuscular é uma característica muito importante para a satisfação do consumidor da carne suína. Normalmente, as melhores pontuações em painéis sensoriais para suculência de lombos são obtidas naqueles que apresentam maior quantidade de gordura intramuscular, e valores extremamente baixos indicam características de qualidade mais pobres. Fernandez e colaboradores (1999) controlaram algumas fontes de variações (condições de criação, abate e tipo genético) e encontraram que o efeito da gordura intramuscular na qualidade sensorial da carne suína não é regular, e que um mínimo de 2% de gordura intramuscular é necessário para produzir lombos aceitáveis.

Além de influir na suculência da carne, a gordura intramuscular também atua no sabor e na conservação desta, sendo que está relacionada ao tipo de ácido graxo presente em sua constituição, influenciado pela dieta do suíno, seu peso e sexo, dentre outros (GARCÍA-MACÍAS, 1996; BARROS, 2001).

4. GENE HALOTANO x QUALIDADE DE CARNE SUÍNA

As características de qualidade de carne já citadas estão relacionadas a carne PSE, que por sua vez está ligada a predisposição ao estresse (FELÍCIO, 1986). Com base neste fato, muitas pesquisas têm sido conduzidas no sentido de elucidar os aspectos relacionados ao genótipo HAL (ANTUNES, 1997).

Boles e colaboradores (1992), mostraram que animais homozigotos recessivos para o gene Hal apresentam menor solubilidade de miofibrilas que os heterozigotos, o que levaria a uma reduzida taxa de degradação *post mortem* das proteínas estruturais, como titina, que explica, em parte, a menor qualidade desta carne.

Shaw e colaboradores (1994), trabalharam com duas linhagens de suíños, uma selecionada para alto rendimento de carne magra e outra com alto percentual de gordura, com os três genótipos em cada uma. A concentração de cortisol foi medida no sangue e músculos após o abate e concluíram que esta é maior nos animais “gordos” que nos magros, porém não houve diferença entre os genótipos.

Já Erlander e colaboradores (1985), encontraram que os animais HALⁿⁿ possuem maior produção de carne PSE que os HAL^{NN} e HAL^{Nn}. Pommier e Houde (1993), encontraram 88,4% de HAL^{NN}, 11% HAL^{Nn} e 0,6% HALⁿⁿ. Em contrapartida, 67,3% dos animais com carne PSE foram provenientes de suíños HAL^{NN}, 28,7% de HAL^{Nn} e 3,6% de homozigotos recessivos e concluíram que nem todo PSE é causado por Hipertemia Maligna, mas muitos indivíduos HALⁿⁿ produzem carne PSE. Muitas outras pesquisas confirmaram a íntima relação entre os animais portadores do gene HAL e a carne PSE (SILVEIRA, 1996); porém, não explicam totalmente essa condição (WARRIS, 1995).

A remoção dos animais mutados (HALⁿⁿ) da população reduzem de 20% para 16,5% a incidência de PSE, indicando que o defeito genético não é o maior responsável por esse problema e sim, o manejo pré-abate (MACCAW et al., 1994; MURRAY, 1994; CHEAH et al., 1995). Swatland (1995), analisando dados de pH medido 45 minutos após o abate em carne de suíños de várias raças, em diferentes países e anos, questiona o melhoramento das carcaças para carne magra como fator de aumento da freqüência de PSE e acredita que mudanças no método de abate diminuem mais a ocorrência do problema que o genótipo em si.

Leach e colaboradores (1996), mostraram que em animais com peso de abate menores que 100kg os genótipos HAL^{NN} e HAL^{Nn} apresentam menor freqüência de PSE que os HAL^{nn} .

O gene halotano não somente afeta a qualidade da carne de suínos homozigotos recessivos (HAL^{nn}), como também afeta a qualidade da carne de carcaças suínas heterozigotas HAL^{Nn} (SATHER; JONES; TONG, 1991). Os suínos heterozigotos apresentam um rendimento de carne significativamente maior que os homozigotos dominantes, e isso tem efeito significativo para a espessura de toucinho, mostrando que o genótipo HAL^{Nn} é superior ao genótipo HAL^{NN} , quanto à composição das carcaças (ANTUNES, 1997; De SMET et al., 1998). Sather e Jones (1996), não encontraram diferença significativa na espessura de toucinho entre suínos com o genótipo HAL^{NN} e HAL^{Nn} . A espessura de músculo foi cerca de 5 milímetros maior nos suínos heterozigotos (HAL^{Nn}) e a percentagem de carne foi 1% maior.

O genótipo halotano é o fator predominante na determinação da qualidade da carne em relação à condição PSE. Por meio das análises de pH inicial, refletância e perda de líquido, suínos recessivos para o gene halotano (HAL^{nn}) foram sempre diferentes significativamente dos heterozigotos (HAL^{Nn}) e dos normais (HAL^{NN}). O pH inicial e a perda de líquido por gotejamento, dos suínos do genótipo HAL^{Nn} e HAL^{NN} diferiram significativamente, sendo o pH inicial mais baixo nos suínos heterozigotos (HAL^{Nn}) cuja carne também apresentou maior perda de líquido. A carne de suínos heterozigotos (HAL^{Nn}) e homozigotos recessivos (HAL^{nn}) caracteriza-se pela baixa retenção de água e cor pálida, quando comparada com a de suínos normais (HAL^{NN}) (LUNDSTRÖM et al., 1989; SIMPSON; WEBB; DICK, 1987; RUSSO et al., 1994; De SMET et al., 1996 e 1998; SATHER; JONES, 1996).

Verificou-se, analisando o efeito do genótipo halotano, que suínos halotano positivos (HAL^{nn}) apresentaram carcaça com maior porcentagem de carne, porém com qualidade de carne inferior quando comparados com suínos halotano negativos (De SMET et al., 1995; TAM et al., 1998). Quanto ao pH final, nenhuma diferença entre os três genótipos tem sido observada (De SMET et al., 1998; TAM et al., 1998).

Suínos portadores de uma ou duas cópias do gene halotano apresentam valores inferiores de pH na carne logo na primeira hora após o abate, o que provoca um aumento na incidência de carne PSE, sigla internacional para denominar carne de coloração pálida, de textura mole e exsudativa (FISHER et al., 2000; HAMILTON et al., 2002; CULAU et al., 2002).

Comparando os genótipos HAL^{NN} e HAL^{Nn} , Leach e colaboradores (1996) observaram que animais halotano positivos apresentam maior peso de carcaça resfriada e rendimento de carcaça Halotano negativos. Afirmam ainda, que o comprimento de carcaça não é influenciado pelo halotano. Porém, Fisher e colaboradores (2000), encontraram maior comprimento de carcaça nos suínos HAL^{nn} que os HAL^{NN} , não havendo diferenças em relação aos HAL^{Nn} . Pommier e colaboradores (1992) e Sather, Jones e Tong (1991), afirmaram que o gene halotano proporciona carcaças mais curtas e com maior conformação muscular.

Fisher, Mellet e Hoffman (2000), relataram que a espessura de toucinho (ET) diminuiu conforme o aumento da presença de alelos do halotano positivos, sendo maior nos HAL^{NN} e HAL^{Nn} e menor nos HAL^{nn} . Já Channon, Payne e Waner (2000) e Cullau e colaboradores (2002), não encontraram diferença significativa. Estes mesmos autores observaram ainda que a profundidade do músculo *Longissimus dorsi* foi menor em carcaças HAL^{NN} em relação aos HAL^{Nn} e HAL^{nn} . Resultados semelhantes foram encontrados por Fisher, Mellet e Hoffman (2000). Já Leach e colaboradores (1996), não encontraram diferenças entre os genótipos quando analisou essas características.

De acordo com Fisher, Mellet e Hoffman (2000), animais HAL^{nn} possuem maior rendimento de carne que os HAL^{NN} e HAL^{Nn} , que não apresentaram diferença estatística entre si. Já De Smet e colaboradores (1998), observaram que os suínos HAL^{Nn} têm melhor composição de carcaça que os HAL^{NN} .

Assim, a partir do conhecimento do gene HAL em rebanhos suínos, estratégias de produção podem ser traçadas para atender com qualidade o mercado atual, seja ele o consumidor final ou as indústrias alimentícias (BASTOS et al., 2001). O capítulo 2, intitulado “**Influência do gene Halotano sobre a qualidade da carne suína em dois cruzamentos comerciais**” objetivou identificar polimorfismos pela técnica de PCR-RFLP no gene HAL de dois diferentes cruzamentos comerciais

e correlacioná-los à características de qualidade de carne, tais como: cor, perda por gotejamento, pH, porcentagem de carne magra e gordura intramuscular.

REFERÊNCIAS

ABIPECS (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA PRODUTORA E EXPORTADORA DE CARNE SUÍNA). **Produção Mundial de Carne Suína.** 2008. Disponível em: <<http://www.abipecs.org.br/>>. Acesso em 26 de junho de 2008.

AGROCERES PIC. **Qualidade da carne suína.** 1997. 2 p. (Informe Técnico – traduzido e adaptado do Technical Update of Pig Improvement Company).

ANDRADE, J.; REMY, C.; NICOLAIIEWSKY, S.; OURIQUE, J. M. R.; CULAU, P. O. V.; BRESSAN, M. C. Levantamento e análise de alguns fatores pré e pós abate determinantes de anomalias na qualidade da carne suína. I Efeito da distância granja-frigorífico, tempo de descanso, sexo e peso vivo. In: **VI Congresso Brasileiro de Veterinários Especialistas em Suínos**, 1993, Goiânia-GO, p. 132.

ANTUNES, R.C. **O efeito do genótipo HAL sobre o rendimento de carne em partes da carcaça de suínos cruzados.** Uberlândia: 1997. 64p. Dissertação (Mestrado em Genética e Bioquímica) - Programa de Pós-graduação em Genética e Bioquímica, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 1997.

ANTUNES, R. C., et al. **Uma nova metodologia para estimar o rendimento de carne magra na carcaça de suínos de maneira rápida, simples e confiável.** 2001. Disponível em: <<http://www.topigs.com.br/>>. Acesso em 27 de agosto de 2007.

ANTUNES, R. C. O futuro da qualidade de carne no Brasil e a pesquisa com qualidade. **Revista Pork World**, n. 32, mai.-jun., 2006.

ARAÚJO, M.A. **Química de alimentos: teoria e prática.** Viçosa : Imprensa Universitária, 335p., 1995.

BARBOSA, L.; LOPES, P.S.; REGAZZI, A.J.; GUIMARÃES, S.E.F.; TORRES, R.A. Avaliação de características de qualidade de carne de suínos por meio de componentes principais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1639-1645, 2006.

BARROS, L. B. Efeito de níveis de lisina da dieta sobre a qualidade da carne de fêmeas suínas abatidas em diferentes pesos. 2001. 74 p. **Dissertação** (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

BASTOS, R.G.; FEDERIZZI, J.; DESCHAMPS, J.C.; CARDELLINO,R.A.; DELLAGOSTIN, O.A. Efeito do Gene do Estresse Suíno sobre Características de Quantidade e Qualidade de Carcaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, n.30, v.1, p.37-40, 2001.

BOLES, J.A.; PARRISH, F.C.; HUIATT, T.W.; ROBSON, R.M. Effect of porcine stress syndrome on the solubility and degradation of myofibrillar/cytoskeletal proteins. **Journal of Animal Science**, n.70, p.454-464, 1992.

BRESSAN, M.C.; CULAU, P.O.V.; OURIQUE,J.M.R.; NICOLAIIEWSKY, S. Effect of between bleeding and the entry of carcasses in chilling chamber and chilling rates on pork quality. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, France. **Anais...** 1992, v.2, p.165-168.

BRIDI, A.M.; RUBENSAM, J.M.; NICOLAIIEWSKY, S.; LOPES, R.F.F.; LOBATO, J.F.P. Efeito do genótipo halotano e de diferentes sistemas de produção na qualidade da carne suína. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 6, 2003 . Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/rbz/v32n6/18425.pdf> >. Acesso em 30 de dezembro de 2008.

BREWER, M.S.; McKEITH, F.K. Consumerrated quality characteristics as related to purchase intent of fresh pork. **Journal of Food Science**, v.64, n.1, p.171-174, 1999.

CHANNON, H.A.; PAYNE, A.M.; WARNER, R.D. Halothane genotype, preslaugther handling and stunning method all influence pork quality. **Meat Science**, v.56, p.291-299, 2000.

CHEAH, K.S.; CHEAH, A.M.; KRAUSGRILL, D.I. Effect of dietary supplementation of vitamin E on pig meat quality. **Meat Science**, v.39, p.255-264, 1995.

CULAU, P.O.V.; LÓPEZ, J.; RUBENSAM, J.M.; LOPES, R.F.F.; NICOLAIIEWSKY,S. A contribuição do gene Halotano sobre as características de qualidade da carne suína. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, n.1, p.115-119, 2002.

DE SMET, S.; PAUWELS, H.; VERVAEKE, I.; DEMEYER, D.; BIE, S. DE; EECKHOUT, W.; CASTEELS, M. Meat and carcass quality of heavy muscled belgian slaughter pigs as influenced by halothane sensitivity and breed. **Animal Science**, Barking,v.61, n.1, p.109-114, 1995.

DE SMET, M.S.; PAUWELS, H.; BIE, S. Effect of Halothane genotype, breed, feed withdrawal, and lairage on pork quality of belgian slaughter pigs. **Journal of Animal Science**, v.74, n.8, p.1854-1863, 1996.

DE SMET, S.; DE VOORDE, G.; VAN DE SPINCEMAILLE, G.; BERCKMANS, D. Meat and carcass quality in two pigs lines of different stress susceptibility genotype and their crosses. **Animal Science**, Barking, v.66, n.2, p.441-447, 1998.

ERLANDERS, M.G.; PARLIMAN, J.A.; DRAPER, D.D.; CHRISTIAN, L.L.; MURRIN, L.C.; PFEIFFER, R.F.; BEITZ, D.C. Effects of L-dopa supplementation on concentrations of brain catechols, dopamine receptor binding and the incidence of pale, soft and exsudative meat in stress-susceptible pigs. **Journal of Animal Science**, n.61(4), p.914-923, 1985.

FAO. Disponível em: < <http://www.fao.org/newsroom/en/news/2007> >, Acesso em: 01 nov. 2007.

FELÍCIO, P. E.; CORTE, O.; FÁVERO, J. A.; FREITAS, A. R. Equações de predição da percentagem de carne magra em carcaças suínas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 6, n.1, p. 17-30, 1986.

FERNANDEZ, X.; MONIN, G.; TALMANT,A.; MOUROT, J.; LEBRET, B. Influence of intramuscular fat content on the pig meat - 1. Composition of the lipid fraction and sensory characteristics of m. *Longissimus Lumborum*. **Meat Science**, Barking, v.53, n. 1, p. 59-65, 1999.

FORREST, J.C.; ABERLE, E.D.; HEDRICK, H.B.; JUDGE, M.D.; MERKEL, R.A. **Principles of meat science**. San Francisco:Ed. W.H. Freeman and Company, 1975. 402p.

FISHER, P.; MELLET, F.D.; HOFFMAN, L.C. Halothane genotype and pork quality. 1. Carcass and meat quality characteristics of three halothane genotypes. **Meat Science**, v.54, p.9-105, 2000.

FUJI, J.; OTSU, K.; ZORZATO, F.; DE LEON, S.; KHANNA, V.K.; WEILER, J.E.; O'BRIEN, P.J.; MACLENNAN, D.H. Identification of a mutation in porcine ryanodine receptor associated with malignant hyperthermia. **Science**, v.253, n.2, p.448-451, 1991.

GARCIA-MACIAS, J. A. The effects of cross, slaughter weight and halothane genotype on leanness and meat and fat quality in pig carcasses. **Animal Science**, Penicuik , v. 63, n. 3, p. 487-496, 1996.

HAMILTON, D.N.; ELLIS, M.; HEMANN, M.D.; McKEITH, F.K.; MILLER, K.D.; PURSER, K.W. The impact of longissimus glycolytic potential and short-term feeding of magnesium sulfate heptahydrate prior to slaughter on carcass characteristics and pork quality. **Journal Animal Science**, v.80, n.6, p.1586-1592, 2002.

HERTOG-MEISCHKE, M.J.A.; LAACK, R.J.L.M.; SMULDERS, F.J.M. The water-holding capacity of fresh meat. **The Veterinary Quartely**, v.19, n.4, p.175-181, 1997.

HONIKEL, K.O.; KIM, C.J. Causes of the development of PSE pork. **Fleischwirts**, v.66, p.349-353, 1986.

HUNTER ASSOCIATES LABORATORY. **Solutions by instrument**. Disponível em: <<http://www.hunterlab.com/>>. Acesso em 12 de julho de 2007.

JOO, S.T.; KAUFFMAN, R.G.; KIM, B.C.; PARK, G.B. The relationship of sarcoplasmic and myofibrillar protein solubility to color and water-holding capacity in porcine longissimus muscle. **Meat Science**, v.52, p.291-297, 1999.

JUDGE, M.; ABERLE, E. D.; FORREST, J. C.; HEDRICK, H. B.; MERKEL, R. A. (Ed.) **Principles of Meat Science**. 351 p. Dubuque: Kendall/Hunt, 1989.

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**. Connecticut: Food & Nutrition Press, Inc., Westport, 1987.

KAUFFMAN, R.G.; VAN LAACK, R.L.J.M.; RUSSEL, R.L.; POSPIECH, E. CORNELIUS, C.A. SUCKOW, C.E.; GREASER, M.L. Can pale, soft, exsudative pork be prevented by post mortem sodium bicarbonate injection? **Journal of Science Animal**, v.76, p.3010-3015, 1998.

KRISTENSEN, L.; PURSLOW, P.P. The effect of ageing on the water-holding capacity of pork: role of cytoskeletal proteins. **Meat Science**, v.58, p.17-23, 2000.

LARA, J. A. F.; SOARES, A. L.; IDA, E. I.; OLIVO, R.; SHIMOKOMAKI, M. Carnes PSE(Pale, Soft, Exudative) em Suínos e Aves uma Abordagem Comparativa. **Boletim SBCTA**, Campinas, 37(1): 36-39, jan.-jun., 2003.

LAWRIE, R.A. Physiological stress in relation to dark-cutting beef. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.9, p.721-727, 1958.

LEACH, L.M.; ELLIS, M.; SUTTON, D.S.; MCKEITH, F.K.; WILSON, E.R. The growth performance, carcass characteristics and meat quality of halothane carrier and negative pigs. **Journal of Animal Science**, v.74, p.934-943, 1996.

LEDWARD, D.A.; JOHNSTON D.E.; KNIGHT, M.K. **The chemistry of muscle-based foods**. Cambridge: The Royal Society of Chemistry, p.128-144 1992.

LINDAHL, G.; LUNDSTROM, K.; TORNBERG, E. Contribution of pigment content, myoglobin forms and internal reflectance to the color of pork loin and ham from pure breed pigs. **Meat Science**, Barking, v. 59, n. 2, p.141-151, 2001.

LUNSDTRÖM, K.; ESSÉN-GUSTAVSSON, B.; RUNDGREN, M., *et al.* Effect of halothane genotype on muscle metabolism at slaughter and its relationship with meat quality: a within-litter comparison. **Meat Science**, Barking, v.25, p.251-263, 1989.

MacCAW, J.C.; McKEITH, F.K.; CARR, T.R.; ELLIS, M. The effects of muscle condition, temperature and pH on the color and water-holding capacity of fresh pork. **Reciprocal Meat Conference Proceedings**, n.47, p.85, 1994.

MacLENNAN, D.H.; PHILIPPS, M.S. Malignant hyperthermia. **Science**, n.256, p.789-793, 1992.

MAGANHINI, M. B.; GUARNIERI, P. D.; SOARES, A. L.; MARIANO, B.; SHIMOKOMAKI, M.; IDA, E. I. Ocorrência de PSE e DFD na Carne Suína. **Revista Nacional da Carne**. n. 350, p. 24-30, abr., 2006.

MICKELSON, J.R.; LOUIS, C.F. Malignant hyperthermia: excitation-contraction coupling, Ca++ release channel and cell Ca++ regulation defects. **Physiological Reviews**, n.76(2), p.537-592, 1996.

MONTEIRO, J.M.C. Desempenho, composição da carcaça e características de qualidade da carne de suínos de diferentes genótipos. **Tese** (Doutorado). Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, São Paulo, 2007. 111p.

MURRAY, A. Genetic mutation not answer to PSE problem. **International Pigletter**, n.14(1), p.1-2, 1994.

NPPC. National Pork Producers Council. **Pork quality targets**. Des Moines, 1998.

OFFER, G. Drip losses in pork meat. **Meat Science**, v.30, p.157, 1991.

OLIVEIRA, A.L. Maciez da carne bovina. **Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia**, n.33, p7-18, 2000.

OURIQUE, J. M. R.; NICOLAIIEWSKY, S. Características fisico-químicas e organolépticas e suas relações na avaliação de qualidade de carne suína. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 19, n. 2, p. 118-125, 1990.

PARDI, M.C.; SANTOS, I.F.; SOUZA, E.R.; PARDI, H.S. **Ciência, higiene e tecnologia da carne**. Goiânia: EDUFF/UFG, v.1, 586p., 2001.

PEARSON, A. M. Muscle function and *post-mortem* changes. In: PRICE, J. F.; SCHWEIGERT, B. S. **The Science of meat and meat products**. 2.ed. San Francisco: freeman and company, p.208-229,1971.

PELOSO, J. V. **Qualidade da Carne**. 1999. Disponível em:
<http://www.bichoonline.com.br/artigos/gsuino0013.htm>. Acesso em 14 de agosto de 2007.

POMMIER, S.A.; HOODE, A. Effect of the genotype for malignant hyperthermia as determined by a restriction endonuclease assay on the quality characteristics if commercial pork loins. **Journal of Animal Science**, n.71, p.420-425, 1993.

POMMIER, S.A.; HOODE, A.; ROUSSEAU, F.; SAVOIE, Y. The effect of the malignant hyperthermia genotype as determined by a restriction endonuclease assay on characteristics of commercial crossbred pigs. **Canadian Journal of Animal Science**, v.72, p.973, 1992.

ROPPA, L. Brasil: características do 4º maior produtor e exportador mundial de carne suína, 2007. Disponível em: < www.porkexpo.com.br/index.php/pasta/18/ >. Acesso em: 12 fev 2008.

RUBENSAM, J. M. Transformações *post-mortem* e qualidade da carne suína. In: **CONFERÊNCIA VIRTUAL INTERNACIONAL SOBRE QUALIDADE DE CARNE SUÍNA**, 1., 2000. Disponível em: < <http://www.cnpsa.embrapa.br/html> >. Acesso em 26 de junho de 2008.

RUSSO, V., NANNI, C.L., DALL'OLIO, S. Effect of the halothane gene in heterozygote pigs on ham meat quality. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 40, 1994, The Hague. **Abstracts...** The Hague : ICoMST, 1994. p.45.

SARCINELLI, M.F; VENTURINI, K.S.; SILVA, L.C. **Características da Carne Suína**. Espírito Santo: Universidade Federal do Espírito Santo, 2007. 7p. (Boletim Técnico, PIE-UFES:00907).

SATHER, A.P., JONES, S.D.M., TONG, A.K.W. Halothane genotype by weight interactions on pig meat quality. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v.71, n.3, p.645-658, 1991.

SATHER, A.P., JONES, S.D.M. The effect of genotype on feedlot performance, carcass composition, and lean meat quality from commercial pigs. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v.76, n.4, p.507-516, 1996.

SCHÄFER, 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, 2002.

SHAW, F.D.; TROUT, G.R.; MCPHEE, C.P. Plasma and muscle cortisol measurements as indicators of meat quality and stress in pigs. **Meat Science**, n.39, p. 237-246, 1994.

SILVEIRA, E.T.F. Impacto da qualidade na industrialização da carne suína. In: **CONFERÊNCIA INTERNACIONAL SOBRE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO E INDUSTRIALIZAÇÃO DE SUÍNOS**, 2., 1996, Campinas. **Anais....** Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1996. p.99-122.

SILVEIRA, E.T.F. **Técnicas de abate e seus efeitos na qualidade da carne suína.** Campinas, 1997. 247 p. Tese (Doutorado) – Faculda de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1997.

SIMPSON, S. P.; WEEB, A. J.; DICK, S. Evaluation of large white and Duroc boars as terminal sires under two different feeding regimes. **Animal Production**, v. 45, n. 1, p.111-116, 1987.

SOUZA, N. D., et al. Effect of on-farm and pré-slaugther handling of pigs on meat quality. **Australian Journal Agricultural Research**, Collingwood, n. 49, p. 1021-1025, 1998.

SWATLAND, H.J. **On-line evaluation of meat.** A Techonomic publication, Lancaster, Pennsylvania, 47p., 1995.

TAM, L.G., BERG, E.P., GERRARD, D.E. Effect of halothane genotype on porcine meat quality and myoglobin antioxidation. **Meat Science**, Barking, v.49, n.1, p.41-53, 1998.

VAN OECKEL, M. J.; WARNANTS, N.; BOUCQUÉ, C. V. Pork tenderness estimation by taste panel, warner-bratzle shear force and on- line methods. **Meat Science**, Barking, v.53, n. 4, p. 259-267, 1999.

VIEIRA, S.L. Considerações sobre as características de qualidade de carne de frango e fatores que podem afetá-la. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36, 1999, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: UFRS, 1999. Disponível em: <www.sbz.org.br/eventos/PortoAlegre/homepagesbz/Sergio.htm>. Acesso em 30 de outubro 2008.

VELARDE, A., et al. The efect of stunning method on the incidence of PSE meat and haemorrhages in pork carcasses. **Meat Science**, Barling, v.55, p. 309-314, 2000.

WARNER, R.D.; KAUFFMAN, R.G.; RUSSELL, R.L. Quality attributes of major porcine muscles: a comparison with the Longissimus lumborum. **Meat Science**, v.33, n.3, p.359-372, 1993.

WARRIS, P. New developments in He preslaughter handling of pigs. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL SOBRE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE

PRODUÇÃO E INDUSTRIALIZAÇÃO DE SUÍNOS, 1., 1995, Campinas. **Anais ...**
Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1995. p.81-107.

WOLTERSDORF, W.; TROEGER, K. **Mejoramiento de la capacidad de la carne PSE de cerdos mediante refrigeración extra rápida.** Fleischwirtschaft, Español, n. 1, p. 29-37, 1990.

ZHU, L.G.; BREWER, M.S. Effects of pH and temperature on metamyoglobin solubility in a model system. **Meat Science**, v.61, p.419-424, 2002.

CAPÍTULO 2

INFLUÊNCIA DO GENE HALOTANO SOBRE A QUALIDADE DA CARNE SUÍNA EM DOIS CRUZAMENTOS COMERCIAIS

Influência do gene Halotano sobre a qualidade da carne suína em dois cruzamentos comerciais

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do gene halotano sobre as características de qualidade da carne suína. Foram utilizadas 115 meias-carcaças de dois diferentes cruzamentos comerciais de suínos, dentre os quais, 46 carcaças apresentaram genótipo halotano homozigoto dominante (HAL^{NN}) e 69 heterozigotos (HAL^{Nn}). As medidas de espessura de toucinho, percentagem de carne magra, peso da carcaça, pH medido 24 horas após o abate (pH24h), cor, perda de líquido por gotejamento e extração de DNA foram efetuadas no músculo do pernil (*M. Semimembranosus*). Observou-se que os suínos com genótipo HAL^{Nn} apresentaram menor espessura de toucinho e maior percentual de carne magra que os suínos do genótipo HAL^{NN} , porém exibiram uma qualidade de carne inferior à dos suínos HAL^{NN} . O pH 24h foi menor em suínos HAL^{Nn} e apenas nessa característica analisada o tipo de cruzamento influenciou os resultados. A cor da carne foi mais pálida em animais HAL^{Nn} e a perda por gotejamento foi maior naqueles portadores do alelo n, e a gordura intramuscular não esteve relacionada com o genótipo halotano. Podendo-se concluir que os suínos portadores do alelo recessivo do gene halotano apresentam maior quantidade de carne, porém com parâmetros de qualidade inferiores aos desejados pelos consumidores e indústrias.

PALAVRAS-CHAVE: Gene da Síndrome do Stress Suíno; PSE; PCR-RFLP

INTRODUÇÃO

A carne suína vem liderando o ranking do consumo mundial de proteína animal devido aos vários aspectos que facilitam sua transformação, oferecendo várias opções de venda. A comercialização dessa carne no mercado internacional sofreu uma significativa ampliação, as exportações dobraram em apenas oito anos e o Brasil, que contribui com 14% da produção mundial, é o quarto maior exportador dessa carne (ABIPECS, 2008). O que sustenta essa posição no cenário mundial é que os produtos nacionais são de razoável à boa qualidade e produzidos a baixo custo, o que possibilita alcançar preços mais competitivos; porém, continua-se embarcando esses produtos para países com pouca exigência em qualidade e com baixa remuneração sobre o produto final (ANTUNES, 2001).

A exportação para mercados mais exigentes em sanidade, bem-estar animal e às tecnologias empregadas no abate e processamento da carne como o Japão, Estados Unidos e Europa, é o principal foco de grandes empresas nacionais do setor que investem em recursos que garantam melhorias na qualidade visando melhor remuneração sobre o produto.

O Brasil terá acesso a esses mercados mais exigentes e é necessário que o país esteja preparado para uma maior cobrança de nossa agroindústria por carne de melhor qualidade. Não se buscará apenas boa conversão alimentar dos terminados, ganho de peso compatível com a área disponível para alojamento, redução da mortalidade, entre outros. Serão incorporadas ao sistema de produção novas metas para a qualidade da carne, sejam elas, quantitativas, qualitativas ou organolépticas (ANTUNES, 2001).

Os desvios de qualidade da carne suína são causados por fatores genéticos e ambientais, contudo, um grande desafio na variação dessa qualidade é enfrentado pelos frigoríficos de todo o mundo com relações de causa e efeito bem evidentes como a síndrome do estresse suíno (PSS), a carne pálida, mole e exsudativa (PSE) e o gene Halotano (HAL) (PELOSO, 1999).

O gene Halotano, além de determinar a maior predisposição a Síndrome do Estresse em suínos, é responsável por carcaças com maior proporção de carne magra, mas relacionado à produção de carne PSE (do inglês: pale, soft and

exudative) um problema grave para a industrialização de carnes. O gene Halotano não somente afeta a qualidade da carne de suínos homozigotos recessivos (HAL^{nn}), como também afeta a qualidade da carne de carcaças suínas heterozigotas HAL^{Nn} (SATHER; JONES; TONG, 1991).

Pesquisas são necessárias para o aprimoramento das técnicas de produção de carne de boa qualidade a fim de se alcançar mercados mais exigentes e maior rentabilidade sobre o produto nacional (ANTUNES, 2001), visando traçar estratégias de cruzamentos para se reduzir ao máximo, a incidência de problemas de qualidade de carne que afetem diretamente os ganhos da indústria brasileira e garantir a produção de carne com o mínimo de incidência de problemas que possam comprometer sua qualidade até alcançar o consumidor final.

O objetivo deste trabalho foi identificar polimorfismos pela técnica de PCR-RFLP no gene HAL de dois diferentes cruzamentos comerciais e correlacioná-los a características de qualidade de carne, tais como: cor, perda por gotejamento, pH, porcentagem de carne magra e gordura intramuscular.

MATERIAIS E MÉTODO

Animais

Os animais estudados foram produzidos em granjas comerciais integradas do Frigorífico Cotrijuí, localizada nas proximidades da cidade de São Luiz Gonzaga – RS, criados dentro dos padrões de sanidade, bem estar e ambiência animal exigidos pelo órgão público competente, e pertencentes a dois diferentes grupos de cruzamentos:

Grupo A – 58 animais híbridos originários do cruzamento de macho Pietrain Alemão puro X Fêmea comercial (que apresenta genética Pietrain na linha materna e livre do gene Halotano).

Grupo B – 57 animais híbridos oriundos do cruzamento de Macho 75 % Pietrain e 25% Duroc X a mesma fêmea comercial livre do gene HAL.

Abate

Realizado no Frigorífico Cotrijuí, localizado em São Luiz Gonzaga - RS, o qual possui Serviço de Inspeção Federal (SIF). O transporte dos animais ao frigorífico foi feito em caminhões especiais e seguindo o correto manejo pré-abate. No curral de descanso permaneceram 12 horas sob dieta hídrica e antes do abate passaram por um corredor com chuveiros para minimizar o efeito do calor e facilitar a insensibilização, que foi elétrica em dois pontos (no primeiro ponto a voltagem de 438V e a amperagem de 0,69A e no segundo ponto de 106V e 0, 57A num intervalo de cinco segundos). Em seguida, realizou-se a sangria, a escaldagem a 62°C por 3 segundos, toalete (retirada dos pêlos) e a evisceração. Os animais foram pendurados pelo pé esquerdo e armazenados em câmara refrigerada entre 4 e 10°C.

Coleta e preparação das amostras

Após 24 horas do abate, foram coletadas as medidas de pH, espessura do toucinho e carne magra nas carcaças, e ainda, retiradas amostras de carne (músculo do pernil – *M. Semimembranosus*) para as análises de cor, gordura intramuscular, perda por gotejamento e extração do DNA para o estudo do gene Halotano. Todas as medidas e amostras foram obtidas das meias-carcaças direita dos animais, conforme figura abaixo.

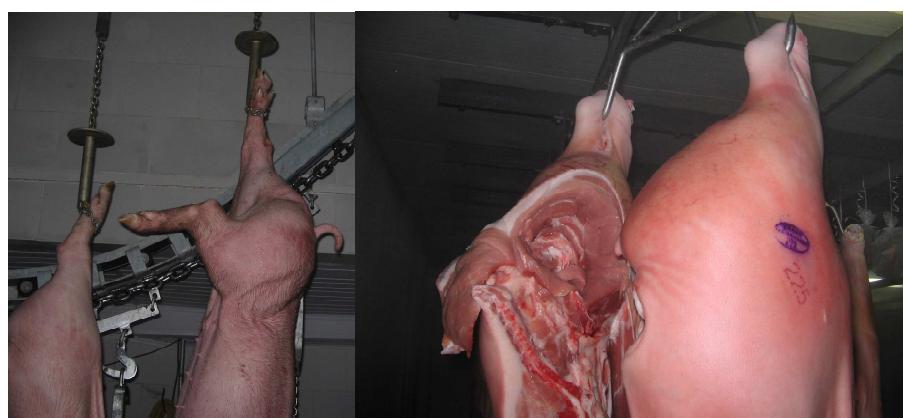


Figura 1. Animais pendurados pelo pé esquerdo e amostras retiradas do pernil da meia-carcaça direita.

Avaliação do pH

O pH foi medido por pHmetro da marca Tradelab, modelo Testo 205, portátil e específico para carne, após 24 horas do abate no músculo do pernil (*M. semimembranosus*) da meia carcaça direita (Figura 2).



Figura 2. Coleta do pH 24 horas após o abate no músculo do pernil direito.

Porcentagem de Carne Magra (%CM)

Para a determinação da porcentagem de carne magra dos animais envolvidos neste trabalho utilizou-se dois métodos distintos: o da régua e o da pistola. No primeiro, com o auxílio de uma régua mediu-se a espessura do toucinho (ET) após 24 horas do abate na meia carcaça direita conforme Antunes (2002). E no segundo, obteve-se a porcentagem de carne magra (%CM) com o auxílio de uma pistola neozelandesa, a HGP (Henessey Grading Probe).

Medida de Cor

A cor da amostra (carne) foi classificada visualmente, segundo o padrão adotado pela indústria Nippon Ham, o qual é utilizado mundialmente. Este padrão

possui uma escala de 1 a 6 (Figura 3), sendo a cor da carne suína ideal a de número 3, as cores 1 e 2 são mais fracas e podem ser utilizados para avaliar a carne suína PSE. O número 4 ainda se encontra dentro do limite apesar de um pouco escuro. As de número 5 e 6 são comuns em casos de carne suína DFD e em animais pesados e velhos.

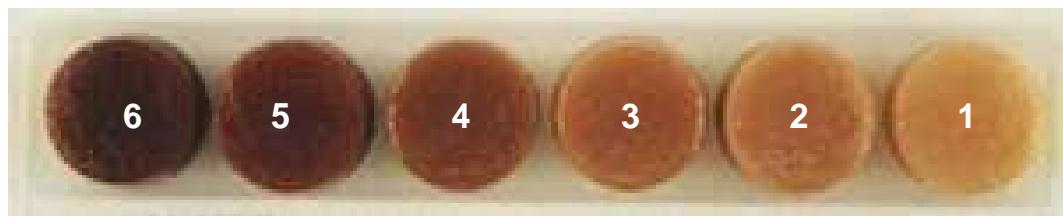


Figura 3. Modelo de cera do Padrão Japonês da Cor da Carne Suína (JPCS).

Perda de água por Gotejamento (*Drip Loss*)

Após 24 horas do abate foi coletado um cubo 4 x 4 cm do músculo do pernil (*M. Semimembranosus*) e pesado para se obter o peso inicial, este peso esteve entre 80 e 100g, conforme especificado no *Pork Composition and Quality Assessment Procedures of American Meat Science Association* (NPPC, 2000). Estes cubos de carne foram envolvidos por uma embalagem plástica, do tipo saco, de modo que ficasse pendurados e que o líquido (sangue) perdido fosse retido na embalagem (Figura 4). A amostra permaneceu pendurada por 48 horas numa temperatura entre 2 e 4 °C.



Figura 4. Foto do procedimento da técnica *Drip Loss*.

Após estas 48 horas a carne foi seca utilizando-se papel toalha e pesada novamente obtendo-se o peso final (após a perda de líquido por gotejamento). O cálculo da porcentagem de perda por gotejamento foi feito pela diferença do peso final e inicial multiplicado por 100 ($P_f - P_i \times 100$). Estas amostras foram embaladas em sacos plásticos com devidas identificações e congeladas para posterior análise de gordura intramuscular e extração de DNA para genotipagem do Halotano.

Gordura Intramuscular (Extrato Etéreo)

O percentual de gordura intramuscular foi obtida pela determinação do Extrato Etéreo por meio do método de Goldfish, segundo o Manual de Procedimentos Analíticos do Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal (BRASIL, 1998), realizada no Laboratório de Nutrição Animal da Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Uberlândia. A amostra congelada após a análise de *Drip loss* foi descongelada e retirada uma pequena quantidade (10 mg) para extração de DNA e o restante cortada em cubos para secagem em estufa a 55 °C por 72 horas para retirada de umidade e moída em moinho. Em seguida, procedeu-se o seguinte protocolo:

1. Foram pesados 5 g da amostra seca e moída acondicionada em cartucho extrator e estes colocados em estufa a 105 °C por 2 horas;
2. O cartucho foi colocado no extrator, adicionado éter de petróleo em quantidade suficiente e o extrator foi ajustado ao condensador e a um balão volumétrico apoiado à uma chapa eletricamente aquecida;
3. A gordura foi extraída por um período de 6 horas à velocidade de condensação (de 2 a 4 gotas por segundo);
4. O balão contendo a gordura extraída foi colocado em estufa a 105 °C por 30 minutos, esfriado em dessecador e pesado;
5. A diferença entre o peso inicial do balão volumétrico e após a extração calculou-se a porcentagem de gordura, conforme a equação a seguir:

$$\text{Extrato etéreo \%} = \frac{A - B}{C} \times 100$$

Onde: A é o peso do balão com gordura;

- B peso do balão vazio e;
C peso da amostra colocada no cartucho de extração.

Extração de DNA

A amostra de músculo coletada para a extração de DNA foi armazenada em tubos plásticos de 2,5mL contendo o conservante TriZOL® e encaminhada ao laboratório Biogenetics, Uberlândia - M.G, para a extração do DNA, seguindo o protocolo descrito abaixo:

Toda a solução de TriZOL® foi transferida para um tubo de 1.5mL, tomando o cuidado para não transferir pedaços do músculo, 0.2mL de clorofórmio para cada 1mL de TriZOL® foi transferido para o tubo contendo a amostra de tecido, e o mesmo agitado vigorosamente em vortex até se obter uma solução rósea de aspecto leitoso. Posteriormente, foi centrifugado a 13.000 x g a 4°C por 15 minutos, observando-se três fases da solução: a primeira, aquosa, contendo o RNA; a interfase branca e leitosa contendo principalmente DNA e a fase inferior rósea contendo predominantemente proteínas.

A fase aquosa superior foi descartada, adicionando 0.3 mL de etanol absoluto para cada 1mL de TriZOL® utilizado inicialmente e foi homogeneizado por inversão. Foi incubado à temperatura ambiente por três minutos e centrifugado por 1900 x g por cinco minutos a 4°C. O sobrenadante foi removido e o pellet resultante lavado com uma solução 0.1 M de citrato de sódio em etanol 10% na proporção 1mL de solução para cada 1mL de TriZOL® utilizado inicialmente. Foi incubado à temperatura ambiente por 30 minutos, com agitação por vórtex a cada dez minutos e centrifugado a 2000 x g por cinco minutos a 4°C. O pellet foi suspenso em etanol 75% na proporção 2mL de etanol para cada 1mL de TriZOL® utilizado inicialmente, incubado por 15 minutos à temperatura ambiente, com agitação por vórtex a cada cinco minutos e centrifugado a 2000 x g por cinco minutos a 4°C. O sobrenadante foi descartado cuidadosamente e os tubos invertidos em fluxo laminar sobre papel filtro por dois a dez minutos para secar o *pellet*, o qual foi ressuspensido numa solução de NaOH 8mM, na proporção de 450µL de solução para cada 60mg de tecido. Foram centrifugados a 13000 x g por dez minutos para a obtenção do sobrenadante

contendo o DNA. Após a extração, a qualidade do DNA foi verificada em gel de agarose 1% e a quantidade de DNA total em espectofotômetro à 260nm.

Genotipagem

A caracterização do gene Halotano foi realizada no Laboratório Biogenetics, o qual utilizou os *primers* com as sequências: 5'CCTGGGACATCATCCTCTG3' e 5'GGTGGTGGAGGGTTCTAAAGC3' desenhados por Borges e colaboradores (1997). Para a reação de PCR foram utilizados 50-150ng de DNA, 2nM de MgCl₂, 1U de Taq DNA polimerase, 8nmoles de dNTPs, 10pmoles de cada *primer*, num volume final de 20μL, utilizando um programa com os ciclos a seguir: 95 °C por 5min; 94°C por 30seg; 56°C por 35seg; 72°C por 30seg; 94°C por 30seg por 34 ciclos; 72°C por 4min para extensão final. O fragmento amplificado do gene Halotano foi submetido a uma digestão enzimática com a enzima Hha1, a qual reconhece e cliva a sequência 5'GCGC3', sendo este o alelo normal, ou com a enzima BsiHka I, que reconhece e corta a sequência 5'GA/TGCA/TC3' do alelo mutante e, em seguida, foi submetido a eletroforese com um gel de agarose a 2,5% corado com brometo de etídio sob luz ultravioleta para visualização dos genótipos.

Análise Estatística

Realizou-se análise de variância em Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC) em esquema fatorial 2X2 (2 genótipos Halotanos X 2 tipos de cruzamentos) e Teste de Tukey para comparação entre médias, ambos a 0,5% de significância. As variáveis foram corrigidas por meio de covariância utilizando-se o Peso da Carcaça Quente (PCQ) como covariável. Todas as análises foram realizadas no programa Statistica 8.0 (STATSOFT, 2007).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Frequências genotípica e alélica do gene Halotano

De 115 carcaças analisadas, 46 (40%) foram provenientes de suínos com genótipo Halotano normal (HAL^{NN}), sendo 17 (15%) do cruzamento A e 29 (25%) do B; 69 (60%) de animais heterozigotos (HAL^{Nn}), nos quais 41 (36%) do cruzamento A e 28 (24%) do B; e nenhum (0%) de genótipo Halotano recessivo (HAL^{nn}) em ambos os cruzamentos (Tabela 1). Em relação às freqüências alélicas foram observadas 76,5% de alelos dominante normal N e 23,5% de recessivo n (Tabela 2).

Tabela 1. Frequência genotípica do gene Halotano de 115 suínos de dois cruzamentos comerciais A e B, São Luiz Gonzaga, RS, 2008.

Cruzamento	Genótipo						TOTAL	%
	HAL^{NN}	%	HAL^{Nn}	%	HAL^{nn}	%		
A	17	15	41	36	0	0	58	51
B	29	25	28	24	0	0	57	49
TOTAL	46	40	69	60	0	0	115	100

Tabela 2. Frequência alélica do gene Halotano de 115 suínos de dois cruzamentos comerciais A e B, São Luiz Gonzaga, RS, 2008.

Alelo	Número de alelos	%
N	161	70
n	69	30
TOTAL	230	100

Bastos e colaboradores (2001), ao genotipar 151 suínos híbridos comerciais encontraram a freqüência genotípica de 84 (52,58%) animais HAL^{NN} , 67 (41,80%) HAL^{Nn} e nove (5,62%) HAL^{nn} . Culau e colaboradores (2002), em 151 carcaças analisadas, 61,59% foram provenientes de suínos com genótipo Halotano normal (HAL^{NN}), 33,77% de carcaças de suínos heterozigotos (HAL^{Nn}) e 4,64% de carcaças de suínos com genótipo halotano recessivo (HAL^{nn}).

De acordo com Murray (1994), em uma população de suínos escolhida aleatoriamente, a freqüência esperada do gene HAL seria de 23% para HAL^{Nn} e 1,8% para animais HAL^{nn} . Esta discordância entre freqüência esperada e encontrada, provavelmente, pode ser atribuída à prática de manejo, na qual, o gene Halotano tem sido explorado para condicionar aumento de carne na carcaça cruzando-se machos terminais heterozigotos (HAL^{Nn}) com fêmeas homozigotas livres do alelo recessivo (HAL^{NN}). Esse procedimento, objetiva chegar a uma progênie 50% HAL^{Nn} e 50% HAL^{NN} , com um aumento de 1 a 2% no conteúdo de

carne nas carcaças e, supostamente, sem prejuízo para a qualidade da mesma (FÁVERO; BELLAVER, 2007).

Análise das características de qualidade de carne

Ao analisar a de espessura de toucinho medidas por régua encontrou-se diferença estatísticas entre os genótipos HAL^{NN} e HAL^{Nn} do cruzamento A, no qual os animais com o alelo n apresentaram menores valores de espessura de toucinho (Tabela 3) que os HAL^{NN} .

Culau e colaboradores (2002) não encontraram diferença significativa entre os genótipos para a espessura de toucinho, concordando com Sather e Jones (1996). Observaram, no entanto, que os suínos normais (HAL^{NN}) apresentaram maior espessura de toucinho que os animais heterozigotos (HAL^{Nn}) para o gene halotano ($P<0,06$), concordando com Antunes (1997).

Tabela 3. Médias da espessura de toucinho (mm) medida por régua em 115 carcaças de suínos híbridos comerciais (cruzamentos A e B) de acordo com o genótipo do gene Halotano, São Luiz Gonzaga, RS, 2008.

Cruzamento	Genótipo		
	HAL^{NN}	HAL^{Nn}	
A	20,67Aa	17,70Ab	18,57A
B	18,66Aa	18,68Aa	18,66A
	19,39a	18,09a	

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 0,05.

Médias seguidas por letras maiúsculas iguais na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 0,05.

Na medida de carne magra realizada com a régua, encontrou-se que os animais HAL^{Nn} apresentaram maiores valores em relação aos que não possuem o alelo n (Tabela 4), concordando com Culau e colaboradores (2002). Estes autores, verificaram uma porcentagem média de carne magra de 47,53% ($\pm 6,91$) e que suínos heterozigotos apresentaram maior porcentagem de carne magra do que suínos normais, sendo esta diferença significativa conforme Antunes (1997) e Sather e Jones (1996).

Tabela 4. Médias da porcentagem de carne magra medida por fórmula em 115 carcaças de suínos híbridos comerciais (cruzamentos A e B) de acordo com o genótipo do gene Halotano, São Luiz Gonzaga, RS, 2008.

Cruzamento	Genótipo		
	HAL ^{NN}	HAL ^{Nn}	
A	57,46Aa	58,87Ab	58,46A
B	58,42Aa	58,40Aa	58,42A
	58,06a	58,68a	

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 0,05.

Médias seguidas por letras maiúsculas iguais na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 0,05.

De Smet e colaboradores (1998), relataram que o conteúdo de carne magra foi maior nas carcaças de suínos recessivos para o gene halotano, seguido dos suínos heterozigotos (HAL^{Nn}) e menor nos suínos normais, sendo que esta característica nos suínos heterozigotos, está mais próxima dos suínos recessivos (HALⁿⁿ) do que dos suínos normais. No entanto, Sather e Jones (1996) encontraram semelhanças entre suínos normais e heterozigotos (HAL^{NN} e HAL^{Nn}). Tais autores, observaram que suínos heterozigotos apresentaram somente 1% a mais de carne magra em relação aos homozigotos; enquanto Culau e colaboradores (2002), encontraram diferença de 2,38% a mais de carne magra em suínos heterozigotos que em suínos normais.

No caso da carne magra calculada pela pistola (Tabela 5), encontrou-se diferença estatística significativa entre os cruzamentos A e B, podendo ser explicada pela perda de dados durante a coleta devido à dificuldade do procedimento de aquisição desses valores. Outra possibilidade, é que a fórmula utilizada para o cálculo é específica para os animais de uma empresa já extinta e provavelmente, não representa os animais utilizados neste experimento. Sendo este um problema atual na produção de suínos, pois os produtores independentes que abatem seus animais em frigoríficos comerciais que remuneram os produtores (integrados ou não) por meio de fórmula de tipificação, estão sujeitos a diferenças significativas na remuneração em função da diferença de dados dos animais dissecados e dos embutidos na fórmula da empresa.

Tabela 5. Carne Magra calculada pela pistola (HGP) 115 carcaças de suínos híbridos comerciais (cruzamentos A e B) de acordo com o genótipo do gene Halotano, São Luiz Gonzaga, RS, 2008.

Cruzamento	Genótipo		
	HAL ^{NN}	HAL ^{Nn}	
A	47,96Aa	53,62Ab	51,96A
B	55,70Ba	54,69Aa	55,20B
	52,84a	54,05a	

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 0,05.

Médias seguidas por letras maiúsculas iguais na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 0,05.

Em relação ao pH24h, verificou-se que este é maior nos animais do cruzamento B (Tabela 6). Além disso, houve diferença estatística entre os suínos HAL^{NN} e HAL^{Nn} ao desconsiderar os cruzamentos, no qual, nos animais homozigotos os valores são superiores, conforme o esperado; pois quanto menor o pH significa que a qualidade da carne do animal com o alelo n é pior em relação ao do animal sem o alelo n. Por isso, pode-se dizer que o animal Nn apresenta mais carne, menos gordura, mas também pior qualidade de carne. Os valores médios encontrados estão acima dos descritos por Lawrie (1958) como aceitáveis (entre 5,3 e 5,7) para que a carne tenha uma boa palatabilidade, maciez e cor desejável.

Tabela 6. Médias das medidas quantitativas pH medida 24 horas após o abate (pH24h) em 115 carcaças de suínos híbridos comerciais (cruzamentos A e B) de acordo com o genótipo do gene Halotano, São Luiz Gonzaga, RS, 2008.

Cruzamento	Genótipo		
	HAL ^{NN}	HAL ^{Nn}	
A	5,85Aa	5,72Aa	5,76A
B	5,94Aa	5,80Aa	5,87B
	5,90a	5,76b	

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 0,05.

Médias seguidas por letras maiúsculas iguais na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 0,05.

O gene halotano exerce influência sobre o pH inicial e, mesmo em heterozigose, provoca diminuição dos valores de pH inicial, propiciando com isto tendência a produzir uma freqüência maior de carnes PSE (RUSSO et al., 1994;

SATHER; JONES, 1996; De SMET et al., 1998; CULAU et al., 2002). Já o pH final das carcaças não difere entre os três genótipos halotano, mostrando que o gene halotano não influencia o pH final (De SMET et al., 1998; TAM et al., 1998; CULAU et al., 2002).

Quanto à característica de cor da carne, observou-se diferença estatística entre NN e Nn no cruzamento A e ao desconsiderar os cruzamentos, no qual os animais Nn apresentaram menor valor para cor, ou seja, mais pálido (Tabela 7). Este resultado era esperado, pois existe uma interação entre pH, temperatura e cor, na qual em temperaturas acima de 55°C ocorre um aumento significativo na desnaturação de metamioglobina. Com temperaturas entre 25-55°C é necessário uma interação entre pH e temperatura, uma vez que esta última sozinha não desnatura a metamioglobina. E em temperaturas muito abaixo de 50°C e pH abaixo de 5,6 pode conduzir a uma significante desnaturação de metamioglobina na carne, deixando a carne com aparência de pálida (ZHU; BREWER, 2002).

Tabela 7. Médias das medidas quantitativas de cor medidas de acordo com o padrão japonês (sendo 1 – mais pálido e 6 – mais escuro) em 115 carcaças de suínos híbridos comerciais (cruzamentos A e B) de acordo com o genótipo do gene Halotano, São Luiz Gonzaga, RS, 2008.

Cruzamento	Genótipo		
	HAL ^{NN}	HAL ^{Nn}	
A	3,04Aa	2,46Ab	2,63A
B	2,71Aa	2,39Aa	2,56A
	2,84a	2,43b	

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 0,05.

Médias seguidas por letras maiúsculas iguais na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 0,05.

Em seu estudo, Culau e colaboradores (2002) observaram que a média geral atribuída à cor foi de 2,41 ($\pm 0,56$), um pouco mais clara do que o escore normal, igual a 3,0. Neste, as chuletas dos suínos heterozigotos (HAL^{Nn}) e recessivos (HALⁿⁿ) apresentaram coloração mais clara que as dos animais normais, sendo esta diferença significativa, concordando com Lundstrom e colaboradores (1989), Simpson e Webb (1989), Sather; Jones e Tong (1991), Russo e colaboradores (1994) e De Smet e colaboradores (1995).

Na perda por gotejamento, verificou-se que houve diferença entre os genótipos NN e Nn no cruzamento B e ao desconsiderar os cruzamentos, nos quais os valores de *Drip Loss* foram maiores nos animais com o alelo n (Tabela 8). Culau e colaboradores (2002), encontraram que a média de perda de líquido por gotejamento foi maior nos suínos recessivos; porém, não diferiu dos demais, discordando de Russo e colaboradores (1994) e De Smet e colaboradores (1996), que encontraram diferenças significativas entre os genótipos.

Tabela 8. Médias das medidas quantitativas de *drip loss* em 115 carcaças de suínos híbridos comerciais (cruzamentos A e B) de acordo com o genótipo do gene Halotano, São Luiz Gonzaga, RS, 2008.

Cruzamento	Genótipo		
	HAL ^{NN}	HAL ^{Nn}	
A	1,63Aa	2,19Aa	2,02A
B	1,70Aa	2,47Ab	2,07A
	1,67a	2,30b	

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 0,05.

Médias seguidas por letras maiúsculas iguais na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 0,05.

Além disso, as condições indesejáveis de pH e temperatura, encontradas na carne de animais estressados, normalmente levam a uma inferior Capacidade de Retenção de Água (CRA) (ROSENVOLD et al., 2002). Isto indica, que mesmo nas populações livres de gene halotano, o pH e a temperatura são de muita importância para a formação de exsudação. Já Schafer e colaboradores (2002), reportaram que apenas 2% da variação da perda por exsudação são explicadas pelo pH24h, concordando com Henckel e colaboradores (2002), que afirmam que o pH24h é um indicador fraco da CRA das populações livres de halotano. E como 75% da carne suína é destinada ao processamento, torna-se economicamente inviável a industrialização de carne que apresente baixa CRA (ANGERAMI, 2004).

Quanto à gordura intramuscular, é interessante observar que Baulain e colaboradores (2000), Hermesh e colaboradores (2000) e Schworer e colaboradores (2000) citam que os maiores níveis da mesma são responsáveis pela produção de carne de melhor qualidade, mas neste trabalho, não se observou diferença

estatística entre os cruzamentos e os genótipos (Tabela 9), concordando com os achados de Antunes (2002).

Tabela 9. Médias das medidas quantitativas de gordura intramuscular em 115 carcaças de suínos híbridos comerciais (cruzamentos A e B) de acordo com o genótipo do gene Halotano, São Luiz Gonzaga, RS, 2008.

Cruzamento	Genótipo		
	HAL ^{NN}	HAL ^{Nn}	
A	1,83Aa	2,00Aa	1,95A
B	1,96Aa	2,08Aa	2,02A
	1,91a	2,04a	

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 0,05.

Médias seguidas por letras maiúsculas iguais na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 0,05.

CONCLUSÕES

Nas condições do presente trabalho, os resultados obtidos permitem concluir que os suínos com genótipo halotano HAL^{Nn} apresentaram menor espessura de toucinho e maior percentual de carne magra do que os suínos do genótipo halotano HAL^{NN}, porém exibiram uma qualidade de carne inferior. O pH24h foi mais baixo nos suínos portadores do gene halotano (HAL^{Nn}) e apenas nessa característica analisada o tipo de cruzamento influenciou os resultados. Além disso, a cor da carne foi mais pálida nos suínos portadores do gene halotano e a perda por gotejamento foi maior nos animais com o alelo n. E finalmente, que a gordura intramuscular não esteve relacionada com o genótipo halotano.

REFERÊNCIAS

ABIPECS (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA PRODUTORA E EXPORTADORA DE CARNE SUÍNA). **Produção Mundial de Carne Suína.** 2008. Disponível em: <<http://www.abipecs.org.br/>>. Acesso dia 26 de junho de 2008.

ANTUNES, R.C. **O efeito do genótipo HAL sobre o rendimento de carne em partes da carcaça de suínos cruzados.** Uberlândia: 1997. 64p. Dissertação (Mestrado em Genética e Bioquímica) - Programa de Pós-graduação em Genética e Bioquímica, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 1997.

ANTUNES, R. C., et al. **Uma nova metodologia para estimar o rendimento de carne magra na carcaça de suínos de maneira rápida, simples e confiável.** 2001. Disponível em: <<http://www.topigs.com.br/>>. Acesso em 27 de agosto de 2008.

ANTUNES, R.C. **Efeito das linhas maternas e paternas do genótipo HAL e do aminoácido sintético taurina sobre a qualidade da carne de suínos.** Uberlândia: 2002. 127p. Tese (Doutorado em Genética e Bioquímica) – Programa de Pós-graduação em Genética e Bioquímica, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2002.

BASTOS, R.G.; FEDERIZZI, J.; DESCHAMPS, J.C.; CARDELLINO,R.A.; DELLAGOSTIN, O.A. Efeito do Gene do Estresse Suíno sobre Características de Quantidade e Qualidade de Carcaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, n.30 v.1, p.37-40, 2001.

BAULAIN, U.; KOHLER, P.; KALLWEIT, E.; BRADE, W. Intramuscular fat content in some native German pig breeds. In: EAAP Publication, 100, Zurich, Switzerland. **Abstracts...**, p.181-184, 2000.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Abastecimento. Manual de Procedimentos Analíticos. Colégio Brasileiro de Nutrição Animal. **Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal.** Brasília: ANFAR, SDR, 1998.

CULAU, P.O.V.; LÓPEZ, J.; RUBENSAM, J.M.; LOPES, R.F.F.; NICOLAIIEWSKY,S. A contribuição do gene Halotano sobre as características de qualidade da carne suína. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, n.1, p.115-119, 2002.

DE SMET, S.; DE VOORDE, G.; VAN DE SPINCEMAILLE, G.; BERCKMANS, D. Meat and carcass quality in two pigs lines of different stress susceptibility genotype and their crosses. **Animal Science**, Barking, v.66, n.2, p.441-447, 1998.

DE SMET, S.; PAUWELS, H.; VERVAEKE, I.; DEMEYER, D.; BIE, S. DE; EECKHOUT, W.; CASTEELS, M. Meat and carcass quality of heavy muscled belgian slaughter pigs as influenced by halothane sensitivity and breed. **Animal Science**, Barking, v.61, n.1, p.109-114, 1995.

DE SMET, S.; PAUWELS, H.; DE BIE, S.; DEMEYER, D. I.; CALLEWIER, J.; EECKHOUT, W. Effect of halothane genotype, breed, feed withdrawal, and lairage on pork quality of belgian slaughter pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.74, n.8, p.1854-1863, 1996.

FÁVERO, J. A.; BELLAVER, C. **Produção de Carne de Suínos**. Disponível em: <http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_arquivos/palestras_q7t2f5k.pdf> Acesso em 02 de maio de 2008.

HENCKEL, P.; KARLSSON, A.H.; 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, p.145-155, 2002.

HERMESH, S.; LUXFORD, B.G.; GRASSER, H-U. Genetic parameters for lean yield, meat quality, reproduction and feed efficiency traits for Australian pigs. 2. Genetic relationships between production, carcasse and meat quality traits. **Livestock Production Science**, v.65, p.249-259, 2000.

LAWRIE, R.A. Physiological stress in relation to dark-cutting beef. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.9, p.721-727, 1958.

LUNSDTRÖM, K.; ESSÉN-GUSTAVSSON, B.; RUNDGREN, M., *et al.* Effect of halothane genotype on muscle metabolism at slaughter and its relationship with meat quality: a within-litter comparison. **Meat Science**, Barking, v.25, p.251-263, 1989.

MURRAY, A. Genetic mutation not answer to PSE problem. **International Pigletter**, n.14(1), p.1-2, 1994.

NPPC. National Pork Producers Council. **Pork Composition and Quality Assessment procedures**. Des Moines, IA, 2000.

PELOSO, J. V. **Qualidade da Carne**. 1999. Disponível em:
<http://www.bichoonline.com.br/artigos/gsuino0013.htm>. Acesso em 14 de agosto de 2007.

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 level, muscle glycogen reducing finishing feeding and preslaughter stress. **Meat Science**, v.62, p.485-496, 2002.

RUSSO, V., NANNI, C.L., DALL'OLIO, S. Effect of the halothane gene in heterozygote pigs on ham meat quality. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 40, 1994, The Hague. **Abstracts...** The Hague : ICoMST, 1994. p.45.

SATHER, A.P., JONES, S.D.M., TONG, A.K.W. Halothane genotype by weight interactions on pig meat quality. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v.71, n.3, p.645-658, 1991.

SATHER, A.P., JONES, S.D.M. The effect of genotype on feedlot performance, carcass composition, and lean meat quality from commercial pigs. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v.76, n.4, p.507-516, 1996.

SCHÄFER, 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, 2002.

SCHWORER, D.; HOFER, A.; LORENZ, D.; REBSAMEN, A. Selection progress of intra-muscular fat in swiss pig production. In: EAAP Publication, 100, Zurich, Switzerland. **Abstracts...**p.69-72, 2000.

SIMPSON, S. P.; WEEB, A. J.; DICK, S. Evaluation of large white and Duroc boars as terminal sires under two different feeding regimes. **Animal Production**, v. 45, n. 1, p.111-116, 1989.

STATSOFT, INC. **Electronic Statistics Textbook**. 2007. Tulsa, OK: StatSoft.
Disponível em: <http://www.statsoft.com/textbook/stathome.html>.

TAM, L.G., BERG, E.P., GERRARD, D.E. Effect of halothane genotype on porcine meat quality and myoglobin antioxidation. **Meat Science**, Barking, v.49, n.1, p.41-53, 1998.

ZHU, L.G.; BREWER, M.S. Effects of pH and temperature on metamyoglobin solubility in a model system. **Meat Science**, v.61, p.419-424, 2002.